

## **P R E A M B U L E**

Le présent dossier a pour objet de définir les dispositions techniques générales applicables aux fournitures et travaux relatifs aux équipements électriques des aérodromes de l'ASECNA. Il est normalement complété par un dossier de spécifications techniques particulières à une opération déterminée.

Il convient de noter que les spécifications définies dans le présent dossier s'appliquent à l'ensemble des fournitures et installations de matériels habituellement mis en place sur les aérodromes de l'ASECNA, ce qui n'implique pas que tous les matériels décrits ou cités soient fournis ou installés dans le cadre du dossier joint.

**DISPOSITIONS TECHNIQUES GENERALES  
APPLICABLES AUX TRAVAUX D'EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES AEROPORTUAIRES**

## SOMMAIRE

<b>1. CONDITIONS D'EXECUTION DES TRAVAUX .....</b>	<b>7</b>
1.1 GENERALITES .....	7
1.2 DISPOSITIONS TRANSITOIRES .....	7
1.3 OBLIGATIONS DE L'ENTREPRISE.....	8
1.3.1 Obligations générales.....	8
1.3.2 Implantation des ouvrages.....	8
1.3.3 Information de l'Entrepreneur.....	8
1.3.4 Plans.....	8
1.3.5 Instruction de service et d'entretien.....	8
1.3.6 Erreurs de l'Entrepreneur .....	8
1.3.7 Rapports d'avancement des travaux.....	9
1.3.8 Gardiennage et éclairage .....	9
1.3.9 Maintien en service des installations existantes.....	9
1.3.10 Programme des travaux.....	9
1.4 CONDITION ET REGLES D'EXECUTION.....	9
<b>2. DOCUMENTATION .....</b>	<b>10</b>
2.1 DOCUMENTS A FOURNIR AVEC LE DOSSIER DE SOUMISSION .....	10
2.1.1 Généralités.....	10
2.1.2 Documents techniques .....	10
2.1.3 Documents divers .....	11
2.2 DOCUMENTATION A FOURNIR DANS UN DELAI MAXIMUM DE 30 JOURS .....	11
2.3 DOCUMENTATION A FOURNIR AVANT EXECUTION DES FOURNITURES ET DES TRAVAUX ...	12
2.4 DOCUMENTATION A FOURNIR AVEC LA CONVOCATION POUR LES ESSAIS EN USINE .....	12
2.5 DOCUMENT A FOURNIR POUR LE CONTROLE DE L'EXECUTION DES TRAVAUX.....	13
2.6 DOCUMENT A FOURNIR APRES EXECUTION DES TRAVAUX.....	13
2.7 DOCUMENTS A FOURNIR APRES RECEPTION PROVISOIRE .....	14
2.8 PROPRIETE DES DOCUMENTS.....	14
<b>3. CONTROLE - RECEPTION DES TRAVAUX .....</b>	<b>15</b>
3.1 GENERALITES .....	15
3.2 ESSAIS ET CONTROLES GENERAUX EN USINE .....	15
3.2.1 Conditions générales.....	15
3.2.2 Conditions de réalisation des essais.....	15
3.2.3 Vérification qualitative et mécanique.....	16
3.2.4 Essais électriques .....	16
3.2.5 Essais à température ambiante.....	16
3.2.6 Essais en chaleur sèche .....	16
3.2.7 Essai en chaleur humide.....	17
3.3 ESSAIS SUR LE SITE – RECEPTION PROVISOIRE DES TRAVAUX .....	17
3.4 GARANTIE – SERVICE APRES VENTE – PIECES DE RECHANGE .....	18
3.5 RECEPTION DEFINITIVE DES TRAVAUX .....	20
<b>4. INSTRUCTION DU PERSONNEL.....</b>	<b>20</b>
<b>5. ETAT DES LIEUX.....</b>	<b>21</b>
<b>6. SPECIFICATIONS GENERALES CONCERNANT LES MATERIELS .....</b>	<b>21</b>

6.1	GENERALITES .....	21
6.2	CHOIX DES MATERIELS.....	21
6.3	TROPICALISATION ET CONTRAINTES CLIMATIQUES.....	21
6.4	SPECIFICATIONS TECHNOLOGIQUES GENERALES .....	22
6.4.1	<i>Spécifications mécaniques</i> .....	23
6.4.2	<i>Pièces métalliques</i> .....	23
6.4.3	<i>Matériels électriques</i> .....	24
6.4.4	<i>Sous-ensembles électroniques</i> .....	25
6.5	PEINTURES.....	27
6.6	REPERAGES – IDENTIFICATIONS - INSCRIPTIONS .....	27
<b>7.</b>	<b>SPECIFICATIONS ET ESSAIS PARTICULIERS CONCERNANT LES MATERIELS .....</b>	<b>28</b>
7.1	SPECIFICATIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX GROUPES ELECTROGENES ET A LEURS ACCESSOIRES .....	28
7.1.1	<i>Généralités</i> .....	28
7.1.1.1	Textes de référence .....	28
7.1.1.2	Documentation.....	28
7.1.1.3	Garantie .....	29
7.1.2	<i>Groupes à démarrage automatique</i> .....	29
7.1.2.1	Généralités .....	29
7.1.2.2	Caractéristiques .....	29
7.1.3	<i>Groupes à intervention instantanée</i> .....	33
7.1.3.1	Généralités .....	33
7.1.3.2	Utilisation en démarrage automatique : électrique ou pneumatique .....	34
7.1.3.3	Utilisation en intervention instantanée .....	34
7.1.3.4	Caractéristiques .....	34
7.1.4	<i>Alternateur</i> .....	35
7.1.4.1	Généralités .....	35
7.1.4.2	Puissance .....	35
7.1.4.3	Excitation - Régulation.....	36
7.1.4.4	Préchauffage .....	36
7.1.4.5	Surchauffe.....	36
7.1.5	<i>Essais à effectuer</i> .....	36
7.1.5.1	Essais des groupes électrogènes .....	36
7.1.5.2	Essais concernant le moteur .....	36
7.1.5.3	Essais concernant l'alternateur.....	37
7.1.5.4	Essais concernant le groupe électrogène et ses accessoires.....	37
7.1.5.5	Essais des (ou de l')armoire(s) de commande et contrôle des groupes.....	39
7.2	SPECIFICATIONS PARTICULIERES AUX EQUIPEMENTS ELECTRIQUES .....	39
7.2.1	<i>Spécifications particulières aux équipements haute tension</i> .....	39
7.2.1.1	Généralités .....	39
7.2.1.2	Spécifications.....	39
7.2.2	<i>Spécifications particulières relatives aux équipements basse tension</i> .....	41
7.2.2.1	Armoires basse tension .....	41
7.2.2.2	Appareillage Basse tension.....	43
7.2.2.3	Répartiteurs courants faibles .....	45
7.2.2.4	Condensateurs de compensation d'énergie réactive.....	47
7.2.2.5	Chargeurs et batterie d'accumulateurs .....	47
7.2.2.6	Alimentation statique sans coupure (onduleur) .....	49
7.2.3	<i>Spécifications particulières aux transformateurs de puissance</i> .....	51

7.2.4	<i>Régulateur de tension</i> .....	53
7.2.5	<i>Absorbeur d'onde</i> .....	54
7.2.6	<i>Essais spécifiques aux matériels électriques</i> .....	54
7.2.6.1	Essais sur les ensembles MT .....	54
7.2.6.2	Essais sur les ensembles BT .....	56
7.2.6.3	Essais des transformateurs de puissance et des régulateurs de tension .....	56
7.2.6.4	Essais sur les chargeurs, redresseurs et onduleurs .....	57
7.3	<b>SPECIFICATIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX CABLES</b> .....	57
7.3.1	<i>Câbles énergie "moyenne tension"</i> .....	57
7.3.1.1	Câble tripolaire à "champ radial" armé avec gaine plomb .....	58
7.3.1.2	Câble tripolaire à "champ radial" armé.....	59
7.3.1.3	Câble tripolaire à ceinture (6/6 kV) armé avec gaine plomb .....	59
7.3.1.4	Câble tripolaire à ceinture (6,6 kV) armé .....	60
7.3.1.5	Câble de balisage unipolaire .....	60
7.3.2	<i>Câble énergie basse tension</i> .....	61
7.3.2.1	Série 1000 V cuivre ou aluminium RGPV type extérieur rigide.....	61
7.3.2.2	Série 1000 V - cuivre ou aluminium R2V type rigide intérieur (série U 1000 RO2V et U 1000 R12V) .....	62
7.3.2.3	Série 750 V, cuivre, H07 RN F type souple intérieur.....	63
7.3.3	<i>Câble de télécommande</i> .....	64
7.3.4	<i>Câble téléphonique</i> .....	65
7.3.5	<i>Conditions de livraison et de recette technique</i> .....	66
7.3.5.1	Livraison .....	66
7.3.5.2	Marquage des câbles.....	66
7.3.6	<i>Essais à effectuer sur les câbles</i> .....	67
7.3.6.1	Généralités .....	67
7.3.6.2	Essais sur les câbles moyenne tension.....	67
7.3.6.3	Essais sur les câbles basse-tension .....	68
7.3.6.4	Essais sur les câbles de télécommande et téléphonie .....	68
7.3.7	<i>Mise en place des câbles</i> .....	69
7.3.7.1	Câbles installés en intérieur .....	69
7.3.7.2	Réseaux de câbles installés en extérieur .....	70
<b>8.</b>	<b>PROTECTION DES PERSONNES ET DES MATERIELS</b> .....	<b>75</b>
8.1	GENERALITES .....	75
8.2	MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS .....	75
8.3	MESURES DE PROTECTIONS CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS .....	76
8.3.1	<i>Mise à la terre des masses</i> .....	76
8.3.2	<i>Surveillance des réseaux - type de neutre</i> .....	76
8.4	MESURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre ET LES SURTENSIONS .....	78
8.4.1	<i>Protection contre les chutes directes de la foudre sur les bâtiments ou installations techniques</i> .....	78
8.4.2	<i>Protection contre les chutes de la foudre sur le sol au voisinage des câbles</i> .....	78
8.4.3	<i>Protection contre les surtensions</i> .....	78
8.5	RESEAU DE TERRE ET PROTECTION Foudre .....	79
8.5.1	<i>Généralités</i> .....	79
8.5.2	<i>Bâtiments</i> .....	79
8.5.2.1	Grands bâtiments .....	80
8.5.2.2	Petits bâtiments.....	81
8.5.3	<i>Réseaux de terre intérieurs des salles "Energie" et postes électriques</i> .....	81
8.5.4	<i>Interconnexion des terres</i> .....	82

---

8.5.5	<i>Caractéristiques des matériels</i> .....	82
8.5.5.1	Conducteurs de toiture et de descente .....	82
8.5.5.2	Pointes et tiges caprices .....	82
8.5.5.3	Paratonnerres ionisants .....	82
8.5.5.4	Piquets de terre .....	82
8.5.6	<i>Prescriptions particulières concernant les travaux</i> .....	83
8.6	CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES LOCAUX DESTINES A ABRITER DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES .....	83
8.7	EQUIPEMENTS DE SECURITE .....	84
8.7.1	<i>Eclairages de Secours</i> .....	84
8.7.2	<i>Matériels de sécurité et d'exploitation pour installations électriques</i> .....	85
8.7.3	<i>Matériels d'extinction</i> .....	85

## **DISPOSITIONS TECHNIQUES GENERALES APPLICABLES AUX TRAVAUX D'EQUIPEMENTS ELECTRIQUES AEROPORTUAIRES**

### **1. CONDITIONS D'EXECUTION DES TRAVAUX**

#### **1.1 GENERALITES**

Le chantier se déroulant sur un aéroport, une coordination étroite, préalable d'abord et permanente ensuite devra avoir lieu avec les Services Techniques et Navigation Aérienne et avec tous les autres services ou directions participant à la gestion et au fonctionnement de l'aéroport, de façon à perturber le moins possible le fonctionnement de celui-ci et à ce que la sécurité de la circulation aérienne ne soit jamais mise en cause.

L'Entrepreneur sera supposé avoir pris, au moment de sa soumission, tous les renseignements qu'il jugeait nécessaires concernant :

- les droits et réglementations en vigueur dans le pays d'exécution des travaux,
- les conditions d'environnement (particularités du terrain, climat, contraintes diverses, etc.),
- les dossiers de spécifications particulières et générales, techniques et administratives,
- les conditions d'exploitation.

Ne seront donc pas pris en considération les factures éventuelles de travaux supplémentaires liées à des modifications de chantier rendues nécessaires pour réaliser l'installation en conformité avec les règles de l'art ou résultant de contraintes qui auraient du être appréciées par l'entrepreneur.

L'Entrepreneur sera tenu de signaler à l'ASECNA, dans sa soumission ou au plus tard avant la rédaction du marché, toute omission ou inexactitude, relevées dans les Cahiers de Spécifications Techniques, qui serait susceptible de conduire à une plus value sur le montant du marché. Passé ce délai, les prestations nécessaires seront considérées comme étant à la charge de l'Entreprise.

#### **1.2 DISPOSITIONS TRANSITOIRES**

Lorsque les équipements devront être remplacés ou déplacés ou que les liaisons devront être modifiées, tout sera mis en œuvre pour que le temps d'interruption des fonctions assurées soit réduit au strict minimum. En particulier, l'Entrepreneur sera responsable des dispositions provisoires à prévoir pour que la continuité de l'exploitation reste correcte. Il pourra ainsi être conduit à mettre en place des équipements provisoires en remplacement des matériels momentanément déposés. Ces équipements provisoires pourront être simplifiés mais devront apporter toutes garanties en ce qui concerne leur fiabilité et la sécurité des personnels.

Dans son offre, l'Entrepreneur fera connaître les dispositions provisoires qu'il se propose de retenir et en estimera le coût. En l'absence d'informations dans la proposition ces dispositions seront considérées comme prévues et leur coût inclus à la proposition.

Préalablement à toute intervention entraînant une interruption de fonctionnement d'un équipement, le représentant de l'Entrepreneur prendra contact avec les représentants de l'Administra-

tion pour obtenir leur accord sur le programme des interruptions et sur les mesures transitoires proposées.

Ces interruptions auront lieu chaque fois que possible aux heures ou l'absence des fonctions interrompues sera la moins gênante pour l'exploitation de l'aérodrome.

### 1.3 OBLIGATIONS DE L'ENTREPRISE

#### 1.3.1 Obligations générales

L'Entrepreneur doit, sous réserve des stipulations du Contrat, réaliser les ouvrages avec soin et diligence et dans le délai d'achèvement requis. Il doit fournir toute la main d'œuvre, y compris la supervision de celle-ci, ainsi que le matériel nécessaire à cet effet pour remplir ses obligations dans la mesure où ces prestations sont spécifiées dans le Contrat ou en découlent raisonnablement

#### 1.3.2 Implantation des ouvrages

L'entrepreneur sera tenu responsable de la bonne implantation des ouvrages à partir des indications spécifiées par écrit par l'Administration. La vérification d'une implantation par l'Administration ne pourra en aucun cas relever l'Entrepreneur de sa responsabilité quant à son exactitude.

#### 1.3.3 Information de l'Entrepreneur

Comme Soumissionnaire, l'entrepreneur est réputé s'être informé, à sa satisfaction, de toutes les conditions et circonstances influençant le montant du Contrat, de même que des possibilités d'exécution de l'ouvrage comme décrit au contrat, des caractéristiques du Chantier et de la situation générale de la main d'œuvre sur le chantier. Il est censé avoir établi ses prix sur ces bases. L'Entrepreneur est responsable pour tous malentendus ou informations fausses obtenues d'une manière quelconque, exception faite des informations par écrit données par l'ASECNA.

#### 1.3.4 Plans

L'entrepreneur devra soumettre à l'approbation de l'Administration les plans et documents prévus au chapitre 2 traitant de la documentation.

Si l'Administration n'approuve pas un plan, échantillon, gabarit ou modèle quelconque, celui-ci sera modifié aussitôt pour satisfaire les exigences raisonnables de l'Administration et lui sera soumis à nouveau. Les plans approuvés seront signés ou identifiés par L'Administration.

#### 1.3.5 Instruction de service et d'entretien

L'Entrepreneur devra fournir à l'Administration, avant la réception de l'ouvrage des instructions de mise en service et d'entretien, ainsi que des plans de l'ouvrage terminé, suffisamment détaillés pour permettre à l'Administration d'entretenir, de démontrer, de remonter et de régler toutes les parties de l'ouvrage. Sauf accord différent, l'ouvrage ne sera pas considéré comme terminé en vue d'une réception, tant que ces instructions et plans n'auront pas été remis à l'Administration et approuvés par l'Administration.

#### 1.3.6 Erreurs de l'Entrepreneur

L'Entrepreneur devra exécuter à ses frais toutes modifications ou réfections rendues nécessaires par les divergences, erreurs ou oublis dont il est responsable, et modifier en conséquence les plans et documents. Si cela est effectué par l'Administration ou par ses soins, l'Entrepreneur

devra prendre à sa charge tous frais raisonnablement encourus par ce fait. L'accomplissement de ses obligations au titre du présent paragraphe satisfera pleinement à la responsabilité de l'Entrepreneur, mais ne le relèvera pas de sa responsabilité dans le retard survenu dans l'achèvement des travaux dans la mesure où cette responsabilité est la conséquence de ces divergences, erreurs, ou oublis.

### *1.3.7 Rapports d'avancement des travaux*

Durant les travaux d'installation, l'Entrepreneur fournira à l'Administration chaque semaine un rapport faisant apparaître :

- le nombre et la qualification des personnels employés sur le chantier,
- le nombre et la qualification des personnels employés en sous-traitance,
- l'état d'avancement des travaux détaillés par rubrique.
- les éventuels problèmes rencontrés et les solutions adoptées.

### *1.3.8 Gardiennage et éclairage*

L'Entrepreneur doit fournir et entretenir à ses propres frais tous dispositifs d'éclairage, de protection, de clôture et de gardiennage nécessaires aux travaux ou exigés par l'Administration, pour la protection des travaux et des équipements ou pour la sécurité et la commodité du public ou d'autres personnes.

Du commencement des travaux jusqu'à la date indiquée au certificat de réception des travaux, l'Entrepreneur est pleinement responsable de leur maintien en bon état.

### *1.3.9 Maintien en service des installations existantes*

Toutes les installations existantes devront être maintenues en service pendant les différentes phases des travaux et ce sans **interruption de continuité**.

L'entrepreneur devra prendre toutes dispositions utiles dans le phasage et l'exécution des travaux pour respecter impérativement ce critère de continuité de service.

Par ailleurs, l'entrepreneur s'assurera par lui-même de la présence des réseaux de câbles et ouvrages enterrés et prendra toutes mesures pour éviter tout dommage à ces réseaux ou ouvrages.

### *1.3.10 Programme des travaux*

Dans un délai maximum de un mois après notification du contrat, l'entrepreneur devra soumettre à l'approbation de l'ASECNA un programme détaillé d'exécution des travaux précisant l'ordre de leur exécution.

Ce programme tiendra compte des dispositions transitoires prévues ou/et à prévoir pour assurer la continuité de fonctionnement des installations en service.

## 1.4 CONDITION ET REGLES D'EXECUTION

Les fournitures ou confections de matériels fournis par l'Entrepreneur au titre de l'installation ainsi que les installations elles-mêmes, devront être exécutées conformément aux règles de l'art et aux clauses techniques des documents ci-après :

- 1/ Le présent Cahier de dispositions techniques générales,
- 2/ Le Cahier des prescriptions Techniques Particulières,

- 3/ Les textes régissant les installations électriques dans le pays ou sont mis en place les équipements,
- 4/ Les prescriptions de l'Union Technique de l'Electricité (UTE) et de ses guides pratiques,
- 5/ Les prescriptions de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI),
- 6/ Les recommandations des divers documents de l'OACI, en particulier :
  - l'annexe 14 ,
  - le manuel de conception des aérodromes - 5ème partie "Installations électriques",
  - le manuel de conception des aérodromes - 4ème partie "Aides visuelles".

**NOTA** : Les prescriptions générales exposées ou citées dans le présent document reprennent, en général de façon synthétique, les normes et recommandations émises par les divers organismes cités ci-avant, en insistant sur les points importants. Ces normes et recommandations, même si elles ne sont pas exposées de manière exhaustive, restent entièrement applicables.

Toutes les fournitures ou tous les travaux rendus nécessaires pour la mise en conformité à ces prescriptions seront donc considérés comme dus au titre du contrat.

Seront également considérés comme dus, tous les travaux (génie civil ou autres) qui seront rendus nécessaires pour le maintien de la qualité de l'exécution de l'installation au-delà de l'année de garantie dans les conditions de vieillissement normales compte tenu du site et du climat.

## 2. DOCUMENTATION

### 2.1 DOCUMENTS A FOURNIR AVEC LE DOSSIER DE SOUMISSION (lors de la remise des offres)

#### 2.1.1 Généralités

Toutes les pièces écrites sont à fournir en langue française.

Les documents définis au chapitre 2-1 sont fournis à titre indicatif. **Le fait qu'une offre soit retenue n'entraîne pas une approbation implicite des matériels cités ou dont la documentation est jointe à la proposition.**

Sauf dérogation explicitement mentionnée dans l'offre et ensuite dans le contrat qui en résulte les spécifications du cahier des charges priment sur celles contenues dans les diverses propositions et documentations et doivent être respectées.

#### 2.1.2 Documents techniques

Ces documents fournis pour approbation constituent le dossier de présentation du matériel et comporteront:

- des informations sur la conception générale des matériels et de leur installation,
- une description de tous les équipements mis en place et de leurs principaux accessoires (caractéristiques, origine, marque, etc.),
- Un recueil des instruments d'exploitation et de maintenance ainsi que des indications nécessaires à l'installation et à la mise en service du matériel,

- Toutes les spécifications techniques, tableaux de mesure, catalogues, documentations relatifs aux matériels proposés,
- Les listes des programmes et logiciels éventuellement employés,
- Les références des matériels de ce type déjà en service.

Pour les principaux matériels mis en place et pour leurs accessoires il sera remis une nomenclature des pièces de rechange, avec estimation détaillée à la date de remise des offres et délai de disposition ou de livraison sortie usine.

### 2.1.3 Documents divers

Ces documents auront, entre autres, pour objet de:

- définir, de façon précise, les prestations de l'Entreprise et leur limite. Il est précisé que ces prestations devront comprendre l'ensemble des fournitures et des travaux nécessaires à la réalisation d'installations conformes au cahier des spécifications techniques particulières, fonctionnelles et opérationnelles et que, sauf remarques de l'entreprise, toutes les prestations en conséquence seront considérées implicitement incluses à la proposition,
- répertorier les omissions, les inexactitudes et les interprétations ambiguës éventuelles relevées dans les spécifications des cahiers des charges. Ces anomalies devront faire l'objet d'estimations séparées jointes à la proposition. Si elle les estime justifiées, l'Administration pourra inclure les prestations ainsi définies à la proposition de base,
- préciser les dispositions générales que l'Entreprise entend retenir dans le cadre de l'exécution du contrat :
  - liste estimative (avec échelle le cas échéant) des schémas et plans
  - calendrier de réalisation,
  - nombre et qualification des personnels employés,
  - sous-traitants éventuels,
  - matériels mis en œuvre,
  - dispositions transitoires ou provisoires envisagées,
  - etc.

### 2.2 DOCUMENTATION A FOURNIR DANS UN DELAI MAXIMUM DE 30 JOURS (après notification de commencer les travaux)

- Les plans éventuels des dalles supports de groupes et des caniveaux ou passages tant électriques que mécaniques,
- Les plans de principe de disposition des équipements,
- Le planning précis d'exécution du contrat (étude, fourniture de transport, installation, réceptions),
- Le projet d'installation de chantier,
- les dispositions transitoires envisagées si nécessaire,
- le projet de mise en service des nouvelles installations.

### 2.3 DOCUMENTATION A FOURNIR AVANT EXECUTION DES FOURNITURES ET DES TRAVAUX

Avant l'exécution de tous les fournitures et travaux, l'Entrepreneur devra impérativement présenter pour approbation :

- Les plans précis de disposition des équipements à l'intérieur des locaux,
- Les plans précis de disposition des équipements à l'extérieur (feux de balisage, transformateurs),
- Les synoptiques ou diagrammes de raccordement entre les différents équipements,
- Les schémas de dispositifs divers qu'il est chargé de concevoir et de réaliser,
- Les plans donnant les itinéraires des tranchés indiquant le repérage des câbles, la position des bornes, des boites de jonction, etc.
- Les plans de câblage et d'assemblage des cellules et armoires,
- Les caractéristiques des câbles et dispositifs de protection retenus, assortis des calculs justificatifs et de toutes les informations et recommandations justifiant les choix.
- Tous les plans d'ensemble et de détail, ainsi que toutes les notices et notes justificatives qui pourraient s'avérer utiles,
- Des planches de couleurs en vue du choix des peintures,
- Les notices.

Ces notices dont le projet sera soumis à l'agrément de l'Administration comprendront :

- 1/ Des photos d'ensemble pour la présentation du matériel,
- 2/ Les caractéristiques d'emploi du matériel et les performances,
- 3/ La description du matériel et l'explication détaillée de son fonctionnement. Ce texte sera illustré par des croquis ou schémas partiels, chaque fois que cela sera utile à la compréhension,
- 4/ Toutes les indications nécessaires à l'installation, la mise en service, l'exploitation et la maintenance,
- 5/ La nomenclature complète des différents composants et pièces détachées,
- 6/ Un schéma général détaillé de l'ensemble,
- 7/ Un jeu de photos avec repères et planches dans le but de montrer dans le détail le maximum d'éléments constituant les circuits ou de faciliter l'installation du matériel.

**NOTA** : Chaque équipement, armoire ou coffret sera obligatoirement livré avec 5 jeux de notices techniques rédigées en français.

### 2.4 DOCUMENTATION A FOURNIR AVEC LA CONVOCATION POUR LES ESSAIS EN USINE

Dans les délais prescrits, l'Entreprise fournira à l'organisme chargé des essais en usine :

- Les plans approuvés relatifs à l'équipement essayé,
- Une notice technique complète des équipements. Cette notice pourra être en anglais dans le cas où la traduction française ne serait pas disponible dans les délais prévus pour les essais. Toutefois dans ce cas, la traduction devra être soumise ultérieurement à l'Administration pour approbation conformément aux termes du paragraphe précédent,

- La liste des essais envisagés avec la valeur des paramètres espérés et les tolérances requises. Cette liste sera approuvée dans un délai de 3 semaines par l'Administration qui se réserve le droit d'ajouter des essais supplémentaires si nécessaire,
- La procédure de déroulement des essais décrits ci-dessus avec la description des montages utilisés, les appareils de mesure employés et la justification de la méthode utilisée.

## 2.5 DOCUMENT A FOURNIR POUR LE CONTROLE DE L'EXECUTION DES TRAVAUX

Au moins un mois avant le début de l'installation sur le site, l'entrepreneur soumettra à l'accord de l'administration un cahier de contrôles, essais et mesures.

Ce cahier servira à vérifier le bon fonctionnement des équipements et leur conformité aux cahiers des prescriptions techniques, aux règles de l'art et aux diverses normes et recommandations. Ce cahier sera utilisé pour le contrôle des travaux pendant le déroulement du chantier et lors de la réception provisoire du contrat. A cet effet ce cahier devra au minimum comporter:

- la liste des équipements installés (par site ou local) avec énumération (éventuellement sous forme de tableaux) des contrôles à effectuer sur ceux-ci: visuel, mesure, fonctionnement, etc.,
- les feuilles relatives à toutes les mesures à effectuer (isolement, continuité, terres, etc.) dans lesquelles seront consignées les valeurs théoriques exigibles, lorsqu'elles existent, et les valeurs réellement mesurées,
- la description des séquences théoriques de fonctionnement des installations (chronologie, durées, déroulement, etc.) auxquelles seront comparées les séquences réelles observées et mesurées,
- les justifications des moyens de contrôle utilisés,
- les procès-verbaux de réception en usine des équipements installés avec les remarques et demandes spécifiques éventuelles,
- la liste des appareils de mesure, de l'outillage et des pièces de rechange fournis, avec référence suivant la nomenclature constructeur,
- une estimation de la durée des essais à réaliser lors de la réception globale.

Le cahier devra recevoir l'approbation de l'administration qui se réserve le droit de demander tout essai ou test complémentaire qu'elle estimera souhaitable.

Ce cahier constituera l'annexe I au procès verbal de réception provisoire et sera reproduit en au moins autant d'exemplaires que ce PV ( au minimum 6).

## 2.6 DOCUMENT A FOURNIR APRES EXECUTION DES TRAVAUX (et avant la réception provisoire)

Seront exigés pour la réception provisoire des travaux :

- un programme détaillé des essais et mesures à effectuer lors de la réception provisoire. Ce programme devra être soumis pour approbation à l'Administration au moins deux mois avant la date prévisible de la réception concernée.
- six (6) jeux de tous les plans ou documents indispensables à la compréhension et à l'entretien ultérieur des installations, et un jeu de calques.

- Ces jeux de plans et documents seront transmis à l'Administration aux adresses qui seront précisées à l'Entrepreneur dans le Cahier des Prescriptions Particulières ou pendant l'exécution des travaux.

Les plans et documents comprendront :

- 1/ Les schémas électriques avec nomenclature des pièces détachées de tous les tableaux et dispositifs divers réalisés par l'installateur et non inclus dans les notices fournies au titre du matériel principal,
- 2/ Les diagrammes ou synoptiques de raccordements avec repérage des branchements réalisés entre conducteurs ou câbles sur les borniers ou réglette, tant de télécommande qu'électriques,
- 3/ Les feuillets d'occupation des réglettes dans les répartiteurs de télécommande ou téléphonique ; feuillets sur lesquels seront mentionnés :
  - le numéro de la réglette (ex. réglette R1)
  - l'origine des câbles au départ (ex. câble NR TP 008 allant au CRD)
  - l'affectation des différents conducteurs.
- 4/ Les plans d'exécution complets précis des installations réalisées : (partie génie civil et partie électrique),
- 5/ Les plans de repères du cheminement des câbles enterrés à l'échelle 1/1000<sup>ème</sup>.

Sur ces plans sont marqués tous les accessoires de réseaux avec leurs cotes exactes par rapport à des repères fixes et immuables, à défaut par rapport à des bornes spéciales.

Sur ces plans sont notés également tous les ouvrages rencontrés au cours de l'ouverture de la tranchée. Toutes les caractéristiques du câble doivent figurer sur le plan : type de câble, section, tension spécifiée, date de pose, longueur.
- 6/ Les notices des appareils, documents et notes nécessaires à l'entretien et à l'exploitation des installations.

**NOTA** : Tous les plans et schémas seront établis conformément aux normes et recommandations en vigueur, en particulier à la norme C 15-100 , paragraphe 514.5

Tous les plans fournis seront pliés au format 210 x 297 et les calques roulés et logés en tubes protecteurs.

Un jeu de ces plans, destiné à l'affichage sur les lieux, devra être plastifié.

## 2.7 DOCUMENTS A FOURNIR APRES RECEPTION PROVISOIRE

Si les documents fournis avant la réception provisoire se révèlent inexacts, l'Entrepreneur sera tenu d'apporter toutes les corrections nécessaires et de fournir les documents corrigés dans les quantités prévues au paragraphe ci-dessus et ce dans un délai inférieur à un mois à compter de la date de réception provisoire.

## 2.8 PROPRIETE DES DOCUMENTS

Les documents fournis par l'Entreprise seront considérés comme appartenant à l'Administration qui se réserve le droit d'en effectuer des copies à son usage personnel ou ultérieurement, à l'usage d'autres sociétés chargées par ses soins, d'apporter des modifications à l'installation initiale.

L'Entreprise s'engage donc à fournir une attestation autorisant l'Administration à s'effectuer ces copies.

### 3. CONTROLE - RECEPTION DES TRAVAUX

#### 3.1 GENERALITES

Pendant l'exécution des fournitures et installations objet du présent dossier, l'Administration se réserve le droit à tout moment de faire vérifier la bonne exécution des fournitures et travaux et leur conformité aux spécifications du devis technique.

A cette fin, les représentants de l'Entrepreneur tiendront informés l'Administration de leurs activités qui devraient normalement se dérouler dans le cadre du planning établi, ou des modifications apparues nécessaires. Des contrôles prévus au titre de la réception provisoire pourront, si besoin est, être effectués par l'administration dans le cadre du suivi.

#### 3.2 ESSAIS ET CONTROLES GENERAUX EN USINE

##### 3.2.1 Conditions générales

Les essais seront effectués dans les locaux aux frais et sous la responsabilité du fournisseur (ou de l'Entrepreneur). Toutefois, sauf indication contraire du Cahier des Spécifications Particulières, les frais de transport et d'hébergement du contrôleur restent à la charge de l'Administration.

**Toutes les réceptions relatives à un même contrat seront regroupées sur la période la plus courte possible**, compatible avec la bonne exécution de ces réceptions et de ce contrat. Deux mois, au minimum, avant la date présumée de la première réception, l'Entrepreneur proposera, pour accord, à l'Administration un calendrier de réceptions complet et précis.

**Une réception ne pourra être prononcée que si les équipements concernés sont entièrement terminés, disponibles et présentés en totalité lors de la réception.** Si une réception apparaît inacceptable du fait du fournisseur (équipement non satisfaisant, incomplet, etc.) elle sera refusée et l'équipement représenté en recette à une date ultérieure. Dans ce cas, les frais engagés par l'Administration à l'occasion de cette nouvelle présentation seront à la charge du fournisseur.

**NOTA:** Le fait qu'un équipement soit accepté en réception usine ne dégage pas l'entrepreneur de sa responsabilité en ce qui concerne la conformité de ce matériel aux spécifications et son fonctionnement sur site.

##### 3.2.2 Conditions de réalisation des essais

Une plate-forme d'essais sera aménagée conformément à la législation en vigueur sur les accidents de travail.

L'Entreprise fournira la preuve que les appareils de mesure ont été vérifiés dans les délais prescrits par un organisme de métrologie habilité.

En cas de doute sur la valeur d'une mesure, l'Administration se réserve le droit de faire effectuer une autre mesure avec un autre appareil et éventuellement suivant une méthode différente.

Les essais seront effectués suivant les spécifications de l'Union Technique de l'Electricité (UTE) et de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI). Le dossier de présentation des essais en usine sera fourni en cinq exemplaires.

Les méthodes de mesure employées devront être soumises à l'agrément du contrôleur au moins trois semaines avant toute convocation en recette.

Cette convocation sera envoyée à l'Administration au moins 15 jours avant la date prévue pour le début des vérifications.

Les essais en usine ont pour but de vérifier la conformité des fournitures avec les spécifications techniques stipulées dans le marché. Toutefois les essais volontairement destructifs (tel qu'essais de claquage) seront évités dans la mesure du possible sur le matériel mais pourront être effectuées sur des échantillons.

### 3.2.3 *Vérification qualitative et mécanique*

Il sera procédé à la vérification des points suivants :

- la résistance mécanique des éléments,
- la rigidité des châssis, armoires ou coffrets
- la bonne exécution des assemblages divers,
- la finition des sous-ensembles et des masses électriques, etc.
- la qualité des revêtements de protection.

### 3.2.4 *Essais électriques*

On effectuera des essais de rigidité diélectrique et d'isolement. On s'assurera du bon fonctionnement des systèmes de commande, télécommande et de sécurité et des performances des équipements.

La tenue du matériel aux variations de tension et de fréquence, dans les limites précisées au cahier des charges sera vérifiée.

### 3.2.5 *Essais à température ambiante*

Ces essais portent sur la vérification des performances globales du matériel telles qu'elles sont fixées dans le cahier des charges ou annoncées par le constructeur.

### 3.2.6 *Essais en chaleur sèche*

(réf. Publication 6822 C.E.I)

Le matériel sera maintenu en fonctionnement durant quatre jours consécutifs dans une chambre au cycle journalier de température et d'humidité suivante :

- huit heures à 55° C et 20 g de vapeur d'eau par mètre cube d'air,
- seize heures à 25° C + -3° C

Au cours des cycles à 55° C, les matériels seront alimentés pendant huit heures en tolérance "mini" de tension et éventuellement de fréquence, et huit heures en tolérance "maxi".

On s'assurera par des mesures de la stabilité des paramètres essentiels et par examen visuel de la tenue mécanique des différents composants.

### 3.2.7 Essai en chaleur humide

(réf. Publication 6823 C.E.I)

Le matériel sera maintenu en fonctionnement durant quatre jours consécutifs dans une chambre soumise au cycle journalier de température et d'humidité suivants :

- huit heures à 40° C et 95% d'humidité
- seize heures à température ambiante de 73 à 77% d'humidité.

Au cours des cycles à 40° C, on alimentera les appareils dans les limites extrêmes des tolérances en fréquence et tension.

Une inspection visuelle et le contrôle des paramètres essentiels sanctionneront cette épreuve.

**NOTA** : Les essais climatiques en chaleur sèche (paragraphe 3.2.7) ne seront pas demandés :

- 1/ Si le matériel correspond à une fabrication de série agréée par une Administration Française
- 2/ ou
- 3/ Si le constructeur du matériel peut faire la preuve que les tests ont déjà été subis avec succès par un matériel identique et sous le contrôle d'un organisme habilité.

Toutefois, dans les deux cas cités, ces essais pourront éventuellement être remplacés par des essais d'endurance (24 h à 72 h) dans les conditions ambiantes de température et d'humidité.

Dans le cas où les résultats de ces essais seraient négatifs, l'Entreprise présentera à l'Administration une nouvelle convocation en recette, après avoir effectué les modifications demandées et remis en état le matériel.

### 3.3 ESSAIS SUR LE SITE – RECEPTION PROVISOIRE DES TRAVAUX

Comme indiqué au paragraphe 2.5 au moins un mois avant le début de l'installation l'Entrepreneur soumettra à l'Administration un Cahier détaillé de contrôles, essais et mesures.

Ce cahier qui devra décrire les séquences théoriques de fonctionnement (chronologie, durée, etc.), donner les valeurs théoriques relatives aux mesures à effectuer (isolement, tension, fréquence, etc.) et proposer les moyens de contrôle des valeurs réelles qui seront comparées aux valeurs théoriques, donnera également une estimation de la durée des essais à réaliser et de la réception globale. Ce cahier constituera le document de base à utiliser pour les contrôles de chantier et la réception provisoire; il devra recevoir l'approbation de l'Administration qui se réserve le droit de demander tout essai ou test complémentaire qu'elle estime souhaitable.

Lorsque les travaux seront terminés, (essais préalables effectués) et prêts à être réceptionnés, l'Entrepreneur informera l'Administration qui fixera en accord avec lui, la date de réception provisoire.

L'Entrepreneur devra être présent ou représenté par une personne qualifiée habilitée à prendre en son nom toutes décisions qui se révéleraient nécessaires.

L'Entrepreneur mettra à la disposition des représentants de l'Administration la main-d'œuvre et les appareils de mesure nécessaires aux contrôles demandés par ceux-ci (ex : polymètre, mégohmmètre, etc..).

Lors de la réception provisoire, il sera vérifié que les installations sont exécutées conformément aux cahiers de spécifications et aux documents de référence.

Outre la vérification de la conformité aux documents ci-dessus, la réception comprendra:

- Un contrôle de fin de travaux qui donnera lieu à :

- la vérification quantitative des équipements fournis et installations exécutées,
- la vérification de la bonne tenue des équipements mécaniques fournis ou installés,
- l'inspection qualitative des installations : aspect général de l'exécution, présentation correcte, repérage, conformité des plans et documents, etc.,
- la vérification du bon fonctionnement des équipements fournis et des installations de télécommande, télé contrôles, alarmes, exécutées.
- le relevé de la mesure de tout paramètre et l'exécution de tous essais qu'il aura été jugé nécessaire de connaître,
- les mesures des isolements des circuits,
- la mesure de l'isolement de chaque tronçon de câble (appareils débranchés),
- le contrôle de la bonne exécution des tranchées,
- la mesure des résistances des prises de terre,
- le contrôle de l'équilibre des phases,
- la vérification des temps de coupure et de ré alimentation dans les différents cas prévus,
- le contrôle en vol des diverses aides lumineuses,
- les essais de fonctionnement des installations pendant huit heures consécutives et le contrôle de leur bonne marche. Le temps de fonctionnement sera réparti à égalité entre ensemble normal et ensemble secours pour chaque installation offrant cette possibilité,
- les essais complets des automatismes.
- le contrôle des plans, schémas et documents divers,
- le contrôle des lots de pièces de rechange
- le contrôle des lots d'outillage et d'appareils de mesure

Sur avis des Représentants de l'Administration, il pourra être procédé à tout contrôle ou essai complémentaire permettant de juger de la qualité des installations.

La réception provisoire sera prononcée si les installations réalisées donnent toute satisfaction et après réception et approbation par l'Administration des documents prévus par ailleurs.

L'Administration établira un "procès verbal de réception provisoire" notifiant la prise en compte par ses soins de la responsabilité du matériel. Ce procès verbal de réception comportera, en annexe, le cahier de contrôles, essais et mesures qui précisera, en particulier, la liste des équipements et matériels fournis, dont les pièces de rechange, et la liste des essais effectués avec les performances constatées.

La réception provisoire sera refusée dans le cas contraire, et les travaux ou fournitures présentant des défauts apparents ou cachés ou qui ne seront pas conformes au devis technique (sauf accord préalable et par écrit de l'Administration) seront refaits ou remplacés par l'Entrepreneur et à ses frais dans un délai qui lui sera fixé par l'Administration.

#### 3.4 GARANTIE – SERVICE APRES VENTE – PIÈCES DE RECHANGE

A dater de la signature du procès verbal de réception provisoire l'ensemble des installations exécutées sera garanti pendant une durée de un an minimum :

- Contre tous les services cachés ou apparents de l'installation soit de conception, soit de construction,
- Contre toutes les défaillances de matériels fournis ou confectionnés au titre de l'installation, (ensembles ou sous ensemble qui seraient signalés hors-service ou dégradés).

Au cours de cette période, l'Entreprise s'engage à dépanner à titre gracieux et de préférence par échange standard les modules ou sous-ensembles (électroniques ou mécaniques) défectueux. Elle s'engage également en cas de défaillance importante du matériel, à envoyer sur le site une équipe de techniciens chargés de la remise en état de l'équipement.

**NOTA** : Cette procédure exceptionnelle ne sera appliquée que quand interviendront les critères d'urgence du dépannage et de complexité de la panne (telle qu'elle nécessite obligatoirement l'envoi de spécialiste).

Pendant cette période, l'installateur devra procéder sans délais et à ses frais à toutes réparations ou remise en état qui s'avéreraient nécessaires à la suite de défauts reconnus de son fait.

Dans les cas de carence de l'installateur, l'Administration se réserve le droit de faire procéder aux frais de l'installateur à ces réparations et mises en état.

#### Service après vente

Après expiration de la période de garantie, l'Entrepreneur s'engagera à fournir un service après vente pendant une période de 10 années.

Durant cette période, il s'engage à assurer aux prix coûtants :

- la fourniture de pièces de rechanges complémentaires, composants, sous ensembles qui seraient demandés par l'Administration.
- la réparation éventuelle sur le site ou en usine de parties de sous ensembles ou d'ensembles défectueux ;
- l'examen de problèmes éventuels résultant de la maintenance des équipements fournis ;
- une assistance à la maintenance, au delà de la période de garantie, si celle-ci est demandée par l'Administration.

#### Pièces de rechange

L'Entreprise précisera pour les principaux équipements les MTBF et MTTR déduits des statistiques constructeur et devra, pour l'ensemble des matériels la fourniture :

- 1/ D'un lot de rechange 2<sup>ème</sup> degré comportant au **moins un exemplaire de chaque composant** (relais, bobine, etc.) carte ou sous-ensemble électronique existants dans les équipements ainsi qu'un exemplaire de chaque élément fragile (critère estimé d'après les statistiques du constructeur) ;
- 2/ D'un lot de matériel consommable (fusibles, voyants, filtres anti-poussière, etc..) calculé sur la base d'une consommation d'un an ;
- 3/ D'un ensemble de cartes prolongateurs permettant le dépannage hors du châssis des différentes cartes circuit imprimé.

Les cartes comporteront des points de test permettant d'examiner à l'oscilloscope les différents signaux arrivant à la carte ou provenant de cette carte. Si possible, la carte comportera également des cavaliers permettant d'isoler une à une les différents pistes du connecteur.

- 4/ D'un lot d'outillage et d'appareillage de mesure spécifiques si nécessaire.

**NOTA** : Les listes des lots de rechange, jointes à la proposition de l'Entreprise **seront détaillées et chiffrées en détail**. Elles devront recevoir l'approbation de l'Administration. Sauf indi-

cation contraire du cahier des spécifications particulières, le montant global des fournitures proposées en rechange devra représenter **5% du montant total** des fournitures.

Les rechanges proposés le seront à titre indicatif. Elles pourront être complétées ou amendées en cours de contrat, en fonction des équipements réellement fournis.

### 3.5 RECEPTION DEFINITIVE DES TRAVAUX

Elle sera prononcée un an après la réception provisoire si, à cette date, l'installation a donné entière satisfaction et si aucune défectuosité même non constatée lors de la réception provisoire ou pendant l'année de garantie, n'apparaît sur les travaux réalisés.

Si durant le délai de garantie, l'Entrepreneur a du refaire certains travaux, la réception définitive de ceux-ci ne pourra avoir lieu qu'après un an de fonctionnement satisfaisant. Si au moment de la réception définitive certains points de l'installation étaient encore jugés défectueux, l'Entrepreneur serait tenu de les refaire à ses frais et dans les délais qui lui seraient prescrits par l'Administration. Leur réception définitive ne pourrait, comme dit précédemment, être prononcée qu'après un an de fonctionnement satisfaisant.

## 4. INSTRUCTION DU PERSONNEL

La formation du personnel chargé de l'exploitation et de la maintenance des installations sera assurée pour chaque équipement, sur le site, par l'installateur et s'effectuera dans les 2 mois qui précéderont la réception provisoire et dans le mois qui suivra celle-ci, date à partir de laquelle l'Administration prendra effectivement en charge les installations.

Pour chaque type d'équipement, l'Entreprise assurera la formation des agents désignés par l'Administration.

L'instruction du personnel de maintenance et d'exploitation sera assurée par l'Entrepreneur. Cette instruction portera sur :

- 1/ La connaissance des installations (raccordements, câblages, tableaux électriques, réparateurs, etc.)
- 2/ Le fonctionnement et l'exploitation (théorique et pratique) des équipements fournis au titre de l'installation, dont les appareils de mesure,
- 3/ Les programmes de maintenance, méthode de mesure et de dépannage de ces mêmes équipements.

Cette formation sera, si nécessaire, complétée par une formation en usine. En l'absence d'informations complémentaires au cahier des spécifications particulières, il sera prévu la formation de deux agents sur les principaux équipements.

L'Entreprise fera, en ce sens, une proposition technique détaillée pour cette formation en usine et une estimation qui sera incluse à sa proposition.

Cette estimation prendra en compte:

- les frais de stage (formateurs, documentation, travaux pratiques, etc.)
- les frais de transport en Europe à partir de l'aéroport d'arrivée (en général Roissy CDG),

Les autres frais - hébergement, transport Afrique/Europe des stagiaires - feront éventuellement l'objet d'un contrat complémentaire entre l'Entreprise et l'Administration. Ces divers points seront précisés dans la partie relative aux spécifications particulières.

## 5. ETAT DES LIEUX

Les installations devront être livrées en état de propreté et l'Entrepreneur prendra soin.

- de nettoyer les locaux et dépoussiérer les appareils,
- de débarrasser les caniveaux et les sols, sous-plancher technique, etc. de tous corps étrangers,
- de réparer les dégradations (peinture et autres) qui auraient pu être causées aux locaux ou aux matériels, en particulier pour les peintures de protection anti-corrosive et celles destinées à assurer l'étanchéité de certains éléments.

## 6. SPECIFICATIONS GENERALES CONCERNANT LES MATERIELS

### 6.1 GENERALITES

Le but du présent paragraphe est de préciser :

- Les conditions de choix des matériels,
- Les normes applicables aux composants qui devront être employés par l'Entreprise dans la réalisation des équipements qui lui sont confiés.

En l'absence de précision dans les chapitres suivants ou dans les cahiers des spécifications techniques particulières propres à un équipement donné, sont applicables les clauses techniques des documents suivants :

- Normes AFNOR et plus particulièrement UTE ( Union Technique de l'Electricité),
- Recommandations de la CEI (Commission Electronique Internationale).

**Remarque** : En cas de désaccord entre les recommandations de la CEI et les normes UTE, seules les normes UTE seront à prendre en considération.

- Recommandations de l'OACI

### 6.2 CHOIX DES MATERIELS

Afin de faciliter la maintenance des équipements, l'Administration s'efforce de standardiser ceux-ci, et se réserve le droit d'imposer certains types et marques de matériels. De plus l'Administration peut être conduite à imposer l'origine des matériels en fonction des financements dont elle dispose.

### 6.3 TROPICALISATION ET CONTRAINTES CLIMATIQUES

Le matériel devant être installé en Afrique devra être étudié, notamment en ce qui concerne les problèmes de corrosion liés aux températures et humidité relatives élevées, en fonction des contraintes climatiques spécifiques.

En particulier :

- Les peintures devront résister au brouillard salin,
- Les transformateurs de faible puissance seront imprégnés à coeur,
- Les métaux destinés à être en contact entre eux seront choisis en fonction de leur couple galvanique.

**Matériel installé dans la salle des groupes :**

Le matériel devra être conçu pour fonctionner à une température de 10 à 70°C en atmosphère sèche et 10 à 50°C avec 95% d'humidité.

Pour les petites pièces métalliques, l'acier inoxydable sera préféré aux autres matériaux.

Les pièces en acier ordinaire seront galvanisées à chaud et recouvertes de peinture polyester.

Les équipements situés sur les groupes comportant une partie électronique ou des pièces mécaniques fragiles seront convenablement protégés contre la poussière et tous les effluents de nature corrosive (hydrocarbure, huile minérale, acides ou alcalis). L'ensemble du matériel sera étanche aux insectes.

**Matériel installé en abri non climatisé :**

(postes de transformation)

Les équipements seront conçus pour fonctionner de 10 à 55°C en atmosphère sèche et de 10 à 45°C avec 95% d'humidité.

Les peintures seront étudiées de façon à résister au brouillard salin. Les baies seront étanches à la poussière et aux insectes.

**Matériel installé en salle climatisée :**

La température ambiante des salles sera en général d'environ 25°C. Toutefois, les équipements devront pouvoir fonctionner entre 10 à 45°C en atmosphère sèche et entre 10 et 30°C à 85% d'humidité.

Les baies seront étanches à la poussière et aux insectes.

Les circuits imprimés correspondant à des circuits ou les performances sont susceptibles de varier avec l'humidité seront vernis.

Toutes les précautions devront être prises pour éviter l'oxydation des différents organes et la formation de moisissures.

**Equipements et composants électroniques :**

On évitera de mettre en place ces matériels dans la salle groupe et dans les locaux non climatisés (salle d'énergie, etc.) on préférera les installer dans la salle contrôle climatisée, ou dans tout autre local climatisé.

Si cette disposition est impossible, les matériels mis en place dans les locaux non climatisés seront choisis de manière à ce que leur fiabilité et leur fonctionnement soient assurés dans les conditions limites retenues pour les différents locaux. Il sera alors fait recours à des composants de qualité supérieure utilisés largement au dessous de leurs caractéristiques nominales, et si nécessaire des dispositions particulières seront prises concernant la ventilation ou la climatisation des équipements sensibles.

**Plus généralement et pour tous les équipements, l'Entrepreneur ne pourra en aucun cas arguer d'un environnement climatique défavorable pour justifier les pannes ou incidents qui pourraient survenir sur les équipements mis en place par ses soins.**

**6.4 SPECIFICATIONS TECHNOLOGIQUES GENERALES**

Les composants seront de type professionnel de catégorie supérieure et devront être utilisés en dessous de leurs caractéristiques nominales afin d'augmenter la fiabilité du matériel.

Ils seront sélectionnés et si nécessaire il sera fait recours aux composants militaires en vue d'associer la tenue dans le temps du matériel en fonction :

- Des conditions climatiques du lieu,
- De leur vieillissement dans ces conditions,
- Des conditions d'alimentation électrique,
- Des conditions de transport entre le lieu de fabrication et le lieu d'installation,
- Des possibilités de réapprovisionnement ultérieur de ces composants.

Il sera fait appel aux techniques modernes de réalisation sans que pour autant **le matériel constitue un prototype** en la matière ; dans le cas des réalisations ne pouvant correspondre à des équipements de série, l'équipement correspondra à une adaptation de matériels **dont la fiabilité est reconnue**.

Les circuits industriels de série (alimentation secteur surmoulées, convertisseurs etc.) devront être utilisés en dessous de leurs performances nominales, aux conditions de fonctionnement spécifiées de façon à en accroître la fiabilité. Ils seront par ailleurs convenablement protégés contre les surintensités ou surtensions en sortie.

Les circuits de commutation à base de thyristors ou triacs seront convenablement antiparasités et protégés contre les déclenchements intempestifs dus à des parasites

#### 6.4.1 *Spécifications mécaniques*

Meubles, armoires, pupitres, etc.

La robustesse générale de l'ensemble devra être satisfaisante. La protection de toutes les pièces métalliques sera étudiée avec la plus grande attention. La protection par chromage, argenture ou cadmiage est recommandée. Le chromage ne se fait, en ce qui concerne le fer et l'acier que sur des pièces préalablement cuivrées ou nickelées.

La serrurerie sera robuste et efficace.

La visserie sera en liaison cadmiée ou en acier inoxydable. Tout écrou sera doté d'une rondelle éventail. Des rondelles en Géron (ou similaire) seront placées entre les écrous et les pièces fragiles. Dans la mesure du possible, les écrous à oreilles et les boulons permettant le démontage des sous-ensembles seront rendus imperdables.

L'accessibilité des divers sous-ensembles sera étudiée au maximum. En particulier, le démontage d'un sous-ensemble électrique ou électronique devra pouvoir s'effectuer sans nécessiter le démontage d'autres sous-ensembles et les raccordements seront facilement accessibles.

Les réglages usuels devront s'effectuer en face avant des appareils ou être facilement accessibles. Les mesures courantes pourront être réalisées sans arrêter le fonctionnement des équipements.

#### 6.4.2 *Pièces métalliques*

Toutes les pièces métalliques seront protégées par l'un ou plusieurs des procédés ci-après, suivant la nature de la pièce et ses conditions d'utilisation (à préciser dans la proposition) :

- Passivation (traitement aux chromates ou phosphates),
- Revêtement métallique (projection, immersion, dépôt électrolytique),
- Revêtements organiques, peinture et vernis (deux couches de peinture minimum).  
Un traitement de surface sera dans ce cas appliqué au préalable et comportera des procédés de nettoyage mécaniques ou chimiques : sablage, dégraissage, décapage ou une métallisation;

Les parties métalliques soumises à des frottements fonctionnels : axes tournants, coussinets, etc. sont exclues de la prescription ci-dessus lorsque le mode de protection sera de nature à nuire au fonctionnement mécanique. La protection dans ce cas, sera assurée par graissage.

- Les ressorts et butées seront en acier inoxydable,
- Les ouvertures d'aération seront recouvertes d'une toile métallique à mailles fines pour interdire l'accès aux insectes. Cette toile sera réalisée en fils d'acier inoxydable ou fils de cuivre rouge montés sur châssis afin d'en permettre le remplacement aisé.

#### 6.4.3 Matériels électriques

Les carters seront étanches.

Les bobinages à grands nombres et tours de fils seront imprégnés à cœur et à vide avec isolant approprié à la nature du fil utilisé.

Toutefois, les bobinages de relais à basse tension pourront être dispensés de l'imprégnation à cœur, à condition d'être protégés par une enveloppe appropriée correspondante.

#### Isolants :

Les isolants suivants sont normalement prohibés :

- Matière synthétique à point de fusion inférieur à 100 centigrades (toutefois, lorsque de tels isolants n'ont à subir dans leur utilisation aucun effort mécanique extérieur, leur emploi sera autorisé),
- Papiers bakélisés, fibres, ébonites, bois et matériaux à base de cellulose,
- Mycalex non moulé, ou usiné après moulage,
- Les papiers, toiles et cartons bakélisés, prespahn et produits analogues seront admis dans les cas suivants :
  - 1/ Dans les organes disposés à l'intérieur des carters étanches, desséchés, soudés et munis de bornes étanches soudés.
  - 2/ Dans les organes non disposés à l'intérieur des carters étanches à condition que l'ensemble de ces organes soit noyé dans une masse isolante appropriée.

#### Relais :

Le relayage pourra être électronique ou électromécanique. Les relais fixes sur circuits imprimés seront de type "relais sous vide", (Clare ou équivalent).

Les relais "sous vide" ou électroniques seront utilisés de préférence. Les autres relais seront montés sur support embrochable.

Les relais utilisés devront être de type standard, à faible consommation, ils ne devront pas faire l'objet de fabrications spécifiques (en particulier en ce qui concerne les brochages ou les cotes mécaniques). **Pour une installation donnée, on veillera à l'uniformisation des relais installés (marque, type, caractéristiques, etc.) de façon à faciliter la maintenance.**

**Les relais seront facilement accessibles et munis d'un index ou d'une diode lumineuse traduisant leur état.**

#### Appareils de mesure :

Tous les appareils de mesure (voltmètre, ampèremètre, fréquencemètre, etc.) seront traités antistatique et seront du type magnétoélectrique. Ils seront toujours associés sur les divers conduc-

teurs. Leur échelle sera convenablement choisie, de manière à toujours fournir des mesures significatives.

### **Commutateurs et voyants :**

Les commutateurs seront mécaniquement robustes et étanches à la poussière.

Les voyants lumineux à filament seront dans la mesure du possible proscrits. Ils seront remplacés :

- par des voyants néon pour les informations de présence secteur sur les équipements,
- par des diodes électroluminescentes (L.E.D) pour les informations de télésignalisation.

Ces diodes seront correctement protégées contre les surintensités et les tensions inverses.

Lorsque les diodes électroluminescentes seront destinées à équiper des meubles ou pupitres d'exploitation leur luminosité sera supérieure à 1,5 mC. Des équipements annexes (verre antireflet, réflecteur) permettront éventuellement d'accroître leur luminosité apparente en augmentant leur contraste par rapport à la lumière ambiante.

#### *6.4.4 Sous-ensembles électroniques*

Ceci concerne tous les sous-ensembles réalisés à l'aide de composants électroniques.

#### Semi-conducteurs

Les semi-conducteurs utilisés devront correspondre à des types largement diffusés et qui possèdent un équivalent fabriqué par au moins une autre société, de façon à éliminer le problème ultérieur d'approvisionnement en pièces de rechange.

Ces semi-conducteurs seront de préférence au silicium, le germanium ne sera admis que:

- s'il apporte une amélioration de performance par rapport au composant silicium équivalent,
- si son fonctionnement est garanti aux températures requises.

Les circuits M.O.S (Métal oxyde Semi-conducteur) seront correctement protégés (soit par le choix du composant soit extérieurement) contre :

- les décharges d'électricité statique
- les parasites

Les semi-conducteurs ayant une liaison par fil avec un équipement situé en dehors du bâtiment ou ils sont installés seront correctement protégés contre les surtensions éventuelles dues à la foudre (indirectes seulement).

Les coupleurs optoélectroniques présenteront un isolement galvanique d'au moins 1500 V. entre leur entrée et leur sortie. La diode électroluminescente d'entrée de ces opto-coupleurs sera convenablement protégée contre les surintensités et les tensions inverses éventuelles.

#### Composants passifs

Les résistances de faible puissance (inférieure à 1 W) seront à couche métallique.

Les potentiomètres seront de modèle étanche et conformes à la norme NF C 93253.

Les résistances ajustables seront également conformes à cette norme mais l'étanchéité ne sera pas imposée. Le réglage de ces résistances devra être à mi-course de façon à permettre des reprises ultérieures de réglage.

Les condensateurs ajustables seront conformes dans leurs caractéristiques et dans leur utilisation à la norme NF 93170 et en particulier le paragraphe 8 de son annexe qui spécifie que les condensateurs seront réglés à mi-course pour éviter les détériorations de réglages et les instabilités.

### Câblage

Pour les câblages, il sera fait appel chaque fois que possible à la technique du circuit imprimé, y compris pour les liaisons entre sous-ensembles ou circuits imprimés élémentaires.

Les circuits imprimés comporteront des points de test (picots, prises ou, de préférence, cavaliers) permettant le raccordement facile d'un appareil de mesure (sonde d'oscilloscope, volt-mètre, etc.) ces points de test devront être facilement accessibles, l'équipement étant en fonctionnement. Ils seront convenablement repérés, par sérigraphie (ou procédé équivalent) sur le circuit imprimé lui-même.

Les raccordements se feront par double connecteur un connecteur mâle fixé sur carte et un connecteur femelle lié au câble de raccordement.

Les circuits imprimés enfichés dans les bacs devront être convenablement guidés par les glissières et suffisamment espacés entre eux de façon à ce qu'il soit possible d'enlever une carte circuit imprimé sans provoquer de court-circuit sur la carte voisine (appareil étant sous tension).

Le "wrapping" sera dans la mesure du possible évité. Il pourra toutefois être utilisé lorsque la densité des connexions est trop importante pour que le câblage soit réalisé par un circuit imprimé.

Le câblage entre les différents paniers d'un même coffret (ou armoire) se fera par câbles et connecteurs ; **le raccordement par borniers à vis sera proscrit**. Par ailleurs, les connecteurs seront normalisés et comporteront un verrouillage mécanique.

Lorsque les intensités et les tensions le permettent, les câbles en nappes ("limandes") sont préférés aux torons de câbles.

L'âme des câbles sera en cuivre.

Les isolants des câbles seront choisis de façon à empêcher la propagation de la flamme.

A proximité des connecteurs, les câbles seront repérés par marquage à chaud ou par tout autre procédé de marquage inaltérable dans le temps ; les bandes imprimées en tissus ou matériaux plastiques collées sur le câble seront interdites. Le symbole ainsi marqué sera identique au symbole figurant à proximité du connecteur homologue du panier, permettant ainsi le raccordement rapide et sans risque d'erreur du câble.

### Protection du personnel et du matériel

La sécurité dans les équipements vis à vis du personnel et du matériel sera étudiée avec la plus grande attention. A cet effet :

- Les points où apparaissent des tensions supérieures à 50 V. seront protégés, par vernissage, capot plastique, gaines thermorétractables.
- Les points reliés au secteur porteront une mention (par gravure sur le capot plastique, sérigraphie...) "Danger secteur",
- L'ensemble des châssis sera relié à la terre,
- La protection du matériel contre les surintensités sera assurée par des organes de protection appropriés, de même que la protection contre les surtensions dues aux phénomènes atmosphériques.

- Les points rapprochés sur lesquels apparaissent des tensions différents telles qu'un court circuit accidentel puisse mettre en danger la vie de l'équipement, seront convenablement protégés ; c'est le cas en particulier des picots de wrapping. Cette protection pourra être constituée, par exemple d'une plaque d'isolant fixée au châssis,
- Les appareils de mesure à aiguille appartenant aux équipements seront étanches,
- Lorsque la ventilation naturelle sera considérée comme insuffisante, le refroidissement sera assuré par un ventilateur robuste, silencieux et efficace. L'air sera admis dans l'équipement par un filtre efficace et facilement démontable pour le nettoyage,
- Des systèmes de sécurité protégeront le reste de l'équipement en cas de défaillance de l'un de ses composants. Un voyant (ou de préférence une diode électroluminescente) placé sur le panneau avant de l'équipement indiquera la sécurité ayant fonctionné.
- L'ensemble des équipements (ou des connexions) sensible aux inductions aux parasites sera convenablement blindé,
- Le fonctionnement ne sera pas perturbé par le passage du personnel au voisinage de l'appareil, celui-ci étant installé sans précaution spéciale.

## 6.5 PEINTURES

L'Entrepreneur devra la peinture d'ensemble des matériels qu'il fournit.

Les différentes teintes à prévoir devront s'harmoniser entre elles et seront définies par l'Administration sur présentation de planches de couleurs par l'Entreprise.

### **Peintures extérieures**

Tous les éléments métalliques fonctionnels tels que citernes, canalisations, buses, etc., posés en pleine terre ou en contact avec un matériau devront être revêtus de 2 couches de goudrons de houille.

### **Peintures intérieures ou extérieures**

Toutes les parties métalliques non galvanisées à chaud seront traitées en peinture, ce traitement comprend :

- le nettoyage,
- l'application d'une couche de peinture antirouille ou minium de plomb,
- l'application de deux couches de peinture de la teinte fondamentale dont la première couche sera d'une nuance plus claire.

## 6.6 REPERAGES – IDENTIFICATIONS - INSCRIPTIONS

Tous les repérages ayant un mode de fixation auto-adhésif sont prohibés (étiquettes, etc.)

### **a) Pupitres d'exploitation**

Toutes les inscriptions destinées à identifier une platine, une fonction etc. seront de préférence sérigraphiées avec des encres cuites au four.

Les platines en alliage léger non peintes seront gravées, sérigraphiées avec des encres cuites au four.

Les indications de grandes dimensions (schémas) seront faites sur feuille métallique vissée (par des vis à têtes fraisées) ou rivetées.

**b) Repérage des borniers de distribution**

Ce repérage des borniers de distribution sera effectué par étiquettes en dilophane (ou équivalent) gravées et fixées par vis à têtes fraisées.

**c) Repérage des sous-ensembles**

Les inscriptions correspondantes seront effectuées par étiquettes rivetées, sérigraphiées, suivant la facilité de mise en œuvre de ces méthodes pour le cas considéré.

**NOTA :** Les étiquettes seront dans la mesure du possible à fond clair avec inscription en caractères sombres. Les étiquettes correspondant à des réserves ou à des départs non affectés sont fournies, fixées mais non gravées. Les entraxes de perçage, pour fixation des étiquettes, seront identiques, de façon à permettre une permutation facile de celles-ci.

**7. SPECIFICATIONS ET ESSAIS PARTICULIERS CONCERNANT LES MATERIELS****7.1 SPECIFICATIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX GROUPES ELECTROGENES ET A LEURS ACCESSOIRES****7.1.1 Généralités**

Les spécifications ci-après concernent la fourniture de groupes électrogènes à moteur diesel pour installation fixe, ainsi que la fourniture des accessoires permettant le démarrage, le contrôle de fonctionnement du moteur et de l'alternateur, le refroidissement, l'échappement et l'installation de ces groupes suivant les règles de l'ART et les spécifications d'installation précisées au cahier des prescriptions particulières. Les spécifications se rapportent à la fourniture :

- **de groupes électrogènes à démarrage automatique,**
- **de groupes électrogènes à intervention instantanée.**

**7.1.1.1 Textes de référence**

Spécifications techniques relatives aux groupes électrogènes pour les installations fixes parues aux journaux officiels de la république Française.

Norme internationale ISO 2046/1 relative aux moteurs à combustion interne.

Normes DIN et ISO pour les groupes électrogènes,

Normes UTE et CEI.

**7.1.1.2 Documentation**

La documentation concernant les groupes et leurs accessoires fera partie de la fourniture.

Elle sera communiquée au représentant de l'Administration avant les essais en usine.

Elle comprendra pour chaque groupe :

- une notice d'exploitation décrivant le fonctionnement, les opérations de conduite, réglage et entretien de tous les organes du groupe fourni,
- une nomenclature des pièces constitutives avec toutes les références du constructeur,

- les plans, schémas, croquis et diagrammes permettant de connaître la constitution du moteur, alternateur, etc.

#### 7.1.1.3 Garantie

Chaque groupe électrogène sera garanti contre tout vice d'étude, de réalisation ou de montage **pendant un délai de 18 mois à partir de la réception provisoire des travaux avec un maximum de 24 mois départ d'usine.**

Aux termes de ce délai, l'ensemble devra, sans exécution des travaux autres que les travaux normaux d'entretien, être en état de marche dans les conditions minimales suivantes :

- L'ensemble Diesel alternateur devra fournir aux bornes une puissance au moins égale à 95% de la puissance nominale, au régime normal fixé,
- La consommation d'huile de graissage ne devra pas dépasser 2,5 g par CV/H,
- Le démarrage à froid et la mise en débit du groupe, à pleine charge (4/4), ne devra par **excéder 7 secondes** pour un groupe à démarrage automatique,
- Le fonctionnement de l'ensemble ne devra pas présenter de danger en ce sens d'une rupture de pièce ou une détérioration grave soit à craindre par suite d'une usure exagérée de certaines pièces ou pour tout autre raison.

#### 7.1.2 *Groupes à démarrage automatique*

##### 7.1.2.1 Généralités

Ces groupes sont constitués d'un moteur diesel entraînant un alternateur. Le démarrage du moteur est assuré par démarreur électrique ou pneumatique automatiquement dès qu'un défaut est constaté sur le réseau secouru (secteur ou autre groupe). L'arrêt du groupe s'effectuera avec temporisation sur retour du réseau secouru aux conditions normales.

##### 7.1.2.2 Caractéristiques

###### Combustible

Le combustible retenu est le gas-oil (fuel domestique) classé dans les liquides inflammables à point d'éclair supérieur ou égal à 55° C et inférieur à 100° C et répondant aux normes DIN 51601.

###### Puissance - Déclassement

La puissance minimum du moteur en service continu sera telle qu'elle permettra, **avec ou sans suralimentation**, selon les spécifications donnée par ailleurs, la fourniture aisée par l'alternateur de la puissance précisée au dossier des prescriptions particulières compte tenu :

- des rendements,
- des puissances absorbées par les auxiliaires du groupe,
- de la surcharge susceptible d'être demandée temporairement à l'alternateur,
- des exigences de démarrage: démarrage à froid et mise en débit du groupe, **à pleine charge (4/4)**, ne devant par excéder 7 secondes en démarrage automatique,
- du rétablissement du régime moteur en fonction des variations de charge maximum dans les temps prévus,

- des conditions climatiques les plus défavorables,
- du lieu d'installation du groupe (altitude).

**Le moteur pourra être suralimenté** (sauf indication contraire du cahier des prescriptions particulières).

#### Vitesse

La vitesse de rotation du groupe en fonctionnement normal sera inférieure ou égale à 1500 tr/mn.

La variation instantanée de la vitesse après variation brusque de la charge de zéro à la valeur nominale ne doit pas être supérieure à 10% de la valeur nominale.

En régime établi, la vitesse du moteur sera maintenue constante à + ou - 1,5% de la vitesse nominale pour toutes les charges comprises entre zéro et la charge nominale ou vice versa.

Le régime sera considéré comme établi 4 secondes après toute variation brutale de charge de zéro à la valeur nominale ou vice versa.

#### Refroidissement

Pour les puissances inférieures ou égales à 100 kVA le refroidissement pourra être prévu par air, les groupes étant équipés de turbines et de gaines de ventilation, ou par liquide avec radiateur et électro-ventilateurs séparés du moteur.

Dans ce dernier cas, une pompe entraînée par le moteur diesel assure la circulation du liquide de refroidissement et un thermostat intercalé dans le circuit module le débit de ce liquide de manière à maintenir la température sensiblement constante quelle que soit la charge.

Pour les puissances **supérieures à 100 kVA, seul un refroidissement par liquide sera admis.**

L'huile de graissage devra conserver ses qualités, il sera si nécessaire prévu un radiateur d'huile. Ce radiateur sera obligatoire pour les **puissances supérieures à 100 kVA.**

Le refroidissement devra être conçu et dimensionné pour permettre le fonctionnement continu des groupes dans les conditions climatiques les plus défavorables (température 55 degrés, humidité 90%).

#### Démarrage - Arrêt

Ils s'effectuent :

- automatiquement sur défaut et retour secteur,
- par télécommande depuis la tour de contrôle (pré lancement)
- par commande manuelle locale,
- sur apparition d'un défaut mécanique, arrêt immédiat quelles que soient les conditions d'emploi.

Deux systèmes de démarrage sont prévus :

- électrique : un ensemble chargeur batterie par groupe,
- pneumatique : un ensemble compresseur/bouteille par groupe ou commun à plusieurs groupes (voir CPT).

Chaque système devra avoir une capacité suffisante pour assurer dix (10) essais successifs de démarrage. L'un ou l'autre des deux systèmes sera normalement utilisé, le second lui servant de secours.

En automatique le système de secours doit s'enchaîner immédiatement après l'essai du système normal si celui-ci n'a pas été suivi d'effet.

Deux modes d'arrêt des groupes seront également prévus, appropriés aux systèmes de démarrage.

#### Délai de prise en charge

Le groupe fonctionnant en automatique et étant en attente, le délai de reprise en pleine charge (4/4) des installations sur défaut de l'alimentation de celle-ci ne doit pas excéder 7 secondes. Ce délai inclut la détection du défaut, le temps de démarrage du groupe et le temps de basculement des contacteurs d'alimentation. (cas où le groupe démarre lors de la 1ère tentative de démarrage).

#### Préchauffage

Un ou deux dispositifs seront prévus pour préchauffer l'eau et l'huile afin de permettre une prise en charge immédiate du moteur. Ces dispositifs seront pilotés par thermostats réglables.

#### Sécurités du groupe

Les anomalies ci-après sont détectées, signalées à distance et provoquent l'arrêt immédiat du moteur.

- 01 - Pression d'huile insuffisante
- 02 - Température d'huile dangereuse,
- 03 - Température d'eau dangereuse,
- 04 - Survitesse,
- 05 - Défaut préchauffage,
- 06 - Température anormale du stator de l'alternateur,
- 07 - Tension alternateur anormalement élevée ou basse,
- 08 - Non démarrage (uniquement signalé),
- 09 - Défaut phase,
- 10 - De plus, si la barre à virer (lorsqu'elle existe) n'est pas dans son logement de sécurité, le démarrage du groupe sera rendu impossible et le défaut "barre à virer" signalé au niveau du pupitre général "groupe".

#### Tableau de bord

Il sera prévu un tableau de bord, dont le degré de protection sera au minimum IP 547, soit solidaire du groupe, soit placé à proximité comportant :

- Un tachymètre moteur
- Un manomètre de pression d'huile,
- Un thermomètre d'huile,
- Un thermomètre d'eau,
- Un compteur horaire,
- Un voltmètre,
- Un ampèremètre,
- Un fréquencemètre,

- Un voyant synthèse défauts,
- Des boutons de commande "marche/arrêt",
- Une clé "ultime secours"
- Un arrêt d'urgence de type coup de poing placé sur le tableau de bord ou à proximité du groupe concerné.

**NOTA IMPORTANT** : Ce tableau de bord devra permettre un démarrage manuel forcé (ultime secours) du groupe concerné en cas d'indisponibilité des dispositifs d'automatisme ou de leur alimentation, avec dispositif d'arrêt approprié. Dans ce cas, les sécurités essentielles seront seules conservées. Ce tableau de bord sera équipé d'un commutateur à clé asservissant son utilisation au tableau de contrôle général du local contrôle.

#### Constitution du bati du groupe

L'ensemble moteur-alternateur sera monté sur châssis socle commun constitué de fers IPN soudés. Sauf indication contraire du Cahier des spécifications particulières, l'alternateur pourra être de **type mono-palier** ou **bi-paliers**.

Le châssis sera assez rigide pour éviter toute déformation. Les surfaces d'appui seront rabotées pour permettre un parfait alignement, les pièces seront pointées afin de faciliter les éventuels montages et démontages.

Les organes en mouvement seront protégés et rendus inaccessibles.

Une borne placée sur le châssis permettra le raccordement des masses métalliques à la terre.

#### Caractéristiques essentielles du moteur thermique

Type : diesel à injection directe

Cycle : 4 temps

Vitesse moyenne des pistons : inférieure à 8 m/s

Consommation en carburant : inférieure à 250 g/kWh

Disposition des cylindres : en V ou en Ligne

#### Accessoires

La fourniture comportera

- Une pompe à injection avec commande d'arrêt par électroaimant,
- Un régulateur de vitesse hydraulique ou électronique,
- Si la suralimentation est prévue, un turbo-compresseur rotatif entraîné par les gaz d'échappement du moteur,
- Un filtre à air à haute efficacité pour atmosphère poussiéreuse avec dépolluissage automatique,
- Un filtre à combustible correspondant strictement aux recommandations du constructeur,
- Un filtre à huile à cartouche,
- Une pompe à main placée à demeure permettant la vidange et équipée d'un verrouillage,
- Un volant d'équilibrage,
- Une liaison entre la ligne d'arbre et l'alternateur
- Un démarreur électrique attaquant la couronne dentée du volant,

- Un démarreur pneumatique, si demandé au cahier des clauses particulières. **Le mode par insufflation sera à retenir de préférence**, si le moteur peut en être pourvu. Ce démarreur sera commandé à distance par électrovanne et en local par poussoir,
- Un aéro-refroidisseur avec électro-ventilateurs (dans le cas d'un refroidissement par liquide). L'aéro-refroidisseur est du type à faisceau, largement dimensionné. Un ventilateur électrique pulse l'air sur les faisceaux du radiateur.

Côté extérieur, l'aéro-refroidisseur possédera des volets rabattables s'ouvrant sous l'action de l'air soufflé. Toutes dispositions seront prises pour obtenir l'efficacité maximum tout en limitant le niveau de bruit (vitesse de rotation du ventilateur, cône d'aspiration, etc.),

- Les gaines de ventilation adaptées dans le cas d'un refroidissement par air,
- L'ensemble chargeur-batterie pour démarrage électrique,
- L'échappement de section et longueur appropriées avec silencieux,
- L'ensemble compresseur-bouteilles pour démarrage pneumatique suivant spécifications ci-après pour chaque groupe :
  - deux bouteilles d'air comprimé dimensionnées pour permettre 10 démarrages d'un groupe en tenant compte des spécifications du fournisseur du groupe (30 bars - 150 litres minimum) équipées de :
    - \* 1 vanne d'isolement
    - \* 1 manomètre
    - \* 1 robinet de purge
    - \* 1 soupape de sécurité
    - \* 1 manocontact (alarme)
  - Un électro-compresseur équipé de :
    - \* 1 moteur électrique 380 V - 50 Hz classe F, IP54
    - \* 1 pressostat permettant le remplissage automatique des bouteilles
    - \* 1 clapet anti-retour
    - \* 1 des huileur avec purge
    - \* purges manuelle et automatique
  - Le manocontact sera asservi à un relais temporisé (information d'alarme),
  - Le temps de remplissage des bouteilles devra être inférieur à 40 minutes.

Enfin, il sera fourni pour chaque groupe et ses accessoires, les outils spéciaux qui seraient nécessaires pour permettre les travaux de maintenance et un lot de rechange pour 2000 heures de fonctionnement y compris les fournitures nécessaires aux révisions.

### 7.1.3 *Groupes à intervention instantanée*

#### 7.1.3.1 Généralités

Ces groupes sont constitués d'un moteur thermique diesel, d'un alternateur et d'un volant d'inertie. L'ensemble volant-alternateur peut à volonté être embrayé au moteur diesel ou débrayé de

celui-ci. Un moteur électrique auxiliaire de faible puissance entretient la rotation du volant d'inertie.

L'énergie emmagasinée par le volant lorsqu'il est entraîné à vitesse de rotation suffisante lui permet de maintenir en rotation l'alternateur en charge pendant le temps nécessaire au démarrage et à la montée au régime nominal du moteur diesel.

Le fonctionnement de ce type de groupe est le suivant :

#### 7.1.3.2 Utilisation en démarrage automatique : électrique ou pneumatique

Dans ce type de fonctionnement, en position d'attente, le volant d'inertie n'est pas en rotation, son moteur auxiliaire n'étant pas alimenté et l'ensemble volant alternateur est embrayé sur le moteur diesel. La prise en charge par le groupe dans ces conditions se fait après démarrage automatique électrique (batterie chargeur) ou pneumatique sur défaut du secteur (ou de l'autre groupe). Le fonctionnement est alors celui d'un groupe à démarrage automatique classique et les spécifications du paragraphe 6.2.2 lui sont applicables à l'exception du délai de prise en charge.

#### 7.1.3.3 Utilisation en intervention instantanée

Dans ce type de fonctionnement, en position d'attente, (secteur ou autre groupe présent) le volant d'inertie et l'alternateur sont entraînés en permanence par le moteur électrique auxiliaire ; le moteur diesel à l'arrêt est débrayé de l'ensemble volant-alternateur ; l'alternateur ne débite pas sur le réseau (contacteurs ouverts).

Sur défaut du secteur :

- Le contacteur alternateur se ferme provoquant le débit de celui-ci,
- Le moteur diesel est embrayé à l'ensemble volant-alternateur.

Deux solutions sont possibles :

- L'ensemble volant alternateur est embrayé au moteur diesel à l'arrêt et provoque son démarrage,
- L'ensemble volant alternateur est embrayé au moteur diesel préalablement démarré par un autre moyen.

Il appartiendra au constructeur du groupe de proposer en fonction des puissances et des conditions d'utilisation demandées, la solution apportant les meilleures garanties de fonctionnement et de fiabilité.

#### 7.1.3.4 Caractéristiques

Les caractéristiques générales sont les mêmes que celles du groupe à démarrage automatique décrit au chapitre 7.1.2.2 Elles doivent être complétées par les caractéristiques ci-après spécifiques au groupe à intervention instantanée.

- Volant d'inertie en acier traité, usiné et équilibré en statique et en dynamique reposant sur deux paliers, entraîné par moteur asynchrone à cage,
- Roulements du type normalisé, dimensionnés pour une durée de fonctionnement supérieure à 50.000 heures et au moins 10 000 reprises en charge en instantané,
- Corps et paliers en acier moulé, fortement nervuré, avec flasques en fonte mécanique et dispositif permettant le graissage en fonctionnement,

- Embrayage électromagnétique à émission de courant avec commande locale et à distance (automatique),
- Durée de la coupure d'énergie due à la commutation des sources inférieure à 0,2 seconde,
- L'énergie emmagasinée par le volant, fonction de sa vitesse de rotation et de son moment d'inertie doit permettre dans des conditions normales de fonctionnement, le groupe étant à sa charge maximum (4/4) de respecter les conditions ci-après :
  - \* une chute de la fréquence inférieure à 2,5 Hz (5%) avec retour à + ou - 1,5% en moins de 15 s,
  - \* une chute de tension inférieure à 15% avec retour à + ou - 2% en moins de 10 s.

De plus, les caractéristiques mécaniques de l'embrayage entre le moteur diesel et l'ensemble volant-alternateur devront permettre au moins 10 000 séquences de démarrage et de reprise instantanée sans interventions autres que les travaux normaux d'entretien. **Le groupe sera équipé d'un compteur indiquant le nombre de séquences "démarrage et reprise en instantané" (embrayage).**

#### 7.1.4 *Alternateur*

##### 7.1.4.1 Généralités

Machine protégée, la classe M sera retenue en isolement et en échauffement.

**L'alternateur sera du type mono ou bi-paliers** sauf restriction précisée au cahier des prescriptions particulières.

Le rendement à  $\cos \varphi = 0,8$  sera supérieur à 90%. Sauf indication contraire du cahier des prescriptions particulières, la tension nominale sera de 220/380 V courant alternatif neutre sorti; la fréquence sera le 50 Hz pour une vitesse de rotation du rotor de 1500 tr/mn.

##### 7.1.4.2 Puissance

L'alternateur aura en continu la puissance nominale exigée au cahier des prescriptions particulières, ceci en tenant compte des déclassements éventuels dus aux conditions climatiques et géographiques. La puissance indiquée sur l'alternateur pour un facteur de puissance égal à 0,8 sera la puissance réelle disponible dans les conditions locales en tenant compte des déclassements éventuels ci-dessus.

##### Surcharge

Le groupe devra pouvoir supporter à facteur de puissance égal à 0,8 une surcharge de 10% pendant une heure, de 25% pendant 5 minutes, et un court circuit supérieur à 3 IN pendant 3 secondes.

##### Variation de tension en régime établi

La précision sera de l'ordre de 2% de la tension nominale pour toute charge comprise entre 0 et 4/4, pour un facteur de puissance supérieur à 0,7 et un circuit équilibré à 20% près, quelque soit le régime thermique.

##### Variation en régime transitoire

Pour une variation de charge entre zéro et la pleine charge sous facteur de puissance compris entre 0,8 et 1, la tension sera ramenée à + ou - 20% de la valeur nominale, dans les 200 millisecondes qui suivront le début du phénomène. La tension sera ramenée dans les limites de + ou - 2% dans un temps maximal de trois secondes après le début de la variation transitoire.

#### 7.1.4.3 Excitation - Régulation

Le système d'excitation de l'alternateur sera du type statique, compound à diodes tournantes, sans bagues, ni balai admettant 300% (3 IN) de court circuit ; amorçage automatique rapide.

Il sera prévu :

- une régulation automatique électronique de la tension de sortie de l'alternateur,
- un fonctionnement secours auto-régulé sans électronique,
- une commande manuelle permettant de faire varier progressivement la tension de sortie de 10% par rapport à la tension nominale.

#### 7.1.4.4 Préchauffage

L'alternateur sera muni d'origine de résistances ou d'enroulements de chauffage afin d'éviter la condensation et de permettre sa mise en service normale après arrêt de fonctionnement prolongé. Ceci aux conditions climatiques les plus défavorables définies dans le présent dossier.

#### 7.1.4.5 Surchauffe

Les pôles du stator de l'alternateur seront munis de thermistances qui asservies à un boîtier permettront de donner une information d'échauffement anormale des bobinages. Cette information pourra être déportée.

### 7.1.5 *Essais à effectuer*

#### 7.1.5.1 Essais des groupes électrogènes

Les essais énumérés ci-dessous et complétés dans la mesure qui paraîtra nécessaire pour vérifier que le matériel répond aux spécifications imposées, seront effectués aux frais et sous l'entière responsabilité du metteur en groupe qui prendra toutes dispositions utiles, pour que le groupe soit disposé dans un local, ou les conditions climatiques, imposées seront simulées autant que possible, et raccordé avec tous les accessoires et tous les appareils de mesure nécessaires pour la réception, à la date fixée au marché.

Les vérifications ou essais comprendront différents postes :

- Examen général du groupe et de tous les accessoires,
- Essais particuliers concernant le moteur,
- Essais particuliers concernant l'alternateur,
- Essais concernant le groupe électrogène et ses accessoires,
- Essais concernant les divers modes de fonctionnement du groupe.

#### 7.1.5.2 Essais concernant le moteur

L'Entrepreneur remettra la fiche technique concernant les essais du moteur effectués par son constructeur.

Les essais comprendront :

- Les démarrages et arrêts dans les conditions prévues dans les spécifications,
- Une marche à pleine charge pendant 5 heures,

- Une marche avec surcharge de 10% pendant une heure,
- Une marche à demi-charge pendant une heure,
- Une marche avec surcharge de 20% pendant 10 mn.

Simultanément seront effectués :

- L'examen des fumées qui devront être pratiquement incolores, moteur chaud, régime établi,
- Le contrôle des différentes consommations de carburant aux différents régimes qui se succéderont sans interruption au banc d'essais.
- Le contrôle de consommation d'huile aux différents régimes,
- Le contrôle de la vitesse (stabilité de la régulation),
- Le contrôle des vibrations.

Les réglages et les essais tiendront compte des conditions climatiques d'utilisation précisées dans les cahiers de spécifications techniques

#### 7.1.5.3 Essais concernant l'alternateur

**NOTA 1** : Si nécessaire, certains essais seront effectués chez le constructeur de l'alternateur, en conséquence, l'Administration sera informée de la date de mise à disposition de l'alternateur.

Les essais comprendront :

- Mesure de la résistance des enroulements
- Essais de rigidité diélectrique à chaud entre la masse et le stator, la zone polaire, l'excitateur, le régulateur,
- Essais de fonctionnement en surcharge de 20% pendant 10 mn à facteur de puissance 0,8.

**NOTA 2** : Si les essais ne peuvent être effectués en ambiance tropicale, la pleine charge sera majorée de manière à garantir la puissance nominale exigée sur le site après application des coefficients de réduction (application des normes DIN).

Pendant les essais précédents, il sera procédé au :

- Contrôle des échauffements,
- Contrôle de régulation automatique de la tension,
- Contrôle de l'équilibre des tensions,
- Contrôle de la fréquence,
- Contrôle de l'ordre des phases UTE,
- Contrôle des vibrations.

Il sera d'autre part, procédé à plusieurs essais de 10 mn chacun, de mise en charge sur deux phases, la troisième étant coupée, avec une intensité par phase égale à l'intensité nominale, à facteur de puissance 0,9.

#### 7.1.5.4 Essais concernant le groupe électrogène et ses accessoires

##### Essais en charge

- Marche normale à charge nominale et facteur de puissance : 0,8 pendant une heure et contrôle de la régulation automatique de tension et de la stabilité de la fréquence.
- Dans les conditions précédentes, essais des possibilités de régulation de tension.
- Mêmes essais qu'aux paragraphes précédents à 1/2 charge.

Durant les essais en charge, il sera relevé la pression d'huile et les températures, huile, air ambiant.

- Variation de charge de zéro à 2/4 et contrôle du temps mis au rétablissement du régime,
- Mêmes essais que ci-dessus avec variation de charge de 0 à 3/4,
- Mêmes essais que ci-dessus avec variation de charge de 0 à 4/4

#### Contrôle des séquences de démarrage et d'arrêt

Ces Contrôles seront effectués à vide et en charge.

Tous les modes de démarrage et d'arrêt seront testés à savoir :

- Démarrage et arrêt manuels,
- Démarrage et arrêt automatiques sur panne secteur,
- Démarrage et arrêt automatiques en fonctionnement instantané, si ce mode de fonctionnement est prévu.

Ces modes de fonctionnement seront testés en utilisant les diverses possibilités de démarrage prévues :

- Démarreur électrique,
- Démarreur pneumatique,
- Volant d'inertie, éventuel.

Ces essais pourront être répétés autant de fois que souhaité par le contrôleur.

Au cours de ces démarrages aucune vibration anormale ne devra être constatée.

Pendant tous ces essais, il sera contrôlé le temps mis par le groupe pour obtenir le régime établi et, si possible, pour réassurer l'alimentation des installations.

Il sera également effectué :

- le contrôle de l'arrêt du groupe par création artificielle des défauts mécaniques:
  - \* pression d'huile anormale
  - \* élévation anormale de la température du liquide réfrigérant
  - \* température huile anormale
  - \* survitesse.
- le contrôle de l'arrêt du groupe par création artificielle des défauts électriques détectés,
- le contrôle du non démarrage lorsque la barre à virer, si elle est prévue, est absente de son logement de sécurité.

Enfin sur simple demande des Représentants de l'Administration, il pourra être procédé à tous les autres essais non prévus dans la liste ci-dessus, permettant de juger de la qualité de la fourniture.

### 7.1.5.5 Essais des (ou de l')armoire(s) de commande et contrôle des groupes

Ces armoires seront contrôlées dans la mesure du possible avec les groupes électrogènes.

Toutefois, si cette condition ne peut être réalisée, cette armoire sera contrôlée à l'aide d'un banc d'essai simulant les groupes et les capteurs.

Les essais comprendront essentiellement :

- le fonctionnement de l'automatisme
- la conformité aux documents de livraison,
- le contrôle de la filerie.

**Quelle que soit la solution retenue**, armoires testées avec groupe ou avec un simulateur, **l'Entrepreneur restera pleinement responsable du fonctionnement global** de ces équipements sur le site.

## 7.2 SPECIFICATIONS PARTICULIERES AUX EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

### 7.2.1 *Spécifications particulières aux équipements haute tension*

#### 7.2.1.1 Généralités

Ces spécifications concernent les équipements moyenne tension relatifs à la livraison d'énergie, au transport et à la distribution de celle-ci sur l'aérodrome.

Les tensions ci-après sont habituellement retenues pour la distribution d'énergie et pour la livraison :

30 kV - 20 kV - 15 kV - 6,6 kV - 5,5 kV.

Les tensions retenues pour le transport dans le cadre de l'aérodrome ont habituellement les valeurs suivantes:

1 kV - 3,2 kV - 5,5 kV - 6,6 kV.

Les valeurs des tensions retenues dans le cadre du dossier sont précisées dans les cahiers de prescriptions particulières.

#### 7.2.1.2 Spécifications

- Tension d'isolement
  - \* supérieure à 36 kV pour les matériels utilisés en 30 kV,
  - \* supérieure à 24 kV pour les matériels utilisés en 20 - 15 - 6,6 et 5,5 kV.

Toutes les cellules seront de type préfabriqué protégé d'un modèle existant sur catalogue; elles seront pourvues, sauf pour les cellules transformateurs, d'une isolation entre le jeu de barres et le compartiment inférieur,

- Le niveau de protection des cellules sera au minimum **IP 447 y compris pour la base sur laquelle elles reposent. Les passages vers caniveaux-trémies, busages etc. seront traités en conséquence**,
- Des résistances de chauffage seront prévues dans chacune des cellules (excepté pour les cellules transformateurs),

- Toutes les cellules seront équipées de voyants présence tension enfichables, à l'exception des cellules transformateurs,
- Les cellules pour transformateurs à isolement liquide, lorsqu'elles seront retenues, seront prévues en dimensionnement pour recevoir des unités de puissance immédiatement supérieures à celle fournie. Elles devront au moins pouvoir recevoir des transformateurs de 250 kVA,
- Les niveaux du diélectrique et thermomètre des transformateurs seront visibles de l'extérieur,
- De l'extérieur, il devra être possible de savoir si les appareils de coupure situés à l'intérieur d'une cellule sont en position "ouvert" ou "fermé".
- Tous les jeux de barre seront réalisés en cuivre enrobé,
- Il sera prévu des dispositifs de verrouillage par serrure robuste ayant pour but :
  - \* d'empêcher le fonctionnement en boucle fermée, des boucles HT
  - \* d'empêcher l'ouverture des portes des cellules MT si toutes les manœuvres d'isolement préalables n'ont pas été effectuées,
  - \* d'empêcher la fermeture en charge des sectionneurs de terre en les asservissant à l'ouverture préalable de l'interrupteur MT ou du disjoncteur BT correspondant,

Ces dispositifs seront installés en complément des éventuels **dispositifs existants qui seront mis en conformité**, si nécessaire.

Les conducteurs et jeux de barre seront repérés conformément aux normes par des teintes conventionnelles, bandes adhésives exclues.

L'équipement complémentaire ci-après sera prévu suivant les cas :

- Sectionneur de mise en court circuit et à la terre des têtes de câbles intéressées,

Il sera prévu sur chacune des cellules :

- Une plaquette gravée portant le numéro de la cellule, la désignation de l'appareillage intérieur et pour les cellules "arrivée-départ" les numéros ou repères des postes reliés par le câble,
- Une plaquette gravée indiquant l'ensemble des manœuvres à effectuer, soit avant l'ouverture des postes, soit avant l'ouverture des sectionneurs (ou interrupteurs),
- Un schéma synoptique (l'ensemble de ces différents schémas synoptiques représente le schéma du réseau M.T.).

Les schémas fournis avec les dossiers (unifilaire, etc.) donnent en général la composition des cellules HT. **Cette composition ne peut être qu'un minimum et ne doit pas dégager l'Entrepreneur de sa responsabilité en matière de sécurité et de fonctionnalité** (information, verrouillage, signalisation, discrimination des clés, reconstitution du neutre, mesure de l'isolement, etc.)

### Caractéristiques essentielles

Elles répondront aux normes CEI et UTE

- Calibre jeu de barre : 400 A
- Tension de service : définie au cahier des spécifications particulières
- Tension d'isolement : 36 ou 24 kV ou 7,2 kV

- Courant de court-circuit : 12,5 kA efficaces/1 seconde
- Coupure dans le SF6 : interrupteur et disjoncteur
- Coupure dans l'air ou le SF6 : sectionneur
- Transformateur de tension : secondaire 100/1,732
- Parafoudre variable : jeu de trois
- Commutateur de voltmètre à 4 positions
- Coupe circuit à haut pouvoir de coupure (H.P.C.) type: SOLEFUSE
- Bloc de contacts auxiliaires pour tous les appareils de protection et de manœuvre
- Transformateur à simple ou double enroulement - rapport du secondaire : 5 A
- Caisson basse tension
- Armement **des éventuels disjoncteurs, motorisé**
- Platine de point neutre et relais de surveillance, si nécessaire
- Relais homopolaires à temporisation et seuil réglables
- Relais de déclenchement à temporisation et seuil réglables
- serrures de sécurité à barillet
- Dispositif de condamnation par cadenas ,si nécessaire
- Plage de raccordement pour câbles secs minimum 25 mm<sup>2</sup> sauf indication contraire des cahiers des spécifications particulières qui précisera les caractéristiques des câbles raccordés.
- **L'énergie nécessaire au fonctionnement des divers dispositifs de protection devra être générée dans le local recevant les équipements concernés de façon à ce qu'ils soient autonomes.** L'alimentation et le mode de fonctionnement retenus devront être fiables et la sécurité toujours assurée (NFC 13 100).

**NOTA :** Emplacement des parafoudres

Les plans des cellules indiquent en général que les parafoudres sont placés dans les cellules. Selon les recommandations du constructeur, ils seront intégrés dans ces cellules ou mis dans des cellules indépendantes. Dans ce dernier cas, les cellules complémentaires devront **être prévues et juxtaposées mais non superposées** aux cellules arrivée ou départ.

Cellules 3200 et 1 000 volts

Les spécifications relatives à ces cellules pourront être simplifiées. **Ces matériels devront cependant rester conformes aux normes**, en particulier pour ce qui concerne les règles de sécurité, et seront soumis à l'accord de l'Administration avant fabrication.

*7.2.2 Spécifications particulières relatives aux équipements basse tension*

*7.2.2.1 Armoires basse tension*

Elles répondront aux spécifications ci-après :

- Indépendance des matériels électriques pour éviter toute influence mutuelle nuisible conformément à l'alinéa 515 de la NFC 15 100. En particulier les réseaux pré-lancé, différé, continu, non secourus, etc. seront séparés (armoires différentes)

- Cellules constituées par un ensemble d'armoires closes, rigidement assujetties entre elles, comportant plusieurs compartiments juxtaposés verticalement,
- Les panneaux arrières devront permettre un accès aisé aux équipements: fermeture par clés, boulons ou vis,
- Les jeux de barres seront en cuivre ou en aluminium, **le métal retenu étant précisé** dans l'offre de l'Entrepreneur,
- Les liaisons seront en cuivre,
- Il sera procédé à un repérage des phases du neutre par une différenciation de couleur suivant les teintes conventionnelles ou numérotage 1, 2, 3 N (**les bandes adhésives seront exclues**) conformément aux normes en vigueur,
- Il sera procédé à un repérage équipotentiel de toute la filerie,
- Une plaquette gravée précisant **le circuit considéré et la fonction de l'organe intéressé** sera fixée sur la façade avant,
- Les jeux de barres et les parties actives devront être convenablement protégés de manière à permettre les opérations de maintenance courante, sous tension. Le degré de protection sera au minimum IP 547. La protection sera complétée par emploi de matériel de classe II ou isolation équivalente.

Tous les raccordements, qu'ils soient de puissance ou qu'ils concernent les équipements auxiliaires, **seront regroupés sur des borniers**. Ces borniers devront être **facilement accessibles** (en général **en partie basse du tableau**). Les bornes devront être de dimension suffisante pour les puissances maximum transitées ; elles seront correctement repérées et facilement identifiables.

- Sur chaque câble, à la sortie du tableau, une étiquette gravée précisera la nature et la section du câble ainsi que le circuit alimenté,
- Sur chaque appareil de commande et sur chaque groupe de fusibles ou relais ou accessoires divers, il sera prévu une étiquette portant l'indication du circuit alimenté ou protégé,
- Pour chaque appareil de commande (interrupteur, disjoncteur etc.) la coupure sera apparente et visible de l'extérieur sans ouverture de l'armoire. Les disjoncteurs généraux et les principaux appareils de commande seront équipés de voyants lumineux,
- **Les disjoncteurs de calibres supérieur ou égal à 250 A et les disjoncteurs généraux seront débroschables,**
- Les autres disjoncteurs seront de type déconnectable, sauf précision contraire du cahier des prescriptions particulières,

Toutes les étiquettes seront constituées d'un matériel inoxydable, et fixées par vis en matériau inoxydable également.

**NOTA** : Les intitulés se feront dans la mesure du possible en lettres noires sur fond clair. Les affectations des départs sont données à titre indicatif et sont susceptibles d'être modifiées sur le site. Les étiquettes relatives aux réserves, ou aux départs non affectés seront fournies, fixées mais non gravées. Les entraxes de perçage pour fixation des étiquettes seront identiques, de façon à ce que celles-ci soient facilement permutables.

#### Gaines à barres

Cet équipement, lorsqu'il est utilisé, est destiné à relier les transformateurs de puissance au tableau basse tension.

### Caractéristiques

- Enveloppe métallique fermée ou capot de protection
- Jeu de barres tétra polaire en cuivre
- Section des barres à définir
- Raccordement : boulonné
- Isolation : par serre-barres en matière isolante
- Tension de service 230/400 V
- Tension nominale : 440 V.

#### 7.2.2.2 Appareillage Basse tension

##### 1 - Disjoncteurs et protections BT

Tous les disjoncteurs installés sont de type industriel (NFC 63.120), ils sont débroschables ou déconnectables. Il sera attaché une importance toute particulière à la sélectivité et à la coordination des protections afin d'éviter des déclenchements intempestifs. **Les caractéristiques des appareillages et protections devront tenir compte, des pointes de courant à l'enclenchement des transformateurs, et également du fait que les réseaux secourus peuvent être alimentés, soit par transformateur (réseau distributeur), soit par une source autonome (groupe électrogène).** Les protections seront également adaptées au type de schéma des liaisons à la terre retenu (IT, TT TN).

Tous les disjoncteurs de protection sont de type magnétothermique.

Leur pouvoir de coupure sera en rapport avec les installations amont et l'impédance des circuits et prendra en compte les possibilités de fonctionnement sur secteur et sur groupe électrogène.

La coupure sera apparente et visible de l'extérieur sans ouverture des armoires (voyant vert mécanique). Ils seront compensés en température et munis de détrompeurs de calibres. Les auxiliaires seront aisément remplaçables.

La partie fixe sera convenablement protégée contre les contacts accidentels.

##### 2 - Inverseurs de sources

Les dispositifs d'inversion seront constitués de contacteurs ou d'interrupteurs à commande électrique interverrouillés mécaniquement et électriquement. Ces dispositifs seront, si demandé au cahier des spécifications particulières, équipés de commandes manuelles permettant un fonctionnement forcé en cas d'incident sur l'ensemble commande électrique. Le temps de coupure engendré par le battement des contacteurs devra être inférieur ou égal à 0,2 s.

##### 3 - Relais

Tous les relais pourront être regroupés sur un même support à condition que leur implantation et leur repérage soient correctement réalisés et permettent une intervention aisée et rapide.

Les relais sont munis de détrompeurs en fonction de la tension des bobines.

**Il sera porté une attention particulière à la tropicalisation des relais et à leur fiabilité aux conditions de fonctionnement imposées.**

Les relais utilisés devront être d'une marque couramment répandue sur le marché et posséder au moins un équivalent sur ce marché. **Pour une installation donnée on s'efforcera de retenir une marque unique et d'uniformiser au maximum les relais utilisés.**

##### 4 - Protection et contrôle

Ces fonctions seront assurées par les relais ci-après associés à l'automatisme:

- Relais statique à retour de puissance active si demandé au cahier des spécifications particulières (cas où le couplage des groupes est réalisé ou envisagé).
- Relais statique de contrôle de l'ordre de succession des phases, du déséquilibre des tensions et coupure d'une ou plusieurs phases.
- Relais statique à minimum et maximum de tension assurant la surveillance et le contrôle du réseau et des groupes, à action temporisée afin d'éviter des démarrages intempestifs des groupes lors de variations transitoires rapides.
- Relais statiques à minimum et maximum de fréquence assurant la surveillance et le contrôle du réseau secteur et des groupes à action temporisée également.
- Les relais statiques à minimum et à maximum de tension et de fréquence seront réglables dans les limites définies par ailleurs. Les valeurs normales de fonctionnement (50 Hz/ 220 - 230 - 380 - 400 V etc.) seront clairement indiquées. Les fourchettes de réglage seront bien repérées et exprimées en pourcentage de la valeur nominale retenue. Si un dispositif auxiliaire (générateur de tension stabilisée, etc.) est nécessaire pour procéder aux divers réglages ou recalages, **ce dispositif sera obligatoirement fourni avec les relais.**

Toutes les entrées des relais ci-dessus seront découplées par transformateur d'isolement.

Ces relais seront constitués de circuits imprimés placés sur platine sous capot rigide et éventuellement regroupés, ils devront fonctionner de manière fiable aux conditions climatiques imposées.

## 5 - Appareils de mesure et de comptage

### a) Appareils de mesure

Ils devront satisfaire à la norme NCF 42-100. Tous les appareils indicateurs de tableau auront les caractéristiques générales suivantes :

- classe de précision : 1,5
- échelle : sensiblement linéaire
- déviation : 250°
- cadran : 72 x 72 mm<sup>2</sup>
- repère de l'unité mesurée : A, V ...
- mise à zéro réglable de l'avant
- face entièrement transparente

Les échelles retenues seront correctement choisies de façon à permettre des **lectures significatives**.

Les ampèremètres seront appareillés avec des transformateurs d'intensité limitant le courant à 5 ampères pour une déviation totale. Les **calibres des ampèremètres** seront adaptés aux intensités maximum **effectivement transitées**, et non aux possibilités maximum des jeux de barres.

### b) Compteurs

Ils seront conformes aux recommandations CEI publication 170 et aux spécifications techniques HN 40 S 40 d'électricité de France.

Tous les appareils seront de :

- grande précision

- fidèles
- robustes

Leur précision sera toujours meilleure que 1%.

Tous les circuits "intensité" seront limités à 5 A par le rapport des transformateurs de courant.

Les circuits seront pris à partir de transformateurs de potentiel donnant au secondaire  $100\sqrt{3}$ .

Il sera retenu des modèles pour installation sur tableau.

c) Boîtes d'essais

Des boîtiers d'essai seront fournis pour chaque type d'équipements proposés.

Ces boîtiers seront du type conventionnel. Ils offriront un brochage permettant le raccordement.

Il sera fourni pour chaque, un connecteur de mesure. Les boîtiers d'essais devront être portables.

d) Convertisseurs de mesure

Ils seront placés dans les armoires d'automatisme

Ils seront fournis en boîtier plombable. Ils offriront une grande précision, une haute fidélité et une bonne protection contre les surcharges importantes.

Caractéristiques

- sortie : 4 à 20 mA
- linéarité < 0,5%
- temps de réponse < 0,5 seconde
- source auxiliaire : 48 V - CC
- tension d'essai diélectrique : 200 V - 50 Hz.

7.2.2.3 Répartiteurs courants faibles

Les répartiteurs courants faibles doivent répondre aux spécifications concernant les matériels BT ; ils comprennent:

- des armoires de répartition télécommande fermées ou des coffrets assurant la même fonction selon le volume d'informations à traiter,
- des bâtis ou sous répartiteurs éventuels type téléphonique pour les liaisons internes.

a) Armoires et coffrets

Ces équipements seront équipés d'un éclairage interne dont le fonctionnement sera associé à l'ouverture des portes, et d'une pochette porte-plans.

En fonction des besoins et des emplacements disponibles, il pourra être prévu, soit un coffret mural, soit une armoire unique, soit plusieurs armoires identiques accolées.

Les armoires ou coffrets mis en place seront largement dimensionnés de façon à permettre une **extension éventuelle d'au moins 20% de leur capacité** de protection et brassage, par l'adjonction des équipements correspondants.

Ces armoires ou tableaux doivent permettre les raccordements arrivées et départs des câbles télécommandes, le brassage ou le pontage entre conducteurs, les mesures sur les conducteurs et les mises à la terre, lorsque nécessaire. Pour cela ils seront équipés:

- en partie gauche, d'un ensemble de supports juxtaposés verticalement et destinés à recevoir les cartes de protection,
- en partie droite et en vis à vis des supports ci-dessus, des équipements destinés à réaliser les fonctions de coupure, mesure et pontage qui devront être assurées individuellement pour chaque conducteur,
- en partie centrale, de goulottes ou anneaux guide fil destinés à guider les conducteurs de brassage,
- de trolleys et de câbles de mise à la terre,
- de dispositifs placés sur ou à proximité de chaque support (protection et mesure) et permettant un repérage bien visible et permanent de tous les départs et arrivées.

Tous les départs et arrivées vers l'extérieur seront protégés. La protection sera assurée par des cartes enfichables à raison d'une carte par conducteur ou par paire de conducteurs.

Ces cartes seront constituées de circuits imprimés montés individuellement sur un module support. La protection sera assurée par éclateurs parafoudres et composants semi-conducteurs associés et complétés si nécessaire par fusibles. Le fusible, lorsqu'il sera prévu, devra être déconnectable et facilement remplaçable.

Chaque carte pourra assurer la protection d'un conducteur ou d'une paire.

Les circuits imprimés seront conforme aux prescriptions des standards CCITT.

Les circuits imprimés seront équipés d'un système de détrompage. Ils pourront assurer trois fonctions essentielles:

- \* continuité
- \* mise à la terre
- \* protection contre les surtensions

Il sera prévu différents niveaux de protection adaptés aux caractéristiques des circuits protégés. Les différents types de cartes devront être facilement différenciables et équipés de détrompeurs si une confusion dans l'emploi des diverses cartes risque d'entraîner une dégradation des équipements protégés.

#### Constitution des cartes

- Chaque circuit comprendra au minimum
- un éclateur
- des varistors ou diodes bidirectionnelles
- des inductances
- un point flash.

#### Caractéristiques des cartes

- tension nominale : 24 V - 48 V - 110 V CC etc...
- courant de fonctionnement  $>$  ou  $=$  500 mA
- courant de décharge de l'éclateur: 20kA (onde 8/20  $\mu$ s)
- tension continue d'amorçage  $<$  4 Un
- tension de choc d'amorçage  $<$  800 V

### b) Bâtis de répartiteur

Ces répartiteurs seront constitués d'éléments métalliques formant une charpente et de profilés recevant des réglettes et des borniers. Plusieurs bâtis pourront être accolés. Ces profilés équipés seront en nombre pair permettant le raccordement des câbles venant de l'extérieur et le brassage entre eux.

Les bornes seront du type à couteau.

Les câbles seront maintenus par un dispositif approuvé : anneaux guide fil, attaches, etc..

### c) Sous répartiteurs

Ils seront du type agréé PT. Ils seront constitués d'une enveloppe métallique et d'un socle supportant une réglette de coupure.

#### 7.2.2.4 Condensateurs de compensation d'énergie réactive

Les batteries de condensateurs pourront être à mise en service manuelle ou du type à gradins avec commande varhométrique. Les dispositions à retenir seront précisées au cahier des spécifications particulières.

Conformes à la norme française C 54 400 et aux normes CEI (Internationale Publication 70) ces condensateurs auront les caractéristiques essentielles ci-après :

- Auto-régénération en cas de défaut électrique interne avec rétablissement d'un niveau d'isolement correct,
- Imprégnation diélectrique biodégradable,
- Pertes diélectriques faibles; facteur de perte  $< 6.10^{-3}$ ,
- Consommation  $< 0,6$  W par kVAR,
- Protection interne de surcharge et température,
- Ininflammabilité,
- Stabilité et faible variation de capacité avec température,
- Surtension d'exploitation : 10%
- Surtension de courte durée admissible : 20% pendant 5 mN,
- Protection par disjoncteur ou contacteur associé à fusibles HPC,
- Selfs ou résistances de choc en fonction des puissances de batteries installées.

#### 7.2.2.5 Chargeurs et batterie d'accumulateurs

Les ensembles chargeur batteries seront de deux types :

- Ceux destinés à l'alimentation des dispositifs d'automatisme, commande et contrôle,
- Ceux destinés au démarrage des groupes électrogènes.

#### A/ Ensemble pour automatisme - contrôle - commande

##### Généralités

Dans ce cas, les batteries retenues seront du type alcalin ou au plomb étanche suivant les indications données au Cahier des Prescriptions Particulières, et il sera prévu deux ensembles batterie, chargeur régulé identiques fonctionnant en secours mutuel. Chaque ensemble devra avoir une capacité suffisante pour alimenter les besoins pendant 8 heures (coupure de l'énergie secourue).

Si elle n'est pas précisée dans les prescriptions particulières, la tension continue retenue sera le 48 volts (autre possibilité : le 24 volts). La tension retenue devra permettre d'assurer des télécommandes et contrôles fiables malgré les distances importantes, avec un minimum de re-layages auxiliaires. L'Entrepreneur fera connaître les difficultés éventuelles rencontrées.

### Définition des chargeurs

#### Fonctionnement

Chaque chargeur comportera 2 systèmes automatiques et un régime manuel et devra permettre :

- a) L'alimentation automatique d'un circuit et l'entretien de la batterie pendant la marche normale : fonctionnement et floating,
- b) la recharge automatique de la batterie d'accumulateurs après décharge consécutive à l'arrêt secteur et l'alimentation de l'utilisation.

La commutation du régime de charge se fera automatiquement après absence secteur pendant une durée déterminée réglable. Le temps de charge sera également réglable.

- c) l'égalisation et la mise en service en régime manuel.

#### Caractéristiques

- Tension aux bornes de l'utilisation maintenue à 1% près pour des variations de secteur de + ou - 6 à 15% et des variations de charge de 0 à 100%,
- Tension aux bornes de l'utilisation maintenue à 0,5% près pour des variations cumulées
  - du débit de 0 à  $I_n$
  - de la tension d'alimentation de + ou - 10%
  - de la fréquence nominale de + ou - 4 Hz.
- Limitation électronique d'intensité à la valeur nominale (permettant un fonctionnement permanent en court circuit),
- Dispositif de charge de la batterie du type régulé à tension constante et courant de charge limité compatible avec les caractéristiques de la batterie associée.
- Dispositif d'alimentation du circuit d'utilisation.

Il est rappelé que celui-ci alimente à partir d'une tension continue n'admet aucune coupure même fugitive.

- Filtrage au 1/100<sup>ème</sup>.

#### Description

Le chargeur comporte en particulier :

- Mesure de l'isolement et indication de défaut
- Fusibles cotés alternatif et continu
- Ampèremètre "Débit redresseur"
- Ampèremètre "charge/décharge"
- Voltmètre "Tension - Batterie"
- Relais de défaut de terre
- Voyant de signalisation : présence secteur marche, défaut

- Borniers pour télésignalisation (P.T, défaut, etc.)
- Commutateur de choix : arrêt, manuel (à débit réglable avec repères correspondants) automatique. La position "égalisation" sera temporisée même en manuel,
- Un disjoncteur temporisé aux bornes de la batterie,
- Un relais voltométrique tension-batterie "trop bas" avec voyants de signalisation et renvoi à distance des indications de défaut et arrêt de débit batterie,
- Potentiomètre de réglage des tensions de Floating et de charge ajustage + ou - 10% autour de la valeur nominale,
- En marche manuelle, potentiomètre de réglage de tension de sortie de redresseur tout en conservant la limitation de courant.

### Commutation entre ensembles

L'alimentation des besoins pourra être assurée à partir de l'un quelconque des ensembles chargeur-batterie par commutation automatique.

Les deux ensembles pourront être utilisés en redondance active ou séparément en secours mutuel. Un commutateur de choix permettra de définir le mode de fonctionnement choisi et l'ensemble utilisé en prioritaire. En cas d'apparition d'un défaut sur un ensemble le transfert de l'utilisation s'effectuera vers l'ensemble disponible, l'équipement en défaut sera mis hors service et le défaut sera affiché. Le transfert devra se réaliser sans coupure de la tension continue d'utilisation (chevauchement temporisé, diodes, etc.).

### B/ Ensemble pour démarrage des groupes

Il sera prévu pour chaque groupe un ensemble chargeur batterie de démarrage. Les batteries seront du type plomb. Les matériels auront les caractéristiques prévues par le fabricant des groupes, ils devront tenir compte de la possibilité de démarrage fréquents des moteurs (capacité demandée : 10 démarrages successifs).

Le chargeur aura des caractéristiques simplifiées par rapport aux alimentations de l'automatisme décrites précédemment, les principales simplifications porteront sur :

#### a) Fonctionnement

- 1 régime automatique : charge-entretien
- 1 régime manuel pour égalisation et mise en service.

#### b) Caractéristiques

- filtrage standard adapté aux caractéristiques de la batterie de démarrage associée.

Le chargeur comportera obligatoirement une protection par fusibles incorporés et des indicateurs de débit et tension côté continu.

### 7.2.2.6 Alimentation statique sans coupure (onduleur)

Ce matériel permet l'alimentation de besoins à partir d'un réseau en protégeant l'équipement alimenté de toutes les perturbations du réseau (microcoupures, surtensions, baisse de tension ou de fréquence, etc.)

L'alimentation statique peut-être monophasée ou triphasée, elle se compose des éléments ci-après :

- une protection antiharmoniques et parasites efficace quelle que soit la charge de l'onduleur,

- un chargeur-redresseur réglé transformant la tension alternative primaire en tension continue destinée à assurer l'alimentation du mutateur et la charge de la batterie d'accumulateurs tampon,
- un mutateur qui transforme la tension continue fournie par le chargeur ou par les accumulateurs en tension alternative sinusoïdale monophasée ou triphasée,
- une batterie d'accumulateurs électriques qui assure une réserve d'énergie destinée à alimenter le mutateur en cas de disparition du réseau normal d'alimentation,
- un étage by-pass, à contacteur statique, permettant de court-circuiter l'ensemble chargeur/mutateur, sans coupure ou altération de la tension transférée, en cas de défaut sur l'un des éléments du système ou de surcharge de celui-ci,
- un by-pass manuel permettant d'isoler l'ensemble pour en assurer la maintenance, en dérivant l'énergie sans coupure sans altération de la tension transférée,
- un transformateur d'isolement placé dans les circuits by-pass, si nécessaire, pour séparation des régimes de neutres,
- un système de commande et de surveillance électronique avec affichage permettant de réaliser les fonctions suivantes:
  - \* les commandes marche/arrêt du redresseur chargeur et du mutateur et l'autotest de l'onduleur,
  - \* les signalisations des états de fonctionnement de la chaîne d'alimentation et de l'alarme générale,
  - \* l'indication sur l'état de charge de la batterie d'accumulateurs, les position des by-pass et toutes alarmes ou anomalies de fonctionnement,
  - \* les mesures de tension, courant et fréquence des réseaux d'entrée et sortie ainsi que tension, courant des batteries d'accumulateurs,
- une possibilité de report à distance (borniers) des principales informations, en particulier:
  - \* alarme générale,
  - \* pré alarme "fin d'autonomie imminente",
  - \* fonctionnement sur réseau,
  - \* fonctionnement sur batterie,
  - \* position des organes de manœuvre et protection.

### Caractéristiques

- Ensemble composé de cellules préfabriqués, IP 315 au minimum
- Tension d'entrée : 230 V monophasé ou 230/400 V + ou - 10%
- Tension de sortie : 230 V monophasé ou 230/400 V + ou - 1 %
- Fréquence de sortie : 50 Hz + ou - 1 %,
- Taux de distorsion < 4 %
- capacité de surcharge:
  - \* 125 % de la puissance nominale pendant 10 mn
  - \* 150 % de la puissance nominale pendant 1 mn

- \* limitation du courant à 1,50 In pendant 1 s.
- rendement:
  - \* à 50 % de charge: au moins égal à 89 %
  - \* à 75 % de charge: au moins égal à 90 %
  - \* à charge nominale: au moins égal à 90 %
- tension de sortie en régime dynamique:
  - \* impact de charge de 25 % à 100% : + ou - 10 %
  - \* impact de charge de 100 % à 25% : + ou - 10 %
- bruit: inférieur à 60 dBA à 1 m
- dégagement calorifique: inférieur à 8 % de la puissance nominale,
- Autonomie et puissance de sortie : précisées au cahier des prescriptions particulières
- Types d'accumulateurs : précisé au cahier des prescriptions particulières. Durée de vie garantie, au moins égale à 5 ans,
- Tous les circuits seront protégés,
- Tous les équipements électriques seront montés sur cartes enfichables,

L'onduleur sera ventilé par ventilateur à faible niveau de bruit.

### 7.2.3 *Spécifications particulières aux transformateurs de puissance*

Ces transformateurs pourront être du type soit abaisseur soit élévateur. Leur puissance et leurs tensions primaire et secondaire seront définies pour chaque transformateur dans la partie relative aux prescriptions particulières. Les couplages seront sauf précision contraire des cahiers des spécifications particulières, normalisés, à savoir : couplage étoile/zigzag neutre sorti pour les puissances inférieures ou égales à 160 kVA ; couplage triangle-étoile neutre sorti pour les puissances supérieures à 160 kVA.

Tous les enroulements seront réalisés en cuivre.

Les transformateurs répondront aux spécifications ci-après :

#### A/ Transformateurs à isolement liquide

##### 1.- Transformateurs utilisés en cellules protégées

- Prises 0, + 2,5% et + 5% (commutateur manœuvrable hors tension pour tous les transformateurs)
- Neutre sorti en BT
- Fréquence 50 Hz
- Isolement liquide et refroidissement par circulation naturelle d'un diélectrique liquide ininflammable et biodégradable
- Pertes extra-réduites
- Conservateur
- Doigt de gant avec thermomètre sans contact
- Galet de roulement

- Plaque signalétique
- Vanne de vidange
- Niveau de diélectrique visible
- Deux bornes de mise à la terre
- Thermostat à deux contacts

**NOTA** : Ces contacts seront câblés de manière à signaler puis déclencher les appareils de protection à la suite d'une élévation anormale de la température du transformateur (à définir avec le constructeur).

## 2.- Transformateur à bornes embrochables

Ces transformateurs devront répondre aux spécifications ci-après :

- Prises 0, + 2,5% et + 5% (par commutateur manœuvrable hors tension).
- Neutre sorti en BT
- Fréquence 50 Hz
- Isolement liquide et refroidissement par circulation naturelle d'un diélectrique liquide inflammable et biodégradable.
- Remplissage total
- Doigt de gant avec thermomètre sans contact
- Galets de roulement
- Plaque signalétique
- Vanne de vidange
- Bloc relais de protection détectant :
  - les dégagements gazeux
  - les baisses de niveaux du diélectrique
  - une surpression
  - une élévation anormale de la température (2 seuils)
- Bornes de mise à la terre
- Traversée MT embrochables hors tension
- contre les contacts directs avec verrouillage.

## B/ Transformateurs à isolement dans l'air

Transformateurs utilisés en cellules protégées.

- prises 0, + 2,5% et 5% (commutateur manœuvrable hors tension pour tous les transformateurs)
- neutre sorti en BT
- fréquence 50 Hz
- isolement : transformateur enrobé à isolement l'air
- échauffement :

- classe F : enroulement HT
  - classe H : enroulement BT
- refroidissement naturel
  - habillage : IP315
  - pertes extra-réduites
  - bornes embrochables HT
  - thermomètre sans contact
  - galets de roulement
  - plaque signalétique
  - deux bornes de mise à la terre
  - thermostat à deux contacts

**NOTA** : Ce dernier fournira deux informations correspondant à deux seuils qui seront déterminés par le constructeur. L'un des contacts est destiné à fournir une information d'alarme et l'autre à la mise hors tension du transformateur en conséquence d'un échauffement anormal.

- sortie BT protégée contre les contacts direct
- anneaux de levage.

#### C/ Transformateurs de sécurité

Ces transformateurs permettent d'obtenir les tensions de sécurité 24 et 48 V à partir d'un réseau triphasé 220 V ou 380 V. Les transformateurs de sécurité éventuellement fournis seront conformes à la norme NFC 52 - 210 et du type protégé.

- Echauffement : classe E + classe 1 - IP 207

#### D/ Transformateurs d'isolement

Ces transformateurs permettent en particulier de limiter les dangers dus à des défauts d'isolement et d'assurer la séparation de réseaux à types de neutres différents. Les transformateurs d'isolement éventuellement fournis seront conformes à la norme NFC 52.220 et du type protégé.

#### 7.2.4 *Régulateur de tension*

Ce matériel a pour objet de fournir une tension stabilisée lorsqu'il est alimenté par un réseau soumis à des fluctuations de tension et ceci quelles que soient les variations de fréquence, du facteur de puissance, de charge et de tension d'entrée dans les limites fixées.

Les régulateurs seront du type électromécanique à servomoteur et balance électronique pour les puissances importantes (>15 kVA). Ils peuvent être monophasés ou triphasés, (précisé au cahier des prescriptions particulières). **Dans ce dernier cas le contrôle s'effectue sur chaque phase, le régulateur fournit une tension stabilisée par phase.**

#### Caractéristiques

- distorsion harmonique nulle
- tension de sortie en phases avec la tension d'entrée
- rendement élevé > 95%

- réglage progressif de la tension
  - isolement et refroidissement dans l'huile.
- a) Caractéristiques électriques (suivant cahier des spécifications particulières)
- tension d'entrée : 220/380 V ou 230/400 V + ou - 15%
  - tension de sortie : 220/380 V ou 230/400 V + ou 2%
  - fréquence : 50 Hz
  - puissance indiquée au cahier des prescriptions particulières.

Les autres caractéristiques seront comparables à celles des transformateurs statiques à prises multiples.

- b) Caractéristiques mécaniques
- équipement : à réglage électromécanique
  - réglage : par curseur et balais
  - fonctionnement: continu
  - montage : sur châssis rigide
  - protection : par capot
  - déplacement : par roulettes

**NOTA** : Tout régulateur sera prévu avec un "by-pass" permettant de le court-circuiter.

### 7.2.5 Absorbeur d'onde

Cette protection se présentera en coffret. Elle assurera une protection absolue et assurera une tension résiduelle très faible.

#### Constitution

- Parafoudres (éclateurs) sur neutre et phases
- Inductances couplées
- Transformateurs de séparation avec :
  - Tension d'entrée
  - Tension de sortie à point milieu à la terre.

#### Caractéristiques

- Courant nominal de décharge : > 5 kA (Onde 8/20  $\mu$ s)
- Courant maximum admissible : > 20 kA
- Tension résiduelle maximum sous courant nominal de décharge 500 V
- Chute de tension interne : < 3% à pleine charge.

### 7.2.6 Essais spécifiques aux matériels électriques

#### 7.2.6.1 Essais sur les ensembles MT

#### Généralités

Le matériel pourra subir tous les essais individuels et vérifications prévus aux normes de l'UTE.

Le contrôleur de l'Administration pourra procéder à tout essai complémentaire qui paraîtra nécessaire (essais de type).

#### Essais et vérifications individuels

- Essais de tension à sec à fréquence industrielle
- Essais de tension des circuits auxiliaires
- Essais de fonctionnement mécanique
- Essais des dispositifs auxiliaires
- Vérification de la filerie.

#### Essais complémentaires (essai de type)

En outre, sur demande du contrôleur de l'Administration, il pourra être procédé à l'un ou plusieurs des essais suivants :

- Essais de tension à sec en onde de choc
- Essais d'échappement
- Essais des circuits principaux au courant de courte durée
- Essais des circuits de terre au courant de courte durée
- Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure
- Vérification des pouvoirs de fermeture et de coupure
- Vérification des degrés de protection des personnes contre l'approche dangereuse des pièces sous tension et des pièces en mouvement
- Essais en condition climatique tropicale.

Valeurs des tensions d'essais diélectriques :

Nominale efficace	tension maintenue nominale au choc de foudre (valeur crête)		tension de tenue nominale à fréquence industrielle durant une minute (val. eff.)	
	à la terre entre pôles sur la distance d'ouverture des disjoncteurs	sur la distance de sectionnement des sectionneurs	à la terre entre pôles sur la distance d'ouverture des disjoncteurs	sur la distance de sectionnement des sectionneurs
24 kV	125 kV	145 kV	50 kV	60 kV

36 kV	170 kV	195 kV	70 kV	80 kV
-------	--------	--------	-------	-------

### 7.2.6.2 Essais sur les ensembles BT

#### Généralités

Les ensembles BT, conformes à la norme UTE : 63410, pourront subir tous les essais individuels et vérifications prévus par cette norme.

Le contrôleur pourra procéder à tout essai complémentaire qui lui paraîtra nécessaire.

#### Essais et vérifications individuels

- Vérification de la conformité aux documents de livraison, contrôle de la filerie et, si nécessaire, essai de fonctionnement électrique,
- Contrôle des mesures de protection et de la continuité électrique du circuit de protection,
- Contrôle des distances d'isolement et des lignes de fuites,
- Essai des qualités diélectriques,
- Essai de fonctionnement mécanique.

#### Essais complémentaires (essais de type)

En outre, sur la demande du contrôleur de l'Administration, il pourra être procédé à l'une ou plusieurs des vérifications suivantes :

- Vérification des limites d'échauffement,
- Vérification de la tenue aux courts-circuits
- Vérification de la non propagation de la flamme,
- Essais en conditions climatiques tropicales,

### 7.2.6.3 Essais des transformateurs de puissance et des régulateurs de tension

#### Généralités

Tous les transformateurs (NF 52100) et régulateurs pourront subir tous les essais individuels et vérifications prévus et tout essai complémentaire qui paraîtront nécessaires.

#### Essais et vérifications individuels

- Mesure de la résistance des enroulements,
- Vérification des sens relatifs du bobinage, du schéma des connexions entre enroulements et bornes, du rapport de transformation,
- Mesure des pertes dues à la charge et des tensions de court-circuit (4% jusqu'à 630 kVA),
- Mesure des pertes et du courant à vide,
- Epreuves diélectriques à fréquence industrielle.

#### Essais complémentaires (essais de type)

- Essais de tenue au choc (examen des mesures effectuées par le constructeur sur le même type de transformateur),

- Essai à pleine charge au régime spécifié, comprenant la mesure des échauffements.

#### Essais spéciaux

- Mesure des courants d'appel
- Essai de tenue aux courts-circuits
- Mesure de l'impédance homopolaire,
- Mesure de bruit.

#### 7.2.6.4 Essais sur les chargeurs, redresseurs et onduleurs

Les "matériels" destinés à la charge des batteries et à l'alimentation des besoins en courant continu ou en courant alternatif pourront subir tous les essais individuels et vérifications prévus par les normes UTE.

En outre, le contrôleur pourra procéder à tout essai complémentaire qui lui paraîtra nécessaire.

#### Essais et vérifications individuels

- Vérification de la conformité aux documents de livraison et examen mécanique,
- Essai de fonctionnement électrique (circuit principal et auxiliaire),
- Relevé de la caractéristique tension continue - courant continu et vérification relative à la variation de tension corrigée pour les chargeurs,
- Analyse de la tension délivrée par l'onduleur,
- Contrôle des mesures de protection,
- Essais des qualités diélectriques,
- Vérification des divers régimes de fonctionnement,
- Vérification des caractéristiques,
- Mesure de rendement.

#### Essais complémentaires (essais de type)

En outre, sur la demande du contrôleur de l'Administration, il pourra être procédé à l'une ou plusieurs des vérifications suivantes :

- Vérification des limites d'échauffement,
- Mesure des composantes alternatives du côté continu,
- Essais en condition climatique tropicale,
- Mesure sur charge synthétique ou réelle.

### 7.3 SPECIFICATIONS PARTICULIERES RELATIVES AUX CABLES

#### 7.3.1 *Câbles énergie "moyenne tension"*

Ces câbles sont conformes à la norme EDF NR HN 33.S.22 et aux normes UTE s'y rapportant. Ces câbles pourront recevoir un tube plomb si nécessaire et si le cahier des spécifications particulières le précise.

Tous ces câbles doivent pouvoir supporter une température ambiante supérieure ou égale à 45°C, et une immersion prolongée.

Les gaines extérieures seront systématiquement traitées fongicide et anti-termites.

On distinguera 4 types de câbles selon les conditions d'emploi :

- Câble tripolaire à "champ radial" armé,
- Câble tripolaire à "champ radial" armé avec gaine plomb,
- Câble tripolaire à "ceinture" armé,
- Câble tripolaire à "ceinture" armé avec gaine plomb.

#### 7.3.1.1 Câble tripolaire à "champ radial" armé avec gaine plomb

##### A/ Constitution

- Ame : câblée, circulaire en cuivre nu, conforme aux normes UTE, NR NFC 32010, 32012 ou NFC 32013,
- Ecran semi-conducteur sur âme,
- Isolant : PRC ou EPR,
- Ecran : ruban semi-conducteur ou couche d'un mélange semi-conducteur extrudé ou enduit semi-conducteur ou combinaison de ces matériaux,
- Ecran métallique : un ou plusieurs rubans en cuivre recuit à recouvrement,
- Bourrage central et gaine formant bourrage extrudés en PCV ou mélangé élastomère vulcanisé ou non,
- Gaine plomb, continue selon norme 32050 - 33100,
- Matelas : bandes de papier imprégné, enroulées à recouvrement ou gaine extrudée en PCV,
- Armure : feuillards d'acier selon la norme NF-C 32050,
- Gaine : extrudée en PCV (de préférence rouge) fongicide et anti-termites.

##### B/ Caractéristiques électriques

- Tension spécifiée : 12/20 kV
- Tension d'utilisation : tension du réseau public de distribution soit 15 kV ou 20 kV

SECTION	RESISTANCE (20°)		INTENSITE		RIGIDITE DIELECTRIQUE
	(mm <sup>2</sup> )	d'isolement (Mohm/km)	linéique (ohm/km)	Air libre (A)	enterré(A)
35	> 600	< 0,524	165	200	30 - essai 36 - contrôle
50	> 600	< 0,387	195	235	30 - essai 36 - contrôle

C/ Caractéristiques dimensionnelles

SECTION mm <sup>2</sup> )	DIAMETRE EXT. APPROXIMATIF (mm)	MASSE (kg/km)
35	64,8	9459
50	66,5	9474

7.3.1.2 Câble tripolaire à "champ radial" armé

Mêmes caractéristiques que le câble précédent mais sans la gaine plomb.

7.3.1.3 Câble tripolaire à ceinture (6/6 kV) armé avec gaine plombA/ Constitution

- Ame : câblée, circulaire ou sectorale en cuivre nu conforme aux normes UTE NR NFC-3210 et 32012 ou NFC 32013
- Isolant : PCV ou EPR
- Bourrage : bourrage central et gaine formant bourrage extrudés en PCV ou mélange élastomère vulcanisé ou non,
- Ecran : ruban semi-conducteur ou couche d'un mélange semi-conducteur extrudé ou combinaison de ces matériaux ou enduit semi-conducteur,
- Ecran métallique : tube continu plomb selon norme NFC 32050-33100,
- Matelas : bandes de papier imprégné enroulées à recouvrement ou gaine extrudée en PCV,
- Armure : feuillards d'acier selon la norme NR NF-C-32050
- Gaine : extrudée en PCV (de préférence rouge) fongicide et anti-termites.

B/ Caractéristiques électriques

- Tension spécifiée : 6/6 kV,
- Tension d'utilisation : tension du réseau bouclé ASECNA : 5.500 V.

SECTION ( mm <sup>2</sup> )	RESISTANCE ( 20 °C)		INTENSITE		RIGIDITE DIELECTRIQUE
	d'isolement (Mohm/km)	linéique (ohm/km)	air libre (A)	enterré (A)	kV
16	> 600	< 1,15	63 (PVC)	100	15 - essai
			86 (EPR)	115	18 - contrôle
25	> 600	< 0,727	83 (PVC)	125	15 - essai
			112 (EPR)	150	18 - contrôle

### C/ Caractéristiques dimensionnelles

SECTION ( mm <sup>2</sup> )	Diamètre extérieur Max. (mm )	MASSE ( kg/km )
3 x 16	34,6	2935
3 x 25	40,7	4500

#### 7.3.1.4 Câble tripolaire à ceinture (6,6 kV) armé

Mêmes caractéristiques que le câble précédent mais sans la gaine plomb.

#### 7.3.1.5 Câble de balisage unipolaire

En fonction des puissances mises en jeu, trois types de câbles peuvent être utilisés, correspondant aux tensions spécifiés : 1 kV - 3 kV et 6 kV.

- Pour une utilisation en 6,6 A on retient en général:
- tension spécifiée > ou = à 1 kV pour câble sans écran destiné au balisage simplifié (transfo-feux)
- tension spécifiée > ou = à 3 kV jusqu'à 15 kVA
- tension spécifiée > ou = à 6 kV au delà de 15 kVA

### Constitution

#### Ame :

- Cuivre nu recuit conforme, à la norme NF.C 32.013
- Composition : 7 fils câblés
- Section nominale circulaire : 6 mm<sup>2</sup>

#### \* Ecran semi-conducteur sur âme

- Couche extrudée de mélange semi-conducteur réticulé,

#### Enveloppe isolante

- Couche extrudée en polyéthylène réticulé (PR) conforme à la norme NF.C 33.220,

#### \* Ecran semi-conducteur sur enveloppe isolante

- Couche extrudée de mélange semi-conducteur réticulé pelable,

#### \* Ecran métallique (pour 3 kV et 6 kV)

- constitué par un (ou deux) ruban(s) de cuivre nu d'épaisseur nominale 0,1 mm enroulé(s) en hélice avec un recouvrement minimum de 15% de la largeur du ruban,

#### \* Ruban séparateur (facultatif)

Ecran coloré dans la masse

#### \* Gaine de protection (pour 3 kV et 6 kV)

- Couche extrudée de polyéthylène réticulé (PR) conforme à la norme NFC 33.220.

Cette couche est traitée fongicide et anti-termite de couleur noire.

Les alinéas précédés d'un \* n'interviennent pas dans la combinaison du câble sans écran utilisé en général pour le balisage série par transformateur ne possédant par la continuité de la terre (P < ou = à 6 kVA).

### Caractéristiques électriques

Tensions assignées :

- 0,6/1 (1,2) kV
- 3/5 (6) kV
- 6/10 (12) kV

Ame : Résistance linéique mesurée à 20°C inférieure ou égale à 3,08 ohm/km

- Prévu pour supporter sans altération une température sur âme de 90°C en régime permanent et de 250°C en court-circuit

### Ecran semi-conducteur sur isolant

- Résistivité électrique ne doit pas être supérieure à 5000 ohm.cm à 20°C.

### Résistance d'isolement

Mesurée à 20°C sous une tension continue de 500 V appliquée entre 1 et 5 mn :

- pas inférieure à 9000 Mohm.km pour le câble 1 kV (sans écran),
- pas inférieure à 10000 Mohm.km pour les câbles avec écran.

### Rigidité électrique

Tension alternative appliquée pendant 5 mn sans perforation de l'isolant

- 3,5 kV pour câble 1 kV
- 10 kV pour câble 3 kV
- 15 kV pour câble 6 kV

### Caractéristiques dimensionnelles

Diamètre extérieur sur gaine de protection :

- câble 1 kV environ 8,5 mm
- câble 3 kV entre 13,7 et 15 mm
- câble 6 kV entre 14,8 et 16 mm

## 7.3.2 *Câble énergie basse tension*

### 7.3.2.1 Série 1000 V cuivre ou aluminium RGPFV type extérieur rigide

- Conforme à la norme UTE NR NFC 32.111 d'août 1970 et ses additifs,
- Ces câbles devront pouvoir supporter en régime permanent, une immersion prolongée et une température ambiante de 45°C.

### A/- Constitution

- Ame : câblée, cuivre nu ou aluminium à section droite circulaire.

Le conducteur choisi pourra être précisé au cahier des prescriptions particulières.

- Isolant : enveloppe en matière réticulée de la catégorie R,
- Bourrage : matière élastique ou plastique ou ruban (NFC 32101),
- Gaine d'étanchéité : plomb continu (NFC 32050)
- Matelas : papier imprégné
- Armure : deux feuillards d'acier (NFC 32050),
- Ruban : matière hydrofuge (facultatif),
- Gaine : polychlorure de vinyle (noire) (NFC 32200) fongicide et anti-termites.

**B/- Caractéristiques électriques des câbles à âme cuivre les plus couramment utilisés.**

- Tension normale : 1000 V
- Tension d'utilisation : 220/380 V.

Type (mm <sup>2</sup> )	RESISTANCE		INTENSITE		RIGIDITE DIELECTRIQUE	Chute de tension à Cos PHI = 0,8
	Isolement Mégohm/km	Linéique ohm/km	Air libre 45°C (A)	Enterré (A)		
4 x 16	> 2000	< 1,15	82	111	3 kV	2,23
4 x 25	> 2000	< 0,727	108	141	3 kV	1,39

**C/- Caractéristiques dimensionnelles des câbles à âme cuivre les plus couramment utilisés.**

TYPE (mm <sup>2</sup> )	Diamètre extérieur Max. (mm)	Poids (kg/km)
4 x 16	27,7	2 250
4 x 25	32,3	3 000

**7.3.2.2 Série 1000 V - cuivre ou aluminium R2V type rigide intérieur (série U 1000 RO2V et U 1000 R12V)**

Conforme à la norme UTE NR NFC 32.321 de mai 1972 et additif (s).

**A/- Constitution**

- Ame : câblée, cuivre nu ou aluminium à section droite circulaire ou sectorale,
- Isolant : enveloppe en matière réticulée de la catégorie R,
- Ruban : séparateur entre enveloppe isolante et gaine (facultatif),
- Gaine : gaine de bourrage en élastomère,
- Gaine de protection : PCV (couleur noire) fongicide.

**B/- Caractéristiques électriques des câbles à âme cuivre les plus couramment utilisés**

Type (mm <sup>2</sup> )	Résistance		Intensité ( A )	Rigidité diélec- trique ( kV )	Chute de tension à Cos φ = 0,8 (V/A/km)
	d'isolement min. ( mégohm/km )	Linéique (ohm/km)			
			air libre 45°C		
2 x 2,5	> 3000	< 7,41	28	3	15,1
4 x 2,5	> 3000	< 7,41	25	3	13,1
2 x 6	> 2500	< 3,08	49	3	6,57
4 x 6	> 2500	< 3,08	44	3	5,69
5 x 6	> 2500	< 3,08	44	3	5,69
2 x 16	> 2500	< 1,15	91	3	2,58

C/- Caractéristiques dimensionnelles des câbles à âme cuivre les plus couramment utilisés.

TYPE (mm <sup>2</sup> )	Diamètre extérieur max. (mm)	Poids (kg/km)
2 x 2,5	11,5	165
4 x 2,5	13	230
2 x 6	14	290
4 x 6	16	430
5 x 6	17,5	520
2 x 16	18,5	570

7.3.2.3 Série 750 V, cuivre, H07 RN F type souple intérieur

Conforme à la norme UTE NF NFC 32.102 de novembre 1974, et ses additifs.

A/- Constitution

- Ame : câblée, classe 5 cuivre étamé pour les sections < 6 mm<sup>2</sup> câblée, cuivre nu pour les section > 10 mm<sup>2</sup>,
- Ruban : séparateur continu (facultatif),
- Isolant : matière synthétique vulcanisée ou réticulée de la catégorie C (cf. norme 32101) couleur noire,
- Gaine : matière vulcanisée de la catégorie N (polychloroprène ou mélange PCV-nitrile) couleur noire.

B/- Caractéristiques électriques

- Tension nominale : 450/750 V
- Tension d'utilisation : 220/380V

TYPE (mm <sup>2</sup> )	Résistance Linéique (ohm/km)	Intensité (A) air libre 45°C	Rigidité diélectrique (kV) contrôle	Chute de tension à Cos φ = 0,8 (V/A/km)
2 x 2,5	< 8,21	25	3	15,1
4 x 2,5	< 8,21	22	3	13,1
2 x 6	< 3,39	42	3	6,57
4 x 6	< 3,39	38	3	5,69
2 x 16	< 1,21	75	3	2,58

### C/- Caractéristiques dimensionnelles

TYPE	Diamètre extérieur maximum (mm)	poids (kg/km)
2 x 2,5	13,5	205
4 x 2,5	15,5	300
2 x 6	18,5	355
4 x 6	22	550
2 x 16	27,5	780

#### 7.3.3 Câble de télécommande

Conforme aux spécifications SNCF 698 F, câble réalisé suivant le code des couleurs ASECNA, le premier conducteur de chaque paire est incolore.

#### A/- Constitution

- Ame : cuivre nu de 1 mm<sup>2</sup> massive,
- Enveloppe : polyéthylène coloré pour conducteur principal, incolore pour le conducteur d'accompagnement,
- Ruban séparateur : en polyamide ou matériau équivalent compatible avec le polyéthylène (facultatif),
- Ecran en Aluminium : 0,04 mm < e < 0,06 mm,
- Fil de déchirement r > 7,5 déca N,
- Gaine d'étanchéité en polyéthylène,
- Fil de déchirement lorsque le matelas est un tube r > 7,5 déca N,
- Matelas hydrofuge : un ou plusieurs rubans en polyéthylène ou polychlorure de vinyle ou matériau équivalent compatible avec le polyéthylène,
- Armure : deux feuillards en acier galvanisé\* d'épaisseur 50/100 et à recouvrement de 20 à 30%,
- Gaine de protection : polychlorure de vinyle (de préférence verte) fongicide et anti-termites.

\* Spécifications ASECNAB/- Caractéristiques électriques

Tension nominale : 750 V

TYPE	Résistance d'isolement (Mégohm/km)	Capacité (microF/km) + ou - 15 %	Rigidité diélectrique (kV) 3 mn à 50 Hz
07 paires	5000	0,05	3
14 paires	5000	0,05	3

C/- Caractéristiques dimensionnelles

TYPE	Diamètre extérieur (mm)	Poids ( kg/km )
07 paires	19/22	960
14 paires	24/28	1240
28 paires	31/68	1950

7.3.4 *Câble téléphonique*

Conforme à la spécification L-123, série 88 PTT édition Mai 1971, avec\* ou sans armure supplémentaire.

A/- Constitution

- Ame : cuivre rouge nu de 6/10
- Enveloppe : polyéthylène coloré,
- Assemblage : en quartes en étoile entouré d'un ruban de polyéthylène de 0,1 mm,
- Continuité : 1 fil cuivre étamé de 0,5 mm
- Ruban : "ALUPE" (aluminium contrecollé polyéthylène)
- Repère : 1 fil pouvant être placé sous le ruban,
- \* Gaine : polyéthylène
- \* Matelas : Papier kraft
- \* Armure : deux feuillards acier doux noirs de 0,5 mm
  - Gaine : PCV (de préférence verte) fongicide et \*anti-termite.

Les câbles utilisés en extérieur seront armés (spécification ASECNA) sauf indication contraire du cahier des prescriptions particulières.

B/- Caractéristiques électriques

TYPE	Résistance d'isolement	Capacité	Affaiblissement dia-	Rigidité diélec-
------	------------------------	----------	----------------------	------------------

			( nf/km )	phonique ( dB/km )	trique ( kV )
	à sec Mégohm/km	à l'eau Mégohm/km			
14 paires	5000	2000	57,5	60	1

### C/- Caractéristiques dimensionnelles

TYPE	Diamètre extérieur ( mm )	Poids ( kg/km )
14 paires avec armure	16,6	491
14 paires sans armure	11,3	150

### 7.3.5 *Conditions de livraison et de recette technique*

#### 7.3.5.1 Livraison

Les câbles seront livrés sur tourets fer ou à défaut sur tourets bois renforcés, compris et perdus. Le douvage sera constitué par un tapis de planches d'épaisseur de 21 mm fixées individuellement sur 4 feuillets ceinturant le touret. Un bourrage convenable (frisons de papier goudronné) sera intercalé entre câble et douvage.

Les longueurs par touret seront de 1000 m dans la mesure du possible. La tolérance sur la longueur des câbles livrés au titre de chacun des lots ne pourra excéder - 0, + 3% (longueur d'essai compris). Chaque touret sera muni d'une étiquette métallique comportant l'inscription au point des renseignements suivants :

- NR du marché et NR du lot
- Nom du fournisseur,
- Type de câble,
- Longueur,
- Poids,
- Date de réception.

#### 7.3.5.2 Marquage des câbles

- Le marquage apposé de façon indélébile sur la gaine du câble sera le suivant : ASECNA
- Année de fabrication et numéro du fabricant
- Nombre de conducteurs et sections
- Tension et type de câble
- Mégohm/km Indication de distance (mesure exprimée en mètres par rapport à une extrémité du touret et apposée tous les mètres).

**NOTA** : Toutefois, une dérogation à ces règles de marquage pourra être accordée par l'Administration sur demande du fournisseur lorsqu'une fabrication spéciale ne se justifiera pas ou ne sera pas possible (câbles de longueur réduite, délais de fourniture courts, etc.).

### 7.3.6 Essais à effectuer sur les câbles

#### 7.3.6.1 Généralités

La recette technique aura lieu dans les locaux et aux frais du fournisseur en présence d'un représentant de l'Administration. Les câbles pourront subir tous les essais de type, de série (contrôle) prévus aux normes de l'UTE, de l'EDF, de la SNCF et des PTT.

Le contrôleur pourra en outre procéder à tous les essais et vérifications qui lui paraîtront nécessaires.

#### 7.3.6.2 Essais sur les câbles moyenne tension

Le contrôleur de l'Administration procédera aux essais suivants :

- Examen et vérification de la constitution des câbles et marquage,
- Essais diélectriques sur les longueurs de câble.

Le marquage du courant alternatif ou continu est laissé au choix du fabricant.

Nature du courant	Type	Tension	Durée	Points d'application
Alternatif	à champ radial	2,5 x U <sub>o</sub>	20 mn	entre âme et écran de chaque conducteur
Alternatif	à ceinture	2,5 x U <sub>o</sub>	10 mn	successivement entre âme de chaque conducteur et l'ensemble des autres réunis à l'écran
Continu	à champ radial	8 x U <sub>o</sub>	30 mn	entre âme et écran de chaque conducteur et l'ensemble des autres réunis à l'écran
Continu	à ceinture	8 x U <sub>o</sub>	15 mn	

- Mesure de la résistance linéique et d'isolement sur longueur de câble,
- Examen des feuilles d'essais de série

En outre, sur la demande du Représentant de l'Administration, il pourra être procédé à tout ou partie des essais suivants : (dans le cas d'essais de type, il sera simplement procédé à l'examen des feuillets d'essais d'un câble de même série).

- Vérification des caractéristiques de l'âme,
- Vérification des caractéristiques géométriques et mécaniques de l'enveloppe isolante et de la gaine d'assemblage et de protection extérieure,
- Vérification des caractéristiques géométriques des écrans semi-conducteurs, de l'écran métallique, de l'armure,
- Essai de décharge partielle suivant publication CEI NE 270 et le guide UTE 41300 du 31 Janvier 1968 (câble à champ radial,)

- Mesure de  $\tan \delta$  en fonction de la tension, de la température,
- Essais de rigidité diélectrique de contrôle,
- Essai de tenue aux ondes de choc,
- Essai de cycles de chauffage,
- Essai de longue durée avec cycle thermique (essais de type)
- Vérifications physiques et chimiques de l'enveloppe isolante de la gaine d'assemblage et de protection extérieure (essai de type),
- Vérification de la résistance d'isolement des conducteurs.

### 7.3.6.3 Essais sur les câbles basse-tension

Le contrôleur de l'Administration procédera aux essais suivants :

- Examen de la constitution des câbles et du marquage
- Essai diélectrique sur les longueurs de câbles.

Nature du courant	TYPE	tension d'essai	Tension d'essai de type	durée	point d'application
Alternatif 25 Hz < f < 100 Hz	RGPFV	2500 V	3000 V	15 mn	entre chaque âme et la gaine d'étanchéité reliée à la terre
Alternatif 25 Hz < f < 100 Hz	HO7RNF	2500 V	3000 V	15 mn	entre chaque âme et l'eau

- Mesure de la résistance d'isolement et linéique sur longueur de câble,
- Examen des feuilles d'essais de type.

En outre, sur la demande du Représentant de l'Administration, il pourra être procédé à tout ou partie des essais suivants :

- Vérification des caractéristiques de l'âme (NFC 32010 et 32012),
- Vérification des caractéristiques géométriques et mécaniques des enveloppes isolantes et gaine de protection,
- Vérification des caractéristiques géométriques de la gaine d'étanchéité, matelas et feuillard pour le câble de la série RGPFV (NFC 32050),
- Vérification physique et chimique de l'enveloppe et de la gaine,
- Essai diélectrique de type,
- Vérification de la résistance d'isolement des conducteurs,
- Résistance à la propagation de la flamme.

### 7.3.6.4 Essais sur les câbles de télécommande et téléphonie

Le contrôleur de l'Administration procédera aux essais suivants :

- Examen et vérification de la constitution des câbles et du marquage,

- Mesure des résistances linéiques,
- Essai diélectrique sur les longueurs de câbles.

Nature du courant	TYPE	Tension d'essai	Durée	Point d'application
Alternatif	Télécommande	3000 V	3 mn	entre chaque conducteur et les autres réunis à l'écran
Alternatif	Téléphone	1000 v	1 mn	entre les conducteurs réunis entre eux et l'écran
Alternatif	Téléphone	750 V	1 mn	entre chaque conducteur

- Mesure de la résistance d'isolement sur longueurs de câble :
  - \* à sec  $R_i > 5000$  Mégohm/km
  - \* à l'eau  $R_i > 2000$  Mégohm/km
- Vérification du fil de continuité
- Mesure des capacités effectives
- Examen des feuilles d'essai de type.

En outre, sur demande du Représentant de l'Administration, il pourra être procédé à tout ou partie des essais suivants :

- Mesure des déséquilibres de capacité
- Vérification des caractéristiques de l'âme
- Vérification des caractéristiques géométriques et mécaniques des enveloppes et des gaines.
- Vérification géométrique du feuillard
- Vérification de la résistance d'isolement des conducteurs
- Mesure des constantes linéiques, de l'affaiblissement diaphonique, de la fréquence de la coupure.

### 7.3.7 Mise en place des câbles

#### 7.3.7.1 Câbles installés en intérieur

Tous les câbles fournis devront être conformes aux spécifications des normes UTE, PTT, SNCF et à celles des chapitres qui précèdent.

Les conducteurs devront être obligatoirement en cuivre à brins unique ou multiple suivant l'usage spécifié.

L'Entrepreneur s'efforcera de standardiser les types et les sections des câbles utilisés.

Ils seront protégés par une gaine isolante (polyéthylène ou vinyle).

Les câbles transportant de la Basse Fréquence (modulation des émetteurs - BF des récepteurs) seront blindés soit dans leur ensemble de capacité soit par paire suivant l'usage spécifié.

Les câbles chemineront :

- soit en caniveaux,

- soit sous plancher technique,
- soit en gaine technique montante,
- soit le long des murs en goulotte ou en plinthe.

Les câbles seront de préférence posés et fixés sur des chemins de câbles constitués par des dalles marines ou des échelles posées sur les itinéraires précités. Par exception, ils pourront être placés dans des chemins de câbles plastifiés. Les crochets type à gaz seront interdits.

La position en vrac ne sera pas admise. Les câbles électriques seront regroupés par catégorie de tension HT ou BT et séparés des autres câbles, de télécommande en particulier. Les croisements entre les câbles HT et les autres câbles seront réduits au strict nécessaire et s'effectueront dans le respect des normes et des règles de l'art (protection, espacement, etc.).

Partout où les câbles chemineront sur échelle ou sur dalle marine, celle-ci sera reliée à chaque extrémité au réseau de terre local par une liaison en trolley de cuivre nu de 60/10 ou en tresse ou bande de 30 x 2 mm (la liaison s'effectuera par soudure autogène ou brasure).

Les travaux de pose de câbles ne pourront être exécutés qu'après approbation par le technicien responsable chargé de la surveillance du chantier du projet de cheminement des groupements de câbles.

Aux traversées des murs et parois, les câbles devront être protégés par des tubes en métal ou matière isolante. Les extrémités de ces tubes devront être munies de bagues, colliers, embouts. Les passages busés seront obturés par un matériau friable.

Les câbles seront placés à l'abri des dégradations mécaniques et chimiques, en particulier l'enveloppe ne devra pas être mise en contact avec la chaux, le ciment, les hydrocarbures, etc..

Lorsque les câbles seront fixés le long des murs, en dehors des gaines techniques, ils seront protégés par des goulottes ou tubes plastiques. Cette disposition n'est pas applicable aux câbles une paire, utilisés séparément (circuit de distribution d'heure ou de raccordement d'un poste téléphonique de bureau, par exemple).

Les câbles multi-conducteurs **comporteront au moins 20%** de conducteurs en plus de ceux effectivement utilisés lors de l'installation initiale.

Les câbles seront repérés par marquage à chaud ou par tout autre procédé de marquage inaltérable, dans le temps (les autres bandes imprimées en tissu ou matériaux plastiques sont exclues).

Dans les répartiteurs, les conducteurs des câbles seront repérés par des étiquettes placées dans les porte-étiquettes équipant les barrettes.

Les conducteurs des câbles électriques seront repérés par la phase qu'ils conduisent (PH I, PH 2, PH 3, ou neutre N) ou par les tensions qu'ils transportent (+24V; - 24V).

Les conducteurs de protection et de mise à la terre seront repérés conformément aux normes. Les conducteurs de protection éventuels emprunteront le même parcours que les conducteurs actifs auxquels ils sont associés.

### 7.3.7.2 Réseaux de câbles installés en extérieur

#### 7.3.7.2.1 Généralités

Le présent chapitre a pour objet de préciser les conditions de mise en place et de raccordement des réseaux de câbles MT-BT et télécommande sur l'aérodrome.

A cet effet, l'Entrepreneur assurera :

- La fourniture des câbles, la mise en place en tranchées, buses ou caniveaux et le raccordement des câbles et de leurs accessoires,
- Les travaux d'ouverture et de fermeture de tranchées avec fourniture et pose du sable et du dispositif avertisseur,
- La fourniture et la pose des buses sous les routes et chemins (les busages sous piste, voies de circulation étant habituellement prévus par ailleurs),
- La réalisation des moyens de repérage de câbles sur le sol (bornes).

**NOTA** : Lorsque des câbles ne sont plus utilisés, s'ils ne sont pas déposés, ils sont, quelque soit leur état, soigneusement capotés aux extrémités et laissés en attente afin d'être réutilisés en secours en cas de besoin. Leurs extrémités sont repérées par bornes.

#### 7.3.7.2.2 Tracé des réseaux

Les tracés de câbles portés sur les plans sont donnés à titre indicatif.

**Il appartient à l'Entrepreneur, après visite du site de préciser les tracés en tenant compte des caniveaux et busages utilisables et de l'implantation des bâtiments, parking routes, zones inondables ou tous autres obstacles.**

Dans la mesure du possible, il sera retenu des parcours parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la piste et on s'efforcera de suivre les routes ou chemins de servitude.

Si elles ne sont pas précisées par l'Administration les quantités portées par l'Entrepreneur sur les devis estimatifs correspondront aux quantités réelles **majorées au minimum de 10%**. Si les quantités de câbles sont précisées par l'Administration, l'Entrepreneur s'assurera que ces quantités sont bien compatibles avec les parcours réels et signalera lors de la remise de son offre toute erreur ou omission constatée.

#### 7.3.7.2.3 Parcours communs

Sauf décision contraire précisée au cahier des prescriptions particulières, sur les parcours communs des câbles les dispositions ci-après seront retenues :

- Des câbles basse tension et télécommande pourront être placés dans une même tranchée,
- Un câble moyenne tension ne pourra pas être placé en tranchée avec des câbles basse tension ou télécommande. Si cette disposition ne peut être évitée, l'accord de l'Administration devra être obtenu et le câble moyenne tension sera séparé des autres câbles par une murette de 0,20 m de hauteur sur 0,10 m de largeur.
- Deux câbles moyenne tension ne pourront pas être placés dans une même tranchée, sauf accord de l'Administration.

#### 7.3.7.2.4 Mode d'exécution des travaux

##### 7.3.7.2.4.1 Généralités

Les travaux comprennent :

- L'ouverture des tranchées avec éventuellement démolition et reconstitution, en tant que de besoins des revêtements sur le tracé des ouvrages, les passages en buses, la pose de sable, des câbles, du grillage, les remblais, le damage et la réfection des chaussées,

- La fourniture et la pose de repérage des câbles sur le sol,
- La fourniture des plans repérés après exécution.

#### 7.3.7.2.4.2 Tranchées et fouilles

Elles seront établies à une profondeur de 0,90 m pour les câbles MT, et 0,80 m pour les câbles BT et télécommande au-dessous du sol ou des obstacles qu'il contient.

Les travaux comporteront :

- L'enlèvement éventuel du revêtement fait avec précaution et suivant une coupure nette,
- Le rangement des terres de déblai d'un côté de la tranchée.

#### 7.3.7.2.4.3 Pose de câbles

Les câbles seront mis en œuvre, déroulés, tirés et posés avec toutes les précautions voulues, pour éviter toute courbure trop prononcée du câble, tout érailement de son enveloppe et toute traction anormale.

En particulier, les câbles seront tirés à bras, les hommes étant répartis le long de la fouille, l'emploi d'une corde attachée à l'extrémité du câble par l'intermédiaire d'un dispositif souple dénommé "chaussette" ne sera retenu que pour faciliter le passage dans les buses. Là où le cheminement le permet, il pourra être utilisé une dérouleuse.

Du niveau du sol au fond de la tranchée, on rencontrera successivement :

- Terre de remblai
- Dispositif avertisseur
- Terre tamisée .. 0,20 m : câble BT - 0,30 m : câble MT
- Sable 0,10 m
- Câble
- Sable 0,10 m.

L'excédent de terre doit être régalié et les pierres évacuées aux frais de l'Entrepreneur en un lieu de décharge proposé par lui.

Toutefois, un bourrelet correspondant au foisonnement susceptible d'être résorbé par le jeu des intempéries sera maintenu et signalé jusqu'à ce qu'il soit procédé après tassement, au nivellement définitif et à l'enlèvement des excédents.

Toutes les traversées de chemins, route ou voies destinées à la circulation automobile seront effectuées en buses débordant de 1 m de chaque côté de l'emprise du chemin. Après pose des câbles, les extrémités des busages seront obstruées au moyen d'un bouchon de brai ou de ciment maigre.

Le nombre des boîtes de jonction sera réduit au strict minimum compte tenu des livraisons par tourets.

#### Câbles en parcours aérien

Dans le cas de parcours de câble hors-sol (balisage, obstacles, etc.) les câbles seront protégés sur toute leur longueur par une gaine en matière plastique qui s'emboîtera dans les presse-étoupes.

#### 7.3.7.2.4.4 Extrémités des câbles non raccordés

En aucun cas, les câbles ne seront laissés en fouille remblayée ou non, sans que l'on se soit assuré de la bonne exécution ou de la bonne conservation du dispositif d'étanchéité.

Il est rappelé à ce sujet que les capots doivent laisser les extrémités des câbles jouer librement.

#### 7.3.7.2.4.5 Identification des câbles

Chaque câble sera muni d'une ou plusieurs bagues de couleur en matière inaltérable, les bandes adhésives étant exclues.

Chaque câble porte des inscriptions inaltérables indiquant le numéro de repérage du câble, placées aux extrémités ainsi que de part et d'autre des traversées en buses.

#### 7.3.7.2.4.6 Dispositif avertisseur

Il sera mis en place un dispositif avertisseur dans toutes les tranchées. Le grillage, s'il est utilisé, sera en fil de fer plastifié à maille de 30 à 35, fil de diamètre 10/10 minimum triple torsion, largeur indiquée pour un câble 0,40 m de couleur rouge pour la HT et bleue pour les câbles BT ou télécommande.

Ce grillage peut être remplacé par tout autre dispositif avertisseur agréé par l'Administration ou conforme à la norme NFT 54 000 de septembre 1986.

#### 7.3.7.2.4.7 Repérage des câbles

Tous les itinéraires de câbles en tranchées seront repérés au moyen de bornes en ciment de 0,20 m de cote et de 0,30 m de hauteur (0,10 m hors-sol) disposées :

- Tous les 150 m
- A tous les coudes
- Au niveau de chaque boîte

Sur ces bornes, il sera fixé une plaquette en aluminium portant les indications suivantes:

- Nature du (ou des) câble(s)
- Numéro de repérage du (ou des) câble(s)
- Besoins alimentés
- Eventuellement nature de la boîte se trouvant en ce point.

#### 7.3.7.2.4.8 Croisement d'autres conduits

##### **Croisement et voisinage des lignes électriques et signalisation téléphonie**

Aux endroits où les câbles croisent d'autres installations électriques et de signalisation, leur profondeur d'enfouissement sera augmentée de manière à ce qu'ils soient placés à 30 cm au-dessous du gisement des câbles existants.

**Au droit de ces croisements** et sur une longueur de un mètre de part et d'autre de celui-ci, **chaque câble sera placé dans une buse.**

Lorsque le point le plus haut des installations préexistantes se trouve à plus d'un mètre de profondeur, les canalisations pourront être posées au-dessus, étant entendu qu'elles devront passer à une distance égale à 30 cm minimum.

##### **Croisement et voisinage de conduites d'eau**

Le cheminement du câble devra être prévu à 30 cm sous les conduites d'eau et il sera prévu une protection du câble par buse sur une distance de 1 m minimum.

### **Croisement de conduites d'hydrocarbures**

L'Entrepreneur devra s'enquérir auprès de l'Administration locale et du propriétaire de la conduite des règles de croisement à respecter et les appliquer, les distances retenues ne pouvant pas être inférieures à celles recommandées par les normes.

#### *7.3.7.2.4.9 Entrée des câbles dans les bâtiments*

L'entrée des câbles dans les postes se fera par un coude très peu prononcé et par l'intermédiaire d'une buse à travers la maçonnerie des murs et du sol. Le câble ne devra jamais être pris dans le ciment.

Après pose du câble, la partie extérieure de la buse sera obstruée au moyen d'un bouchon de brai ou de ciment maigre.

Au niveau de chaque busage (arrivées, départs, etc.) on réservera sur chaque câble une longueur supplémentaire de 5 m lovée en forme d'oméga.

#### *7.3.7.2.4.10 Busages*

Pour les traversées des routes et chemins, les câbles emprunteront des passages en buse. Il sera utilisé des buses en béton ou métalliques étanches.

Dans ce dernier cas, elles seront soigneusement protégées contre l'oxydation au moyen d'un produit antirouille appliqué avec soin (ce produit doit être parfaitement sec lors de l'utilisation du tube).

Le diamètre intérieur des buses sera de 120 à 150 mm.

Il sera utilisé des buses distinctes pour les câbles HT, les câbles BT (ou courant faible) et les câbles balisage.

A chacune des extrémités de la traversée, la buse débordera de 1 mètre des limites de la chaussée.

On aura soin au moment de la mise en place des buses d'introduire à l'intérieur une drisse en nylon de diamètre minimum 8 mm servant d'aiguille pour le passage ultérieur des câbles HT et des câbles BT, ou signalisation téléphonie.

De part et d'autre de chaque buse sera aménagée une réserve sur chaque câble de 2 m minimum en forme d'oméga.

#### *7.3.7.2.4.11 Réfection des chaussées*

La réfection des chaussées, dans le cas où l'ouvrage de traversée n'a pas été préalablement effectué par l'Administration, sera à la charge de l'Entrepreneur et s'entend quelle que soit la nature de la couverture. Elle sera toujours faite par reconstitution avec des matériaux identiques à ceux existants.

#### *7.3.7.2.4.12 Ouvrages rencontrés dans les fouilles-gardiennage*

L'Entrepreneur assurera la responsabilité de tous les dégâts quelconques et des conséquences de ces dégâts causés aux canalisations d'eau, de carburant, d'électricité, téléphonie ou télégraphie, égouts, regards d'eau et d'assainissement, caniveaux d'écoulement des eaux et autres ouvrages rencontrés dans les fouilles lors de l'exécution des tranchées, pendant le tirage des câbles et dans la suite par l'effet du tassement des terrains.

Les obstacles connus seront précisés à titre indicatif à l'Entrepreneur par l'Administration, mais il appartiendra à l'Entrepreneur de prendre toutes les précautions pour ne pas endommager ceux qui pourraient être omis ou indiqués à une position inexacte.

**L'Entrepreneur assurera le balisage et le gardiennage des travaux et sera responsable des accidents** qui pourraient survenir en cas de défaillance ou d'insuffisance de signalisation des fouilles ouvertes ou des matériaux déposés.

#### 7.3.7.2.4.13 Raccordement des câbles

Lors de la remise des offres, l'Entrepreneur devra faire connaître les caractéristiques des matériels de jonction ou raccordement utilisés.

Ensuite, l'Entrepreneur **devra impérativement obtenir l'accord de l'Administration sur les modes de raccordement des câbles** MT-BT télécommande et balisage sur les points ci-après en particulier :

- Préparation des câbles
- Type et montage des boîtes de jonction
- Remplissage des boîtes
- Brassage des câbles télécommande et téléphonie.

Les matériels de jonction devront être d'un type agréé par le fabricant du câble et on utilisera toujours une jonction supérieure d'au moins une taille à celle recommandée pour le câble concerné.

## 8. PROTECTION DES PERSONNES ET DES MATERIELS

### 8.1 GENERALITES

Le présent chapitre a pour objet de préciser les mesures à retenir pour protéger à la fois :

- Le personnel contre les dangers présentés par les installations électriques,
- Les matériels contre les risques de détérioration qui pourraient diminuer leur fiabilité et leur continuité d'exploitation.

Ces mesures revêtent plusieurs aspects :

- Mesure de protection contre les contacts directs
- Mesure de protection contre les contacts indirects.

Ces deux protections visant essentiellement les personnes.

- Mesure de protection contre la foudre et les surtensions.

Cette protection vise les personnes et les matériels.

Les installations devront strictement respecter les normes dans les domaines qui leur sont applicables (en particulier UTE C 13.100; C 13.200; C 14.100 et C 15.100).

### 8.2 MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

Ce sont des mesures consistant à mettre hors de portée des personnes, les parties actives des équipements.

Elles sont essentiellement réalisées par isolation, au moyen d'obstacles - cellules HT et BT - et par verrouillages interdisant l'accès aux organes sous tension. **Il est rappelé que les verrouillages de sécurité, en application des normes, sont une obligation.** Une installation ne pourra donc être considérée comme recevable que si ces verrouillages sont réalisés et fonctionnent. Ceci suppose que lors de la réutilisation d'installations existantes, celles-ci soient réaménagées ou complétées au niveau des verrouillages de manière à rendre ceux-ci conformes aux normes en vigueur et opérationnels. Les travaux et fournitures nécessaires pour ces mises en conformité seront considérés comme **implicitement contenus** dans les offres des entreprises comportant la réutilisation d'équipements.

### 8.3 MESURES DE PROTECTIONS CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

Ce sont des mesures consistant à prémunir les personnes contre les risques qu'elles encourent du fait de la mise sous-tension accidentelle des masses.

Elles comportent essentiellement la mise à la terre des masses et l'utilisation de dispositifs de coupure automatique avec contrôle d'isolement associé.

#### 8.3.1 *Mise à la terre des masses*

Toutes les masses des installations doivent être reliées à la terre et les masses d'une même installation doivent être reliées à une prise de terre par des conducteurs de protection (ou à un ensemble de prises de terre interconnectées). La section des conducteurs sera conforme aux normes UTE et CEI en vigueur.

#### 8.3.2 *Surveillance des réseaux - type de neutre*

Le type de ces dispositifs de surveillance est fonction de la continuité de service recherchée, qui elle-même détermine le régime de neutre à retenir, et des caractéristiques des équipements alimentés: techniques, commerciaux, domestiques, anciens, récents, etc..

Compte tenu de l'intérêt qui s'attache à la continuité de l'exploitation sur un aéroport, donc au maintien sous tension des équipements, en particulier de ceux à caractère technique, on s'efforcera de trouver le meilleur compromis pour assurer la continuité de service, tout en prenant en compte les différences pouvant exister entre les divers équipements ou installations alimentés.

On pourra en conséquence être conduits à adopter plusieurs régimes de neutres et de dispositifs de surveillance adaptés aux situations existantes ou nouvelles.

Les dispositions normalement retenues qui seront, si nécessaire, précisées par le cahier des Spécifications Particulières sont les suivantes:

#### A/- En haute ou moyenne tension :

Le neutre isolé ou mis à la terre par une forte résistance avec mesure permanente de l'isolement et déclenchement lorsque ce niveau atteint une valeur inacceptable pour la sécurité des personnes et des équipements, sera la solution généralement adoptée. Dans certains cas le neutre mis directement à la terre pourra être admis, ceci sera alors précisé dans le cahier des prescriptions particulières.

Il appartiendra à l'Entrepreneur de proposer la solution la mieux adaptée aux critères ci-dessus et aux caractéristiques du réseau, (longueur et qualité des câbles, etc.) et ensuite de veiller à ce que les équipements fournis permettent bien d'assurer les fonctions demandées (reconstitution du neutre si nécessaire, etc.). **Les notes de calcul relatives aux solutions proposées et justifiant le choix seront fournies à l'Administration.**

**B/- En basse tension :**

Un neutre impédant avec déclenchement au second défaut pour tous les équipements essentiels. Eventuellement le neutre à la terre pour certains équipements acceptant une continuité d'exploitation inférieure. Le cahier des prescriptions particulières précisera le type de neutre retenu en fonction des équipements alimentés.

**C/- Sur la distribution continu :**

Une surveillance de l'isolement.

**A cette fin, il sera prévu :**

- Sur les installations HT, un contrôle permanent du niveau de l'isolement et une signalisation en cas de baisse de ce dernier au-dessous d'un certain seuil puis le déclenchement à un deuxième seuil, de l'interrupteur HT et du disjoncteur BT correspondant.
- sur les installations BT à régime neutre impédant (IT)
  - \* un contrôle général permanent de l'isolement indiquant le niveau d'isolement et permettant une signalisation en cas de défaut simple (isolement inférieur à une valeur prédéterminée) et un déclenchement de **la protection relative au circuit incriminé en cas de défaut double**.
  - \* un dispositif de localisation sous tension du départ en défaut, au niveau de tous les départs par appareil permanent ou portable (précisé au cahier des prescriptions particulières),
  - \* au niveau de la BT de chaque transformateur, un limiteur de surtension associé à une impédance sur le neutre du transformateur,
  - \* une sélectivité des protections calculées de manière à assurer à la fois, la meilleure continuité d'exploitation possible et une protection efficace.
  - \* des dispositifs de protection à courants résiduels (DDR) lorsque la protection ne peut être assurée de manière suffisamment efficace par les autres dispositifs prévus ( cas de mises à la terre par groupes ou individuellement - interconnexion des terres inexistante ou incertaine, etc.).
- sur les installations BT à régime neutre à la terre (TT et TN)
  - \* Un découplage des réseaux "neutre à la terre"/ "neutre impédant" par transformateur d'isolement.
  - \* Une mise à la terre du neutre.
  - \* Une mise des masses au neutre (schéma TN) lorsque les installations sont dans un même bâtiment.
  - \* Une mise des masses à la terre (schéma TT) lorsque les installations sont dans un local séparé.
  - \* L'utilisation de conducteurs de protection et de liaisons équipotentielles suivant les spécifications imposées par les normes.
  - \* Des protections à courant différentiel résiduel (DDR) de sensibilité adaptée et assurant la sélectivité.
- sur la distribution courant continu

- \* Un contrôleur général permanent de l'isolement avec signalisation en cas de défaut. Ce contrôle sera effectué pour chaque source.
- \* Un dispositif de localisation sous tension à l'aide d'un appareil permanent ou portable (précisé au cahier des prescriptions particulières).
- \* Des protections sélectives et si nécessaire à DDR.

#### 8.4 MESURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre ET LES SURTENSIONS

Trois séries de mesure sont retenues pour assurer cette protection (normes UTE C 13.100; C 15.531; C 15.100, chapitre 54, annexe II):

- Protection contre les chutes directes de la foudre sur les bâtiments ou installations techniques,
- Protection contre les chutes de la foudre sur le sol au voisinage des câbles,
- Protection contre les surtensions

##### 8.4.1 *Protection contre les chutes directes de la foudre sur les bâtiments ou installations techniques*

Elle sera assurée par la réalisation pour les bâtiments concernés :

- Centrale Electrique
- Bloc technique
- Postes de transformation technique
- Etc..

d'une protection définie en utilisant la méthode du modèle électrogéométrique. Cette protection comportera pour chaque bâtiment des dispositifs de capture composés selon les bâtiments:

- de tiges et de pointes caprices,
- de conducteurs de toiture et de descente constituant un maillage,
- de prises de terre (également utilisées pour les mises à la terre électriques).

##### 8.4.2 *Protection contre les chutes de la foudre sur le sol au voisinage des câbles*

Elle sera réalisée en particulier par la mise en place de conducteurs de terre placés dans chaque tranchée au-dessus des câbles, au niveau du dispositif avertisseur (câbles HT, câbles BT, câbles balisage, câbles télécommande, câbles téléphone).

En complément de cette réalisation, il sera prévu tous les 300 m environ (100 m pour les câbles de balisage) des piquets de terre de 2 m de longueur raccordés au conducteur de terre.

Les conducteurs de terre seront en cuivre nu de 25 mm<sup>2</sup> de section minimum.

Les piquets de terre seront du type cuivre-acier ou en acier inoxydable, diamètre supérieur à 15mm, éléments de 1,5 m à 2 m. Les connexions seront réalisées par soudure aluminothermique.

##### 8.4.3 *Protection contre les surtensions*

Elle sera réalisée , en particulier, par la mise en place de limiteurs de surtensions adaptés à chaque type d'installation pour éviter par palier les ondes de choc soit :

- Sur tous les arrivées et départs MT de la Centrale Electrique, des postes de transformation, des postes de livraison: des parafoudres à résistance variable de valeur adaptée à la tension du réseau à protéger,
- En basse tension, pour chaque installation:
  - \* un parafoudre 2,5 kV destiné à protéger l'ensemble de l'installation,
  - \* des parafoudres 1,5 kV sur tous les départs vers l'extérieur des bâtiments et sur les départs internes alimentant des équipements sensibles aux surtensions (composants électroniques),

**(Ces parafoudres seront mis en place sur les phases et sur le neutre).**

- Des parasurtenseurs disposés au départ des régulateurs de balisage et sur le balisage,
- Des cartes équipées de composants limiteurs sur les départs et arrivées des câbles télécommande et téléphone,
- Des filtres limiteurs ou absorbeurs d'onde intégraux sur les arrivées d'énergie BT alimentant les installations sensibles aux surtensions (aides-radio) si cette mesure est demandée au cahier des prescriptions particulières.

## 8.5 RESEAU DE TERRE ET PROTECTION Foudre

### 8.5.1 Généralités

L'ensemble des mesures précitées :

- d'une part, dispositifs pour éviter les ondes de choc que constituent les surtensions dues aux coups de foudre,
- d'autre part, mise à la terre des diverses installations, ne connaîtra sa pleine efficacité qu'en fonction de la capacité de ce réseau de terre à limiter l'amplitude des surtensions transmises par les câbles de liaison.

Trois mesures essentielles seront à cet effet suivies :

1/- Réaliser par bâtiment un réseau de terre tel que sa résistance soit la plus faible possible, inférieure à 5 ohms pour les grands bâtiments et à 10 ohms pour les petits, et supprimer le gradient de potentiel aux alentours du bâtiment.

Ces valeurs seront vérifiées avant connexion des réseaux équipotentiels et raccordement des diverses armatures et masses. Les terres seront améliorées jusqu'à obtention des valeurs demandées.

2/- Réaliser une interconnexion des réseaux de terre afin que la terre générale soit inférieure à 1 ohm quelles que soient les conditions atmosphériques.

3/- Relier à cette terre par des circuits de section appropriée tout ce qui se raccorde habituellement à une terre: masse des équipements, ferrures, armatures, parasurtenseurs, neutre ou impédance de neutre, etc..

### 8.5.2 Bâtiments

On peut distinguer deux types de bâtiments en fonction de leur taille :

- Les grands bâtiments : Centrale Electrique, bloc technique, etc..
- Les petits : Postes de transformation, SSIS, etc..

Les réseaux de terre et protection foudre, suivant qu'il s'agit de l'un ou de l'autre type de bâtiment, doivent être réalisés conformément aux normes NFC 17.100 - NFC 15.100 (chapitre 54, annexe 2), aux plans type et aux précisions des paragraphes ci-après.

**NOTA : Pour les grands bâtiments**

- Lorsqu'il s'agit de bâtiments neufs, ceux-ci sont en général réalisés dans le cadre d'un marché de génie civil distinct qui inclue les réseaux de terre, ceux-ci sont alors indiqués pour mémoire dans le présent dossier.
- Lorsqu'il s'agit de bâtiments existants dépourvus de réseau de terre corrects, le dossier des prescriptions particulières précisera si ce réseau de terre doit être réalisé et il le sera alors suivant les dispositions précisées ci-après en § 8.5.2.1.

**Pour les petits bâtiments** : (postes de transformation)

La construction ou le réaménagement de ces postes sont en général prévus dans le lot des équipements techniques et les réseaux de terre seront alors réalisés suivant les dispositions précisées ci-après.

**8.5.2.1 Grands bâtiments**

Lors de la construction du bâtiment, des fers d'armement du béton seront sortis de celui-ci sur 1 m de longueur. Dans le cas d'un bâtiment rectangulaire, il sera sorti en huit points, un à chaque angle du bâtiment et un à mi-longueur de chaque façade soit à mi-distance entre deux sorties d'angle (si le bâtiment existe on recherchera les fers à bétons existants).

Il sera réalisé une ceinture que nous appellerons "basse", constituée d'un ruban en cuivre nu de 30mm \* 2mm soit 60mm<sup>2</sup> de section, placée aussi profondément que possible dans le sol, et dans tous les cas à 1 m minimum. Cette ceinture sera disposée sensiblement, parallèlement aux parois extérieures et distantes de celles-ci de 0,80 m. Elle formera une boucle fermée.

A cette ceinture seront raccordés les fers à béton du bâtiment.

De cette ceinture, en forme d'épi régulier, partiront 8 antennes de 20 m de longueur chacune en cuivre nu de 28 mm<sup>2</sup>, placées en tranchées si possible de même profondeur que la ceinture ou à défaut à 1 m minimum ; ces antennes seront raccordées à la ceinture.

A chaque extrémité de ces antennes sera enfoncé par percussion un piquet de terre constitué d'éléments d'environ 2 mètres, adaptables bout à bout. En fonction de la profondeur de la ceinture et des antennes en épi, on utilisera 1 ou plusieurs éléments, de façon à obtenir dans tous les cas, la base du piquet à 4 mètres minimum de la surface du sol.

A chaque piquet de terre sera raccordée l'antenne correspondante.

Il sera constitué d'autre part, une ceinture que nous appellerons "haute" à l'aide d'une bande de cuivre plat étamé de 30 x 2 mm, ceinturant complètement la partie la plus haute du bâtiment et fixée directement sur celui-ci.

La ceinture haute sera reliée électriquement à la ceinture basse à l'aide de 8 tronçons de bande de cuivre plat étamé de 30 x 2 mm, chaque tronçon étant raccordé en ces extrémités aux ceintures ; ils seront placés à chaque angle du bâtiment, et sur chaque façade à mi-intervalle avec les descentes d'angle.

Au-dessus du bâtiment sera placé un paratonnerre du type ionisant. Il devra protéger l'ensemble du bâtiment.

Le paratonnerre sera fixé mécaniquement à l'extrémité d'une hampe (tube acier galvanisé à chaud, qualité forte) de diamètre approprié pour obtenir une bonne rigidité en fonction de la hauteur du parafoudre au-dessus du bâtiment ; une embase de hampe sera construite en fonction

de la nature et de la surface de la toiture pour permettre sa fixation ; 4 haubans fixés en partie haute de la hampe ou 8 si nécessaire placés en deux groupes de 4 à 2 hauteurs différentes, maintiendront l'ensemble verticalement. Les haubans seront constitués en fil isolant de dimensions appropriées à l'effort qu'ils supporteront. Au paratonnerre sera raccordée une tresse de cuivre étamé de 30 x 3,5 mm qui descendra le long de la hampe jusqu'à la toiture et sera maintenue par colliers inox ou cuivre étamé ; sur la toiture, elle sera raccordée à 4 bandes de cuivre étamé de 30 x 2 mm qui rejoindront suivant 4 directions perpendiculaires la ceinture haute sur laquelle elles seront raccordées.

Si possible, les directions seront choisies afin que deux bandes rejoignent la ceinture haute par le plus court chemin et les deux autres par le plus long.

Afin d'améliorer l'efficacité du système, il sera de plus réalisé, le plus près possible du pied du paratonnerre une descente spécifique en ruban de cuivre 30 x 2 qui aboutira à une prise de terre en patte d'oie, spécifique paratonnerre. Cette prise de terre sera constituée de trois rubans enterrés de cuivre 30 x 2 mm, de longueur 10m, raccordés à leurs extrémités à des piquets de terre de 4 m, l'espacement entre les piquets étant sensiblement de 10m. Cette prise de terre paratonnerre sera de plus interconnectée au maillage et à la ceinture basse du bâtiment.

#### 8.5.2.2 Petits bâtiments

Les dispositions à retenir seront celles énoncées pour les grands bâtiments aux différences près suivantes :

##### 8.5.2.2.1

- 1<sup>er</sup> alinéa : il sera sorti 4 tronçons de fer à béton, un en chacun des angles du bâtiment,
- 4<sup>e</sup> alinéa : de la ceinture basse partiront seulement 4 antennes de 20 mètres (une à chaque angle du bâtiment).

##### 8.5.2.2.2

- 2<sup>e</sup> alinéa : les ceintures haute et basse seront reliées seulement par 4 tronçons de bande de cuivre placés aux angles du bâtiment,
- 5<sup>e</sup> alinéa : au-dessus du bâtiment, en chacun de ses angles il sera placé une tige ou une pointe caprice dépassant le dessus du toit ; pas de haubanage ; liaison directe du paratonnerre à la ceinture haute par bande cuivre étamé 30 x 2 mm par le tracé le plus court.

#### 8.5.3 *Réseaux de terre intérieurs des salles "Energie" et postes électriques*

De la ceinture basse, à partir de deux points diamétralement opposés, situés de part et d'autre du local concerné, partiront deux tronçons (1 par point) de bande de cuivre étamé 30 x 2 mm. Ces conducteurs de terre aboutiront sur une barrette de coupure placée dans un endroit accessible à environ 0,20 m au dessus du sol du local.

A l'autre extrémité de la barrette (ou des barrettes) sera raccordée une barre principale de terre sur laquelle seront connectés tous les équipements à mettre à la terre par l'intermédiaire des conducteurs prévus à cet effet. En particulier, il sera prévu un conducteur principal de protection auquel seront reliés les conducteurs de protection des masses, les conducteurs de terre et les connecteurs des liaisons équipotentielles.

Les caractéristiques de ces divers conducteurs et leur mode de connexion seront conformes aux spécifications de la norme NFC 15-100.

#### 8.5.4 *Interconnexion des terres*

Les réseaux de terre de tous les bâtiments seront interconnectés à l'aide d'un conducteur en cuivre nu de section minimum 25 mm<sup>2</sup> (à chaque réseau d'un bâtiment, il sera raccordé directement à la ceinture basse).

Le conducteur d'interconnexion bouclera le réseau de terre de tous les bâtiments et de toutes les installations techniques à savoir Centrale, Postes, Aides-radio, etc..

Il sera placé dans une tranchée à câble juste au-dessous du grillage (ou de la bande) avertisseur, et dans l'axe de la tranchée.

Entre les deux extrémités d'un conducteur d'interconnexion raccordées chacune au réseau de terre d'un bâtiment, le conducteur sera remis à la terre tous les 300 mètres linéaires au maximum au moyen d'un piquet de terre de 2 m enfoncé par percussion.

Lorsque le conducteur d'interconnexion est placé dans une tranchée à câble, il sert également de protection des câbles placés dans la même tranchée.

#### 8.5.5 *Caractéristiques des matériels*

##### 8.5.5.1 Conducteurs de toiture et de descente

Tous ces conducteurs seront en cuivre électrolytique pur protégé par étamage. Il sera utilisé des rubans de 30 mm x 2 mm. Les conducteurs de descente des paratonnerres pourront être en tresse de 30 mm x 3,5 mm. Les conducteurs de terre pourront être en cuivre rond de diamètre 8 mm.

##### 8.5.5.2 Pointes et tiges caprices

Les pointes et tiges caprices seront en cuivre électrolytique étamé ou en acier inoxydable. Les pointes caprices auront une longueur minimale de 0,30 m, les tiges une longueur minimale de 2 m. Le diamètre minimum sera de 18 mm.

##### 8.5.5.3 Paratonnerres ionisants

Ce paratonnerre permet par ionisation de l'atmosphère d'augmenter le rayon d'action de la pointe (par rapport à une pointe non ionisante). En application du modèle électrogéométrique l'augmentation fictive de la hauteur de la pointe, obtenue par l'ionisation, permet d'augmenter le volume du cône de protection. Les performances et l'emplacement des paratonnerres retenus devront leur permettre d'assurer la protection complète et efficace des bâtiments ou équipements concernés et de leurs dépendances.

Le processus d'ionisation sera obtenu par un dispositif électrique autonome. L'utilisation de matière radioactive est prohibée.

##### 8.5.5.4 Piquets de terre

Les piquets de terre seront, soit du type cuivre/acier, soit en acier inox: diamètre supérieur à 15 mm, longueur comprise entre 1,5 m et 2 m. Ces piquets pourront être raccordés bout à bout de façon à obtenir des longueurs plus élevées (généralement de l'ordre de 4m) lorsque nécessaire pour l'obtention des niveaux de terre requis.

### 8.5.6 Prescriptions particulières concernant les travaux

Tous les raccordements du conducteur cuivre nu seront faits par soudure autogène ou brasure alumino-thermique.

Les raccordements cuivre / fer pur seront faits par brasure.

Dans les deux cas ci-dessus, afin d'éviter la corrosion, les brasures seront enduites de peinture bitumineuse.

Les connexions faites par soudure à l'étain sont à proscrire.

Dans les liaisons intérieures, seules les extrémités d'une liaison appareillage/collecteur des terres pourront se faire par connecteurs ; tout autre raccordement sera fait comme dit précédemment, par brasure.

Lorsque deux éléments de piquet de terre seront nécessaires, ils seront assemblés à l'aide d'un manchon de même marque, prévu à cet effet par le fabricant.

Les piquets de terre seront enfoncés uniquement par percussion et en aucun cas ne sera fait un forage préalable.

Si, en un point l'enfoncement était arrêté par un bloc rocheux, il faudrait si possible retirer le piquet et le replanter à proximité ; à défaut de pouvoir le retirer, il serait coupé au niveau du conducteur à y raccorder et le morceau restant serait replanté à proximité ; dans ce cas, une liaison relierait les deux morceaux de piquet.

## 8.6 CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DES LOCAUX DESTINES A ABRITER DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

Si la construction de tels locaux (postes de distribution, salles énergie, etc..) incombe à l'Entrepreneur, les dispositions suivantes seront respectées.

A/- Les locaux seront implantés et réalisés conformément aux plans joints au dossier des prescriptions particulières

Toutefois, les implantations pourront être légèrement modifiées si les dispositions du terrain ou les accès l'exigent. Les nouvelles implantations devront être telles que les locaux ne constituent pas des obstacles. Elles seront soumises à l'accord de l'Administration.

B/- Les locaux seront réalisés conformément aux spécifications des Normes UTE NFC 13-200 (partie 7 - locaux ou emplacements destinés à abriter des équipements électriques) et UTE NFC 13-100 (partie 7) dont les principales dispositions sont rappelés ci-après :

- Tous les matériaux constitutifs des locaux doivent être incombustibles et à l'abri des pénétrations d'eau et des infiltrations,
- L'isolation thermique des bâtiments doit être conçue de manière à permettre le fonctionnement correct des matériels.
- Les parois doivent présenter une résistance mécanique suffisante et doivent pouvoir supporter le matériel éventuellement fixé sur elles.
- Le sol, à l'endroit où l'eau est susceptible de pénétrer dans le local **doit être à 20 cm au-dessus du niveau du sol** avoisinant et, dans le cas de terrains inondables **du niveau des plus hautes eaux**,
- En aucun cas le sol ne doit être conçu pour supporter des charges inférieures à 500 daN/m<sup>2</sup>,

- Le sol est constitué par un plancher ou une dalle en béton armé. L'armature minimale est constituée par un quadrillage en fers ronds soudés de 4 mm de diamètre à mailles de 0,30 m x 0,50 m, ou par tout autre grillage métallique de résistance équivalente,
- La ventilation naturelle doit comporter à la partie inférieure une ou plusieurs prises d'air extérieures situées au moins 20 cm au-dessus du sol du local et à la partie supérieure, soit des cheminées ou lanterneaux, soit des baies ouvrant de préférence à l'air libre,
- Le nombre, l'emplacement et la section des ouvertures de ventilation, sont fixées en fonction des caractéristiques de l'installation et des calories dégagées par le matériel installé,
- Les dispositifs d'aération doivent être établis de façon que soient évitées : toute possibilité de contact avec les conducteurs sous tension par introduction de tiges ou de fils conducteurs ; les pénétrations d'eau (et de neige), l'entrée d'animaux,
- Les portes, couloirs et accès, doivent être prévus pour assurer la manutention du matériel,

Les portes des locaux contenant du matériel haute tension doivent s'ouvrir vers l'extérieur, être munies d'une serrure fermant à clef de l'extérieur pouvoir **s'ouvrir de l'intérieur** sans clef, à l'aide d'un dispositif agissant par simple pression du corps;

- L'éclairage naturel est réalisé à l'aide des baies dont la partie inférieure ne descend pas à moins de 2 mètre au-dessus du sol,
- L'éclairage électrique du poste doit être suffisant pour permettre une exploitation sûre et facile. Un éclairage de sûreté doit être prévu,
- Les socles des prises de courant doivent être prévus pour permettre, l'installation d'un éclairage supplémentaire pour l'exécution des travaux d'entretien, et l'alimentation de machines outils à main, d'usage courant (prises de courant bipolaires avec contact de terre 10/16 A et prises de courant tripolaires avec contact de terre 20 A de courant nominal).

## 8.7 EQUIPEMENTS DE SECURITE

### 8.7.1 Eclairages de Secours

Les locaux destinés à recevoir des équipements techniques et plus particulièrement électriques (postes de transformation, salles énergies, salles machines, etc.) seront équipés de blocs d'éclairage autonome dont la fonction sera, en cas de mise hors service de l'éclairage normal, d'assurer un éclairage d'ambiance suffisant pour permettre aux agents d'exploitation et de maintenance de remplir correctement leur fonction.

Là où ils seront installés ces blocs pourront éventuellement assurer la fonction d'éclairage de sécurité en permettant la circulation et la reconnaissance des obstacles et des issues,

Les blocs d'éclairage seront de deux types, définis ci-après, leur nombre et leur répartition seront précisés au Cahier des Spécifications Particulières à chaque réalisation.

#### A- Bloc autonome fixe

Il s'agit de blocs étanches pour atmosphère corrosive, qui seront fixés sur les murs des locaux, aux emplacements les mieux adaptés, et dont les caractéristiques essentielles sont :

- type : fluorescent
- flux lumineux : 300 lumens (ou 1000 lumens, si demandé au CSP)
- autonomie minimum : 1 heure

- batterie d'accumulateur Cd-Ni étanche
- système de charge électronique
- dispositif de coupure en fin de décharge
- allumage sur coupure alimentation normale
- veilleuse de présence secteur
- haut rendement lumineux
- conforme à la norme NFC 71.801

#### B- Lampe portative rechargeable sur secteur

Il s'agit d'une lampe portative robuste et suffisamment puissante pour permettre des interventions de maintenance.

- puissance minimum 5 W
- autonomie minimum 3 h
- batterie d'accumulateur Cd-Ni
- Chargeur incorporé
- poignée de transport.

**NOTA** : Pour certains grands bâtiments (centrales électriques, blocs techniques...), il peut être intéressant d'assurer l'éclairage de secours à partir d'un réseau global, distinct du réseau normal et alimenté par un ensemble batteries-chargeur, l'éclairage normal étant par ailleurs lui-même alimenté par le réseau secouru de l'aérodrome.

#### 8.7.2 *Matériels de sécurité et d'exploitation pour installations électriques*

Tout local contenant des matériels électriques moyenne ou haute tension devra être équipé des équipements de manœuvre et de sécurité ci-après :

- signaux, affiches et pancartes de sécurité réglementaires,
- tabouret isolant (25.000 V),
- gants isolants avec étui, talc et testeur,
- sabots isolants,
- dispositifs de mise à la terre,
- crochet de sauvetage à manche isolant (60 kV)
- perche détectrice de tension avec générateur testeur néon à magnéto,
- instructions détaillées d'emploi.

Tous les équipements de manœuvre et de sécurité doivent être regroupés en panoplie sur un panneau mural facilement accessible à proximité de l'entrée du local.

#### 8.7.3 *Matériels d'extinction*

Des matériels d'extinction de type et de capacité appropriées doivent être disposés dans des endroits convenablement choisis, notamment à proximité des portes d'accès (pour les équipements électriques: poudre, eau pulvérisée, CO2).