

# SPECIFICATION TECHNIQUE EDF

**Décembre 1999**

**HN 96-S-65**

---

## **Matériels d'émission et de réception de télécommande centralisée à fréquence musicale**

---

---

<b>Titre</b>	<b>Matériels d'émission et de réception de télécommande centralisée à fréquence musicale</b> <i>(Devices for emission and reception of remote centralized orders using musical frequency)</i>
<b>Nombre de pages</b>	137
<b>Type</b>	Spécification technique
<b>Document(s) associé(s)</b>	
<b>Résumé</b>	Ce document présente la spécification HN 96-S-65 relative aux matériels d'émission et de réception de télécommande centralisée à fréquence musicale (TCFM). <i>(This specification defines the devices for emission and reception of remote centralized orders using musical frequency).</i>
<b>Auteurs</b>	L'édition de Janvier 1999 de cette spécification a été rédigée par un groupe de travail composé de : L. Perrault (ERMEL-CIMA), Le Roux (DEGS-CETE), F. Sultanem (DER-IPN-NORM).
<b>Classe AFNOR / UTE</b>	C 45
<b>Direction responsable</b>	<b>DEGS</b>
<b>Editeur</b>	EDF – R&D Délégation aux Normes 1 avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART Tél : 01 47 65 55 30 – Fax : 01 47 65 52 45
<b>Distributeur</b>	EDF – R&D Délégation aux Normes 1 avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART Adresse site internet : <a href="http://www.norm.edf.fr">www.norm.edf.fr</a>
<b>Accessibilité</b>	Libre



## SOMMAIRE

1	Section : Généralités .....	3
1.1	Domaine d'application .....	3
1.2	Références normatives .....	5
1.2.1	Spécifications techniques EDF .....	5
1.2.2	Normes européennes homologuées .....	5
1.2.3	Normes internationales homologuées .....	6
1.2.4	Normes françaises homologuées .....	7
1.2.5	Documents de normalisation UTE .....	7
1.3	Abréviations employées .....	8
2	Section : transformateurs d'injection .....	9
2.1	Domaine d'application .....	9
2.2	Définitions .....	9
2.3	Caractéristiques électriques .....	9
2.3.1	Tensions assignées secondaires à 50 Hz .....	9
2.3.2	Tensions assignées secondaires à 175 et 188 Hz .....	10
2.3.3	Tension assignée primaire à 50 Hz .....	10
2.3.4	Tension assignée primaire à 175 et 188 Hz .....	10
2.3.5	Tenue diélectrique .....	10
2.3.6	Puissances assignées triphasées et courants assignés à 50 Hz .....	10
2.3.7	Pertes à 50 Hz .....	10
2.3.8	Courant de court-circuit triphasé .....	10
2.3.9	Charge assignée à 175 et 188 Hz .....	11
2.3.10	Pertes et puissances magnétisantes à 175 ou 188 Hz .....	11
2.4	Régime de fonctionnement assigné .....	11
2.5	Niveau de puissance acoustique .....	11
2.6	Dispositions constructives .....	12
2.6.1	Dispositions constructives des transformateurs de type intérieur à isolement sec .....	12
2.6.2	Dispositions constructives des transformateurs de type extérieur (immergés dans l'huile) .....	15
2.7	Fiabilité - Maintenance .....	19
2.8	Essais de conformité aux normes .....	19
2.8.1	Liste et classification des essais .....	19
2.8.2	Mesure de la résistance des enroulements .....	20
2.8.3	Mesure du rapport de transformation .....	20
2.8.4	Essais de tenue aux courants de court-circuit .....	20
2.8.5	Nombre et répartition des essais .....	21
2.8.6	Tolérances sur la valeur du courant d'essai .....	21
2.8.7	Sanctions .....	21
2.8.8	Essais de tenue diélectrique à la fréquence industrielle .....	22
2.8.9	Essais de tenue aux ondes de tension de choc .....	23
2.8.10	Essais de tenue aux ondes de courant de choc .....	24
2.8.11	Mesure des pertes triphasées à 50 Hz .....	25
2.8.12	Mesure des échauffements .....	25

2.8.13	Mesure de la puissance magnétisante à 175 et 188 Hz .....	26
2.8.14	Mesure des pertes triphasées à vide, à 175 et 188 Hz.....	26
2.8.15	Mesure de la chute de tension à 175 et 188 Hz, en charge .....	26
2.8.16	Mesure des décharges partielles.....	26
2.8.17	Essai de tenue à l'arc interne .....	27
2.8.18	Essai climatique.....	29
2.8.19	Essai de choc thermique.....	29
2.8.20	Essai de comportement au feu .....	29
2.8.21	Contrôle de l'étanchéité des joints aux diélectriques liquides .....	29
Annexe A (Normative) : Tableau récapitulatif des caractéristiques électriques des transformateurs d'injection normalisés .....		31
A.1	Transformateur de type extérieur immergés dans l'huile.....	31
A.2	Transformateur de type intérieur à isolement sec .....	31
Annexe B (Normative) : Schéma des plages des raccordement pour transformateur 40 ou 70 MVA de type intérieur à isolement sec .....		32
Annexe C (Normative) : repérage des bornes des transformateurs d'injection normalisés .....		34
Annexe D (Normative) : schéma du circuit d'émission en série en une tranche de 20 ou de 40 MVA .....		35
Annexe E (Normative) : schéma type d'émission en phase, en opposition de phase et à 120° .....		36
3	Section : Circuit-shunt résonant.....	37
3.1	Introduction .....	37
3.2	Exigences fonctionnelles et constructives .....	38
3.2.1	Généralités .....	38
3.2.2	Caractéristiques détaillées.....	40
3.3	Sûreté de fonctionnement.....	47
3.3.1	Durée de vie .....	47
3.3.2	Fiabilité, maintenabilité et disponibilité .....	47
3.4	Exigences d'interfaces.....	49
3.4.1	E/S TOR .....	49
3.4.2	Capteurs de mesure .....	52
3.4.3	Raccordements aux CI.....	52
3.4.4	Raccordement au générateur TCFM.....	52
3.5	Essais d'acceptation de type .....	52
3.5.1	Conditions générales pour les essais .....	52
3.5.2	Examen des dispositions dimensionnelles et constructives .....	53
3.5.3	Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé .....	53
3.5.4	Essais d'échauffement des inductances .....	56
3.5.5	Essais applicables aux condensateurs .....	57
3.5.6	Essais d'échauffement du CIA.....	57
3.5.7	Intégrité.....	58
3.5.8	Circuits d'entrées/sorties TOR .....	58
3.5.9	Essais fonctionnels de l'ensemble CIA - PEI .....	60
3.5.10	Influence de l'alimentation 230 VAC.....	61
3.5.11	Influence de l'environnement sur le matériel.....	62
3.5.12	Influence du matériel sur l'environnement .....	66
3.5.13	Appréciation du comportement dans le temps .....	67

4	Section : Commutateurs d'injection .....	69
4.1	Introduction .....	69
4.2	Exigences fonctionnelles et constructives .....	70
4.2.1	Généralités .....	70
4.2.2	Dispositions constructives .....	72
4.3	Sûreté de fonctionnement .....	73
4.3.1	Durée de vie .....	73
4.3.2	Fiabilité, maintenabilité et disponibilité .....	73
4.4	Exigences d'interfaces .....	75
4.4.1	Alimentation .....	75
4.4.2	E/S TOR .....	75
4.4.3	Raccordement au transformateur d'injection .....	75
4.4.4	Raccordements au circuit-shunt et à un autre commutateur d'injection .....	76
4.5	Essais d'acceptation de type .....	76
4.5.1	Conditions générales pour les essais .....	76
4.5.2	Examen des dispositions dimensionnelles et constructives .....	76
4.5.3	Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé .....	77
4.5.4	Mesure des temps de recouvrement .....	79
4.5.5	Essais d'échauffement .....	80
4.5.6	Influence de l'alimentation 230 VAC : domaine nominal de fonctionnement .....	80
4.5.7	Appréciation du comportement dans le temps .....	81
5	Section : Générateur TCFM à 175 et 188 Hz .....	82
5.1	Introduction .....	82
5.2	Exigences fonctionnelles et constructives .....	83
5.2.1	Généralités .....	83
5.2.2	Dispositions constructives .....	87
5.2.3	Fonctionnement du générateur .....	88
5.2.4	Exigences sur la tension de sortie 175 / 188 Hz .....	92
5.2.5	Mesures des tensions et courants de sortie .....	93
5.2.6	Autodiagnostic consultable à distance (option) .....	93
5.2.7	Régulation par mesures des taux aval et amont (option) .....	93
5.3	Sûreté de fonctionnement .....	95
5.3.1	Durée de vie .....	95
5.3.2	Fiabilité, maintenabilité et disponibilité .....	95
5.4	Exigences d'interfaces .....	97
5.4.1	Entrées / Sorties TOR .....	97
5.4.2	Entrées TOR supplémentaires pour l'option régulation des taux aval et amont .....	100
5.4.3	Entrées analogiques pour l'option régulation des taux aval et amont .....	100
5.4.4	Raccordement à l'alimentation 50 Hz .....	100
5.4.5	Raccordement au circuit-shunt TCFM .....	101
5.5	Essais d'acceptation de type .....	101
5.5.1	Conditions générales pour les essais .....	101
5.5.2	Examen des dispositions dimensionnelles et constructives .....	101
5.5.3	Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé .....	101
5.5.4	Intégrité .....	104
5.5.5	Circuits d'entrées/sorties TOR .....	105

Décembre 1999

5.5.6	Essais fonctionnels du générateur.....	106
5.5.7	Influence de la charge du générateur .....	106
5.5.8	Influence de l'alimentation 400 VAC.....	108
5.5.9	Essais aux conditions exceptionnelles de fonctionnement .....	109
5.5.10	Influence de l'environnement sur le matériel.....	111
5.5.11	Influence du matériel sur l'environnement .....	116
5.5.12	Appréciation du comportement dans le temps .....	116
5.5.13	Essais de l'option régulation par mesures des taux aval et amont.....	118
6	Section : Emetteur de télécommande intégré .....	120
6.1	Introduction .....	120
6.2	Dispositions constructives .....	120
6.3	Essais de conformité aux normes .....	121
6.3.1	Examen des dispositions dimensionnelles et constructives.....	121
6.3.2	Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé : degré de protection de l'enveloppe .....	121
6.3.3	Appréciation du comportement dans le temps : essai de brouillard salin .....	121
7	Section : Module fonctionnel de réception des ordres de télécommande centralisée à fréquence musicale à 175 ET 188 Hz .....	122
7.1	Généralités .....	122
7.1.1	Domaine d'application.....	122
7.1.2	Principe du système de télécommande centralisée.....	122
7.1.3	Structure des codes de télécommande .....	123
7.2	Exigences fonctionnelles .....	128
7.2.1	Conditions d'utilisation .....	128
7.2.2	Sélecteur de fréquence .....	128
7.2.3	Sélecteur d'ordres .....	129
7.3	Essais fonctionnels d'acceptation de type .....	130
7.3.1	Conditions de référence .....	130
7.3.2	Essais d'influence de la durée et du taux des impulsions.....	131
7.3.3	Essais d'influence de la fréquence de la tension d'alimentation .....	132
7.3.4	Essais d'influence de la position des impulsions.....	133
7.3.5	Essais d'influence du niveau de la tension d'alimentation .....	134
7.3.6	Essais de caractérisation des seuils de début et de fin d'impulsion.....	134
7.3.7	Essais d'influence des harmoniques.....	135
7.3.8	Essais d'influence de la fréquence de télécommande .....	135
7.3.9	Essais d'influence des coupures secteur .....	136
7.3.10	Essais des conditions de fausses manoeuvres .....	136

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Vue d'ensemble de la station TCFM .....	4
Figure 2 Disposition de 3 transformateurs monophasés.....	13
Figure 3 Schéma d'essai d'un transformateur monophasé .....	28
Figure 4 Schéma des plages des raccordements.....	32
Figure 5 Positionnement préférentiel des bornes d'un transformateur .....	33
Figure 6 Repérage des bornes des transformateurs d'injection normalisés .....	34
Figure 7 Schéma du circuit d'émission en série.....	35
Figure 8 Schéma type d'émission en phase, en opposition de phase et à 120° .....	36
Figure 9 Schéma du circuit-shunt.....	37
Figure 10 Schéma de deux circuits-shunts 40 MVA en parallèle .....	47
Figure 11 Schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le circuit-shunt .....	50
Figure 12 Caractérisation des entrées du circuit-shunt .....	50
Figure 13 Caractéristiques des sorties TOR fournies par le circuit-shunt .....	51
Figure 14 Schéma de principe du commutateur d'injection .....	70
Figure 15 Schéma synthétique de la station d'émission TCFM donnant la position du générateur dans cette dernière .....	82
Figure 16 Chronogramme d'une séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz .....	85
Figure 17 Chronogramme d'une séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz .....	86
Figure 18 Chronogrammes de la séquence d'émission en une tranche d'émission commandée par l'automate TCFM.....	90
Figure 19 Schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le générateur .....	98
Figure 20 Caractéristiques d'entrée du générateur .....	98
Figure 21 Schéma de principe d'une signalisation produite par le générateur .....	99
Figure 22 Schéma d'essai pour la vérification des capacités du générateur à émettre sur une charge comprise entre $Z_n$ et $3 Z_n$ .....	107
Figure 23 Vue d'ensemble de la station TCFM .....	123
Figure 24 Chronogramme de la séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz .....	124
Figure 25 Chronogramme de la séquence d'émission du code ordres immédiats à 188 Hz .....	126
Figure 26 Chronogramme de la séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz .....	127
Figure 27 Essais de caractérisation des seuils de début et de fin d'impulsion .....	134





## Avant Propos

Ce document présente la spécification HN 96-S-65 relative aux matériels d'émission et de réception de télécommande centralisée à fréquence musicale (TCFM).

Il annule et remplace le projet HN 96-S-65-1 d'avril 1994 concernant les matériels d'émission et la HN 96-S-82 qui faisait foi en matière de récepteurs de TCFM.

Les motifs de révision par rapport à la version A sont :

- § 2.1 : inversion dans le type extérieur/intérieur et l'isolement sec/immersion dans l'huile  
20 kA au lieu de 12,5 kA pour le 70 MVA de type extérieur
- § 2.3.8 : 20 kA au lieu de 12,5 kA pour Sn 70 MVA
- § 2.6.2.3.2 : précisions sur le boîtier de raccordement BT
- § 2.6.2.3.3 : précisions sur la boulonnerie
- § 2.6.2.5 : précisions sur les circuits magnétiques
- § 2.6.2.7.1 : précisions sur les types de traversées
- § 2.6.2.7.2 : précisions sur les types de traversées
- § 2.6.2.7.3 : précisions sur les types de traversées
- § 2.6.2.8 : précisions sur la protection contre les défauts internes
- § 2.6.2.9 : précisions sur les indications à porter sur la plaque signalétique
- § 2.8.1 : rajout de la mesure du rapport de transformation sur la charge caractéristique
- § 2.8.7 : passage de 1 % à 5 % sur la variation de la réactance
- § 2.8.10.1 : précisions sur les modalités d'essais
- § 2.8.10.2 : précisions sur les modalités d'essais
- § 3.2.2.5 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »
- § 3.2.2.6 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »
- § 3.2.2.8 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »
- § 3.4.1.1 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »
- § 3.5.7 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »

§ 3.5.8.1.2 : remplacement « Défaut circuit-shunt » par « Panne circuit-shunt »

§ 3.5.11.1.5.1 : rajout des essais à 900 MHz et 1,8 GHz

§ 4.1 : remplacement de secondaires par primaires

§ 5.2.3.3 : remplacement « Défaut générateur » par « Panne générateur »

§ 5.2.3.4 : remplacement « Défaut générateur » par « Panne générateur »

§ 5.4.1.1 : remplacement « Défaut générateur » par « Panne générateur »

§ 5.5.4 : remplacement « Défaut générateur » par « Panne générateur »

§ 5.5.5.1.1 : refonte des essais du domaine nominal de fonctionnement en cohérence avec les caractéristiques des entrées TOR

§ 5.5.10.1.5.1 : rajout des essais à 900 MHz et 1,8 GHz

§ 7 : rajout de la section 7 ; note HM-63/99/054/A

---

---

## 1 Section : Généralités

Le présent document annule et remplace les spécifications suivantes :

- HN 96-S-61 d'août 1968 concernant la fourniture des générateurs de fréquence d'émetteurs de télécommande à 175 Hz,
- HN 96-S-70 de décembre 1959 concernant la fourniture des circuits d'injection triphasés de télécommande à 175 Hz pour réseaux HTA,
- Pr HN 96-S-65-1 d'avril 1994 concernant la fourniture des générateurs et des circuits d'injection à 175/188 Hz pour réseaux HTA,
- les chapitres traitant de la réception des ordres tarifaires des spécifications EDF concernant les relais-récepteurs et les compteurs.

### 1.1 Domaine d'application

Le prix de revient de l'énergie électrique varie en fonction des possibilités de production (nucléaire, hydraulique, charbon, fuel) et de la consommation de la clientèle (pointe de jour et creux de nuit, pointe d'hiver et creux d'été). Devant ces variations, EDF a cherché depuis longtemps à refléter dans ses prix de vente le prix de revient réel de l'électricité. L'objectif visé est de mieux maîtriser la courbe de charge.

La TCFM (Télécommande Centralisée à Fréquence Musicale) est le moyen préférentiel qu'EDF utilise pour permettre la mise en œuvre de tarifs (tempo, EJP, heures pleines/heures creuses, ...) structurés en périodes correspondant à des prix du kWh différents.

Outre ce rôle de tarification, la TCFM permet des applications de service à la clientèle. En particulier la commande de charges associées aux tarifs et les usages collectifs comme l'éclairage public. D'autres applications peuvent être envisagées, comme les alarmes pompiers ou la diffusion des signaux d'alerte.

La TCFM utilise un code qui comprend une impulsion de démarrage (ID) et des impulsions de commande. Les émissions sur le réseau HTA sont synchronisées dans le temps par rapport à la fréquence mesurée du réseau. Les durées sont donc exprimées en secondes réseau (sr) :

$$1 \text{ sr} = 50 \text{ périodes de la tension du réseau.}$$

Ce code est élaboré au poste-source par l'automate TCFM (en baie ou en PA ou par le lot TCFM PCCN) et est généré sur le réseau par l'intermédiaire de la station d'émission TCFM (générateur 175/188 Hz, circuit shunt résonant, commutateurs d'injection "CI" et transformateurs d'injection "TI"). Il est interprété par les relais-récepteurs TCFM (relais-récepteurs à quatre groupes d'ordres, boîtier signal de veille, compteurs électroniques, ...).

Le schéma suivant présente une vue d'ensemble de la TCFM :

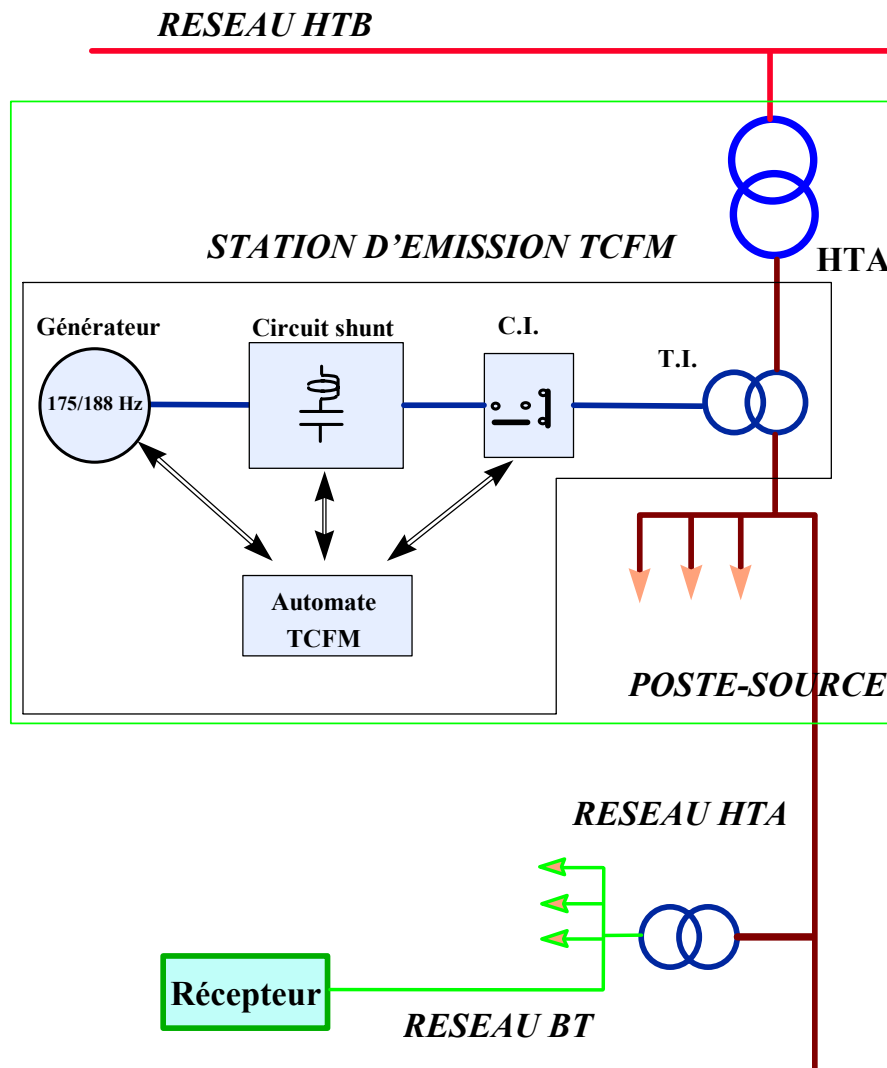


Figure 1 Vue d'ensemble de la station TCFM

Le présent document fixe les conditions et les essais auxquels doivent satisfaire les différents matériels composant la station d'émission TCFM à savoir :

- le générateur 175/188 Hz,
- le circuit-shunt,
- le commutateur d'injection,
- le transformateur d'injection,
- l'émetteur de télécommande intégré.

Il fixe aussi les conditions auxquelles doivent satisfaire les modules de réception des ordres de TCFM, ces modules étant intégrés dans les matériels de réception (relais-récepteurs à quatre groupes d'ordres, boîtier signal de veille, compteurs électroniques, ...).

## 1.2 Références normatives

### 1.2.1 Spécifications techniques EDF

HN 20-S-50 : mai 1965, Spécification technique applicable à la préparation des surfaces ferreuses par projection d'abrasifs, en vue d'application de revêtement : peinture, métaux, plastique.

HN 27-S-02 : avril 1987, Huiles minérales isolantes non inhibées pour transformateurs et appareillage de connexion.

HN 44-S-80 : octobre 1997, Spécification générale pour la fourniture des matériels de comptage.

Pr HN 45-S-57.5 : janvier 1998, Protections et Contrôle Commande Numérique des postes (T)HT/HTA de la DEGS. Livret 5 : Spécification Technique du Lot TCFM - Version 2.2.

HN 46-R-01 : juin 1993, Directives générales de conception et de construction des matériels de contrôle commande et de télécommunication des réseaux électriques (DICOT).

HN 52-S-62 : octobre 1979, Traversées basse tension de type passe-barre pour transformateurs de distribution publique.

HN 60-E-02 : juillet 1983, Matériaux synthétiques utilisés dans l'appareillage électrique.

HN 60-S-02 : juillet 1983, Matériaux synthétiques utilisés dans les matériels de distribution à basse tension.

Guide Technique de la Distribution

### 1.2.2 Normes européennes homologuées

Note : la référence de la norme française homologuée identique est donnée entre parenthèses.

NF EN 22063 (A 91-201) : janvier 1994, Revêtements métalliques et inorganiques. Projection thermique. Zinc, aluminium et alliages de ces métaux.

NF EN 50102 (C 20-015) : juin 1995, Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK).

NF EN 55022 (91-022) : décembre 1994, Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations radioélectriques produites par les appareils de traitement de l'information.

NF EN 60068-2-1 (C 20-701) : août 1993, *Essais A : froid*.

NF EN 60068-2-2 (C 20-702) : décembre 1993, *Essais B : chaleur sèche*.

NF EN 60269-2 (C 63-210) : janvier 1996, Fusibles basse tension - 2<sup>ème</sup> partie : Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usage essentiellement industriels).

NF EN 60529 (C 20-010) : octobre 1992, Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP).

NF EN 60551 (C 52-161) : mai 1993, Détermination des niveaux de bruits des transformateurs et des bobines d'inductance.

NF EN 60831-1 (C 54-108) : avril 1997, Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 kV - 1<sup>ère</sup> partie : Généralités, caractéristiques fonctionnelles, essais et valeurs assignées, règles de sécurité, guide d'installation et d'exploitation.

NF EN 60831-2 (C 54-109) : juillet 1996, Condensateurs shunt de puissance autorégénérateurs pour réseaux à courant alternatif de tension assignée inférieure ou égale à 1 kV - 2<sup>ème</sup> partie : Essais de vieillissement, d'autorégénération et de destruction.

NF EN 60947-1 (C 63-001) : octobre 1992, Appareillage à basse tension - Première partie : Règles générales.

NF EN 60947-3 (C 63-130) : février 1993, Appareillage à basse tension - 3<sup>ème</sup> partie : Interrupteurs, sectionneurs, interrupteurs-sectionneurs et combinés-fusibles.

NF EN 60947-4-1 (C 63-110) : février 1993, Appareillage à basse tension - 4<sup>ème</sup> partie : Contacteurs et démarreurs de moteur - Section un : Contacteurs et démarreurs électromécaniques.

NF EN 61000-4-2 (C 91-004-2) : juin 1995, Essai d'immunité aux décharges électrostatiques.

NF EN 61000-4-3 (C 91-004-3) : février 1997, Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques.

NF EN 61000-4-4 (C 91-004-4) : juin 1995, Essais d'immunité aux transitoires rapides en salves.

NF EN 61000-4-5 (C 91-004-5) : juin 1995, *Essai d'immunité aux ondes de choc.*

NF EN 61000-4-6 (C 91-004-6) : février 1997, Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques.

NF EN 61000-4-8 (C 91-004-8) : février 1994, Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau

NF EN 61000-4-12 (C 91-004-12) : avril 1996, *Essai d'immunité aux ondes oscillatoires.*

NF EN 61069-5 (C 46-640-5) : juin 1995, Appréciation des propriétés d'un système en vue de son évaluation - partie 5 : évaluation de la Sûreté de Fonctionnement.

NF EN 61131-2 (C 46-614) : novembre 1994, Automates programmables : spécifications et essais des équipements.

NF EN 61180-1 (C 41-106) : janvier 1995, Technique des essais à haute tension pour matériels à basse tension - 1<sup>ère</sup> partie : Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais.

### **1.2.3 Normes internationales homologuées**

Note : la référence de la norme française homologuée identique, quand elle existe, est donnée entre parenthèses.

CEI 68-2-11 (NF C 20-711) : mai 1987, *Essai Ka : Brouillard salin.*

---

CEI 68-2-30 (NF C 20-730) : 1980, Essai Db et guide : Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures).

CEI 85 (NF C 26-206) : septembre 1985, Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

CEI 270 : 1981, Mesure des décharges partielles.

#### **1.2.4 Normes françaises homologuées**

NF A 91-121 : août 1987, Galvanisation par immersion dans le zinc fondu (galvanisation à chaud) - Produits finis en fer - acier - fonte.

NF C 20-130 : juillet 1987, Cosses nues, à sertir, en cuivre ou en alliage de cuivre, pour les conducteurs en cuivre : règles

NF C 52-100 : août 1990, Transformateurs de puissance.

NF C 52-726 : septembre 1993, Transformateurs de puissance de type sec.

NF C 62-412 : octobre 1983, Disjoncteurs pour tableaux de contrôle d'installations spéciales de première catégorie.

#### **1.2.5 Documents de normalisation UTE**

UTE C 52-052 : mars 1965, Traversées isolées. Traversées porcelaine de tension nominale d'isolement 1 kV.

UTE C 66-400 : novembre 1972, Ferrures - Galvanisation à chaud des pièces en métaux ferreux : Règles.

UTE C 66-555 : mai 1991, Traversées isolées. Traversées embrochables pour transformateurs de tension supérieure à 1 kV jusqu'à 36 kV.



### 1.3 Abréviations employées

%CI : interlock CI.

%CIA : interlock CIA.

CI : Commutateur d'Injection.

CIA : Commutateur d'Injection Auxiliaire.

E/S : Entrée/Sortie.

EJP : Effacement Jour de Pointe.

GR : GRoupe d'ordres.

HC : Heures Creuses.

HP : Heures Pleines.

ID : Impulsion de Démarrage.

IHM : Interface Homme-Machine.

OCD : Ordre à Codage Direct.

OI : Ordre Immédiat.

P.c.c : Puissance de court-circuit.

PAGC : Poste Asservi Grande Capacité ou calculateur de poste.

PCCN : Protections et Contrôle-Commande Numérique.

PEI : Protection Electronique Intégrée.

RTC : Réseau Téléphonique Commuté.

TC : Transformateur de courant.

TCFM : Télécommande Centralisée à Fréquences Musicales.

TI : Transformateur d'Injection.

TOR : Tout Ou Rien.

TT : Transformateur de Tension.

---

## 2 Section : transformateurs d'injection

### 2.1 Domaine d'application

La présente spécification s'applique :

- aux transformateurs d'injection immergés dans l'huile de 20 MVA, 40 MVA et 70 MVA, à refroidissement naturel et à usage extérieur ;
- aux transformateurs d'injection de type sec 40 MVA et 70 MVA (au sens de la norme NF C 52-726), à refroidissement naturel et à usage intérieur.

Ces transformateurs sont destinés à être installés sur les réseaux HTA 15 ou 20 kV, pour permettre l'injection série de signaux de télécommande à 175 ou 188 Hz sur les trois phases.

Un groupe d'injection est constitué de trois transformateurs monophasés associés ou d'un transformateur triphasé.

Un transformateur monophasé comporte un enroulement primaire côté générateur 175/188 Hz, et un enroulement secondaire en série sur une phase du réseau HTA. Un transformateur triphasé comporte trois enroulements monophasés primaires non couplés à l'intérieur de l'appareil et placés côté générateur 175/188 Hz, et trois enroulements monophasés secondaires non couplés à l'intérieur de l'appareil et placés en série sur les phases du réseau HTA.

Les tableaux suivants présentent les différents cas de fourniture possibles :

Type extérieur (immergé dans l'huile) :

Sn	20 MVA	20 MVA	40 MVA	40 MVA	70 MVA
mono/tri	monophasé	triphasé	monophasé	triphasé	monophasé
Icc	12,5 kA	12,5 kA	12,5 kA	12,5 kA	20 kA

Type intérieur (isolement sec) :

Sn	40 MVA	70 MVA
mono/tri	monophasé	monophasé
Icc	12,5 kA	20 kA

### 2.2 Définitions

#### Puissance assignée triphasée à 50 Hz

Puissance assignée triphasée 50 Hz pouvant traverser les enroulements secondaires d'un groupe d'injection, de façon permanente.

#### Courant de court-circuit triphasé

Courant maximal 50 Hz pouvant traverser le ou les enroulements secondaires d'un transformateur d'injection, pendant le temps d'un court-circuit triphasé en réseau.

### 2.3 Caractéristiques électriques

#### 2.3.1 Tensions assignées secondaires à 50 Hz

Les transformateurs d'injection sont prévus pour les tensions assignées de réseaux suivantes :

- Un = 15 kV
- Un = 20 kV

### 2.3.2 Tensions assignées secondaires à 175 et 188 Hz

Les tensions assignées secondaires à 175 et 188 Hz à la charge assignée à 175 et 188 Hz, définie plus loin, sont de :

- 199,5 V pour les transformateurs d'injection pour réseau 15 kV,
- 266 V pour les transformateurs d'injection pour réseau 20 kV.

### 2.3.3 Tension assignée primaire à 50 Hz

La tension primaire à 50 Hz pouvant apparaître au primaire, en cours d'émission et dans les plus mauvaises conditions d'exploitation de la télécommande est de l'ordre de 50 Volts : en conséquence, la tension assignée primaire à 50 Hz est prise égale à 50 Volts.

### 2.3.4 Tension assignée primaire à 175 et 188 Hz

La tension assignée primaire à 175 ou 188 Hz est fixée à 1 000 Volts.

### 2.3.5 Tenue diélectrique

Les niveaux de tenue diélectrique sont indiqués dans le tableau suivant :

Tension assignée secondaire	20 kV		15 kV	
	secondaire	primaire	secondaire	primaire
Enroulement				
Tension la plus élevée pour l'enroulement	24 kV (50 Hz)	1200 V (175 ou 188 Hz)	17,5 kV (50 Hz)	1200 V (175 ou 188 Hz)
Tension assignée de tenue 1 min, 50 Hz	50 kV	7 kV	38 kV	7 kV
Tension assignée de tenue au choc de foudre	125 kV	12 kV	95 kV	12 kV
Courant assigné de tenue au choc de courant	1500 A	-	1500 A	-

### 2.3.6 Puissances assignées triphasées et courants assignés à 50 Hz

Les puissances assignées triphasées à 50 Hz ( $S_n$ ) sont :

- 20, 40 ou 70 MVA pour les appareils destinés aux réseaux 20 kV
- 20 ou 40 MVA pour les appareils destinés aux réseaux 15 kV

Les courants assignés à 50 Hz, pour les différentes puissances et tensions assignées sont indiqués dans les tableaux récapitulatifs de l'annexe A.

### 2.3.7 Pertes à 50 Hz

Lorsque le transformateur est traversé par son courant assigné 50 Hz au secondaire, le primaire étant en court-circuit, ses pertes triphasées ne doivent pas excéder les valeurs limites indiquées dans les tableaux récapitulatifs de l'annexe A.

### 2.3.8 Courant de court-circuit triphasé

La correspondance entre la puissance assignée triphasée à 50 Hz et la valeur efficace du courant de court-circuit triphasé ( $I_{cc}$ ) est indiquée dans le tableau suivant:

Sn	20 MVA	40 MVA	70 MVA
Icc	12,5 kA	12,5 kA	20 kA

### 2.3.9 Charge assignée à 175 et 188 Hz

Un transformateur d'injection est dit à sa charge assignée à 175 et 188 Hz, lorsque chaque enroulement secondaire est fermé sur un circuit constitué d'une résistance R et d'une inductance X à 50 Hz, placées en série et telles que :

$$R = 3,5 X$$

$$\frac{U_n^2_{50\text{Hz}}}{\sqrt{R^2 + X^2}} = S_n_{50\text{Hz}}$$

### 2.3.10 Pertes et puissances magnétisantes à 175 ou 188 Hz

Lorsque le transformateur alimente sa charge assignée à 175 ou 188 Hz, les pertes et la puissance magnétisante triphasées maximales sont celles indiquées dans les tableaux récapitulatifs de l'annexe A.

## 2.4 Régime de fonctionnement assigné

La température ambiante est de +40°C. Les enroulements secondaires sont parcourus en permanence par leur courant assigné 50 Hz - Is - (voir annexe A) et alimentent à la fréquence d'émission la charge assignée (R, X) définie précédemment. Les enroulements primaires sont court-circuités et mis à la terre en dehors des périodes d'émission. Pendant les périodes d'émission les enroulements primaires alimentent un circuit-shunt résonant série 50 Hz, et sont alimentés par le générateur en 175 ou 188 Hz. La périodicité des émissions et leur durée sont définies en section 5 relative au générateur, dans le chapitre 5.2.1.5.5. intitulé "Régime nominal de fonctionnement".

## 2.5 Niveau de puissance acoustique

Suivant la NF EN 60551 (C 52-161), les niveaux de puissance acoustique sont les suivants :

Cas des transformateurs d'injection immergés dans l'huile à usage extérieur :

- Niveau de puissance acoustique pondéré A en régime de fonctionnement assigné hors émission :  $L_{wa} = 60$  dB
- Niveau de puissance acoustique pondéré A en régime de fonctionnement assigné pendant l'émission 175/188 Hz :  $L_{wa} = 68$  dB

Cas des transformateurs d'injection de type sec à usage intérieur :

- Niveau de puissance acoustique pondéré A en régime de fonctionnement assigné hors émission :  $L_{wa} = 68$  dB
- Niveau de puissance acoustique pondéré A en régime de fonctionnement assigné pendant l'émission 175/188 Hz :  $L_{wa} = 80$  dB

## 2.6 Dispositions constructives

### 2.6.1 Dispositions constructives des transformateurs de type intérieur à isolement sec

#### 2.6.1.1 Conditions de service et durée de vie

##### 2.6.1.1.1 Conditions de stockage

Ces transformateurs sont stockés à l'abri. La température de stockage ne doit pas être inférieure à  $-25^{\circ}\text{C}$ . Avant toute mise sous tension, la température de surface des enroulements du transformateur doit être supérieure ou égale à  $-5^{\circ}\text{C}$ .

##### 2.6.1.1.2 Condition de fonctionnement

Les transformateurs d'injection monophasés sont du type intérieur et doivent pouvoir assurer un fonctionnement correct de la télécommande à des températures comprises entre  $-5$  et  $+40^{\circ}\text{C}$ , à une altitude inférieure à 1000 m.

De la condensation peut se produire de temps en temps sur le transformateur (par exemple quand il est hors service), dans une ambiance dont le taux d'humidité relatif moyen n'excède pas 60 %.

Les transformateurs en service sont placés dans un local fermé d'indice de protection IP23 au sens de la NF EN 60529 (C 20-010), pour lequel toutes les précautions sont prises pour empêcher la pénétration d'insectes et de poussières à l'intérieur. L'accès à ce local dédié est interdit lorsque l'installation n'est pas consignée. Aussi aucun indice de protection IP n'est requis.

##### 2.6.1.1.3 Entretien

Aucun entretien périodique n'est prévu.

##### 2.6.1.1.4 Durée de vie

La durée de vie de ces matériels est de 30 ans.

#### 2.6.1.2 Encombrement et masse

Les groupes d'injection dont la puissance assignée triphasée à 50 Hz est de 40 MVA ou de 70 MVA de type sec sont impérativement constitués de 3 transformateurs monophasés associés.

Les transformateurs monophasés associés par 3, sont parfaitement interchangeables, ils peuvent être accolés châssis contre châssis, avec une disposition identique pour les 3.

Chaque transformateur monophasé ne doit pas dépasser les limites de taille (dimensions hors tout, distances d'isolement et de séparation comprises) et de masse suivantes :

Sn (MVA)	40 Monophasé	70 Monophasé
longueur (mm)	1000	1000
largeur (mm)	850	850
hauteur (mm)	1600	1600
masse (kg)	1100	1500

### 2.6.1.3 Disposition de 3 transformateurs monophasés

Les schémas suivants indiquent 2 dispositions au sol possibles pour les groupes d'injection constitués de 3 transformateurs monophasés, dans le local dédié.

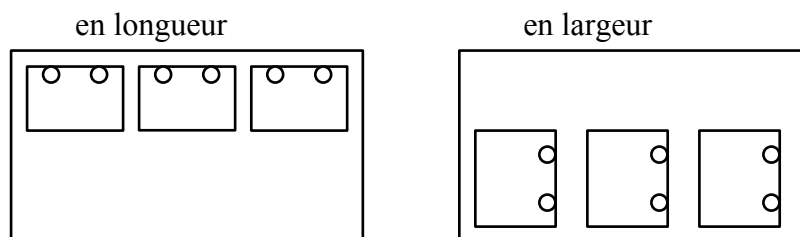


Figure 2 Disposition de 3 transformateurs monophasés

### 2.6.1.4 Protection contre la corrosion

La visserie, la boulonnerie doivent être protégées contre la corrosion par un revêtement de zinc (obtenu par dépôt électrolytique) ou par tout autre traitement approprié, faisant l'objet d'un accord d'EDF. Cette protection doit être suffisamment résistante pour présenter peu de risques de détérioration au cours des opérations de transport, de montage et d'entretien éventuel.

### 2.6.1.5 Manutention

Le transformateur est équipé de galets de roulement orientables dans deux directions perpendiculaires correspondant aux deux axes du transformateur, pour faciliter sa mise en place dans le local. Après démontage des galets, le transformateur doit pouvoir être monté sur des plots anti-vibratoires faisant partie de la fourniture.

Le châssis porte des anneaux de levage, ou tout autre dispositif d'accrochage, disposés de manière à permettre le halage, sans risque de détérioration des bornes de sortie primaires ou secondaires.

### 2.6.1.6 Classes des transformateurs - Matériaux isolants

Les transformateurs répondent aux classes C1, E1, F1 définies dans la norme NF C 52-726.

Les enroulements sont isolés avec des matériaux compatibles avec les classes du transformateur.

Les matériaux composant le transformateur tels que isolants, vernis, peinture, etc ..., doivent être exempts de polychlorobiphényles (PCB), polychloroterphényles (PCT) et polychlorobenzyltoluène (PCBT).

### 2.6.1.7 Construction du circuit magnétique

Les circuits magnétiques ne comportent pas d'entrefer.

Le circuit magnétique est dimensionné pour permettre une émission 175 et 188 Hz sans échauffements anormaux.

Le calage et le serrage des tôles sont prévus de manière à éviter toute déformation du circuit magnétique sous l'effet des courts-circuits.

L'isolation des boulons de serrage des tôles (s'ils existent) est convenablement assurée.

La connexion du circuit magnétique à la borne de masse est soigneusement réalisée.

#### **2.6.1.8 Construction des enroulements**

Les enroulements primaires et secondaires sont prévus (isolement, calage et dimensionnement) pour pouvoir résister aux courants de court-circuit.

L'échauffement moyen des enroulements ne doit pas dépasser l'indice thermique des matériaux utilisés.

#### **2.6.1.9 Couplages et raccordements**

##### **2.6.1.9.1 Type de raccordement des transformateurs 40 MVA et 70 MVA monophasés**

Les 2 bornes de sortie primaires sont des plages de raccordement (schéma en annexe B) sur lesquelles se raccordent des câbles arrivant horizontalement.

Les 2 bornes de sortie secondaires sont des plages de raccordement (schéma en annexe B), situées en partie supérieure de l'appareil, les liaisons côté source et côté disjoncteurs descendant verticalement sur le haut de l'appareil. Ces liaisons peuvent être indifféremment réalisées par câbles (raccordement des extrémités - type EUIC) ou par jeu de barre isolé ou non. Dans tous les cas, une tresse souple d'environ 50 cm est intercalée entre la liaison et la plage de raccordement.

Pour faciliter l'implantation du transformateur dans des installations existantes, les bornes de raccordement primaires et secondaires doivent être positionnées suivant les schémas de l'annexe B.

Des adaptations pourront être proposées à titre d'option, en vue d'une compatibilité du matériel avec des installations particulières.

##### **2.6.1.9.2 Repérages des bornes**

Les bornes homologues primaires et secondaires sont repérées par des lettres et des chiffres conformément à l'une des deux possibilités explicitées sur le schéma en annexe C.

##### **2.6.1.9.3 Mise à la terre du transformateur**

Si la surface au sol du transformateur est inférieure à 1 m<sup>2</sup>, son châssis porte au moins 1 borne de mise à la terre, située en partie inférieure. Si la surface au sol du transformateur est supérieure à 1 m<sup>2</sup>, son châssis porte au moins 2 bornes de mise à la terre, une à chaque extrémité, en partie inférieure. Les bornes de mise à la terre sont des trous de diamètre 13 mm. Le symbole de terre est gravé ou frappé à froid au droit de chaque borne de mise à la terre.

##### **2.6.1.10 Protection contre les défauts internes**

Le châssis de chaque transformateur doit pouvoir être isolé de la terre pour permettre une détection de type "masse cuve".

Une tenue de chaque transformateur à l'arc interne est demandée.

Un kit de cloisonnement fourni par le constructeur, doit pouvoir être monté autour du transformateur. Ce dispositif optionnel doit empêcher la propagation d'un arc aux appareils voisins en cas de défaut interne.

---

Les matériaux constituant ce kit doivent être exempts des produits listés au chapitre 2.6.1.6. Le transformateur équipé de ce kit doit rester dans les classes de la norme NF C 52-726 définies au chapitre 2.6.1.6.

#### **2.6.1.11 Mode de refroidissement**

Les transformateurs sont à refroidissement naturel, de type AN selon la norme NF C 52-726.

#### **2.6.1.12 Indications à porter sur la plaque signalétique**

Chaque transformateur doit être muni d'une plaque signalétique, fixée à un emplacement visible, et donnant les indications énumérées ci-dessous. Les inscriptions doivent être portées de façon indélébile (par exemple, par gravure ou par poinçonnage).

Informations à donner dans tous les cas :

- Transformateur d'injection pour télécommande à 175 et 188 Hz,
- Type intérieur
- Le nom et l'adresse du constructeur,
- Le numéro de l'appareil et la date de fabrication,
- La tension assignée secondaire à 50 Hz,
- La puissance assignée triphasée à 50 Hz,
- Le courant de court-circuit triphasé à 50 Hz,
- Les tensions assignées primaires et secondaires à 175 et 188 Hz,
- Les pertes triphasées à 175 et 188 Hz sous 1 000 volts,
- La puissance magnétisante triphasée à 175 et 188 Hz sous 1 000 volts,
- Niveaux d'isolement
- Masse totale
- Schéma des enroulements
- Symbole du mode de refroidissement
- Symboles des classes d'environnement, climatique et de tenue au feu
- Température du système d'isolation, échauffement maximal admissible pour chaque enroulement
- Référence à la présente spécification, date de délivrance de la qualification EDF.

### **2.6.2 Dispositions constructives des transformateurs de type extérieur (immergés dans l'huile)**

#### **2.6.2.1 Conditions de service et durée de vie**

Les transformateurs d'injection monophasés ou triphasés sont du type extérieur et doivent pouvoir assurer un fonctionnement correct de la télécommande à des températures comprises entre -25 et +40°C, à une altitude inférieure à 1000 m, pendant 30 ans.

#### **2.6.2.2 Disposition générale**

Les groupes d'injection dont la puissance nominale triphasée à 50 Hz est de 70 MVA sont impérativement constitués de 3 transformateurs monophasés associés, les autres sont constitués, soit d'un transformateur triphasé, soit de 3 transformateurs monophasés associés.



### **2.6.2.3 Caractéristiques de la cuve**

#### **2.6.2.3.1 Nature de la cuve**

La cuve de chaque transformateur est métallique.

#### **2.6.2.3.2 Degrés de protection**

La cuve est étanche à l'huile et à l'air.

Les bornes de raccordement BT (raccordement effectué par boulonnage) sont situées à l'intérieur d'un boîtier dit " boîtier de raccordement BT ", dont l'indice de protection est IP34, au sens de la NF EN 60529 (C 20-010).

Les bornes de raccordement HTA sont de type embrochable.

#### **2.6.2.3.3 Protection contre la corrosion**

La surface extérieure de toutes les tôleries de cuve doit recevoir le traitement suivant :

- a) Sablage ou grenailage suivant spécification HN 20-S-50 et métallisation au zinc ou galvanisation, suivant normes NF A 91-121, NF EN 22063 (A 91-201) et UTE C 66-400. EDF admet également les cuves réalisées à partir de tôles galvanisées en bande continue. Tout autre procédé de protection contre la corrosion doit faire l'objet d'un accord préalable d'EDF.
- b) Le choix du revêtement (couleur grise ou verte) est laissé au constructeur; il convient d'exclure toutefois les couches primaires trop acides et l'utilisation de pigments à base de plomb. Si la cuve est réalisée en métal non corrodable, ces dispositions ne sont évidemment pas applicables. Toute la boulonnerie est soit réalisée en métal non corrodable (ex : acier inox amagnétique) soit protégée, avant montage, par un revêtement de zinc, obtenu par dépôt électrolytique ou toute autre solution équivalente. Ce mode de protection, ou tout autre équivalent, doit faire l'objet d'un accord préalable d'EDF.

#### **2.6.2.3.4 Type de remplissage - Etanchéité**

Chaque transformateur doit être hermétique sans matelas gazeux (à remplissage intégral).

Le remplissage et la fermeture doivent être faits de telle façon que l'équilibre des pressions (pression interne et pression atmosphérique) soit réalisé pour des conditions voisines des conditions normales (20°C, 1013 mbar).

La cuve comporte un bouchon de remplissage sur la partie supérieure.

La cuve et tous les joints, sans exception, sont parfaitement étanches.

Toutes les précautions nécessaires sont prises en vue d'assurer la bonne conservation des joints et d'éviter leur déformation.

Les joints utilisés (en principe en caoutchouc synthétique ou en liège imprégné) doivent résister à l'action de l'huile, à la température de fonctionnement. L'utilisation de joints constitués soit de matière pâteuse non polymérisable, soit d'amiante est interdite.

#### **2.6.2.3.5 Manutention**

Le couvercle de la cuve porte des anneaux de levage, ou tout autre dispositif d'accrochage, disposés de manière à permettre le halage, sans risque de détérioration des bornes de sortie primaires ou secondaires.

---

#### **2.6.2.4 Matériaux isolants**

Les enroulements sont immergés soit dans des huiles minérales, soit dans des huiles silicones.

L'huile minérale doit être conforme à la spécification HN 27-S-02 et en particulier la concentration en polychlorobiphényles (PCB) doit être inférieure à la limite de détection de la méthode de mesure précisée dans cette spécification.

Les matériaux composant le transformateur tels que isolants, vernis, peinture, etc., doivent être également exempts de polychlorobiphényles (PCB), polychloroterphényles (PCT) et polychlorobenzyltoluène (PCBT).

#### **2.6.2.5 Construction du circuit magnétique**

Les circuits magnétiques ne comportent pas d'entrefer.

Les circuits magnétiques offrent toute garantie d'inaltérabilité avec le temps et de résistance, sous l'action de la chaleur et des imprégnants liquides ou solides.

Le circuit magnétique est dimensionné pour permettre, dans les conditions nominales, une émission 175 et 188 Hz sans échauffements anormaux et sans saturation du circuit magnétique ; ce-dernier point faisant l'objet d'une justification théorique.

Le calage et le serrage des tôles sont prévus de manière à éviter toute déformation du circuit magnétique sous l'effet des courts-circuits.

L'isolation des boulons de serrage des tôles (s'ils existent) est convenablement assurée.

Lorsque la conception de l'appareil nécessite la mise à la masse et à la terre du circuit magnétique, la connexion de masse est soigneusement réalisée.

#### **2.6.2.6 Construction des enroulements**

Les enroulements primaires et secondaires sont prévus (isolement, calage et dimensionnement) pour pouvoir résister aux courants de court-circuit définis plus loin.

L'échauffement moyen des enroulements ne doit pas dépasser l'indice thermique des matériaux utilisés.

Les transformateurs ne comportent pas d'écran électrique entre enroulements primaires et secondaires.

#### **2.6.2.7 Couplages et raccordements**

##### **2.6.2.7.1 Type de traversées**

Les bornes de sortie secondaires sont constituées de traversées embrochables 24 kV 1250 A (norme UTE C 66-555).

Les bornes de sortie primaires sont constituées de traversées standards (document UTE C 52-052) ou de passes barres (spécification HN 52-S-62).

### 2.6.2.7.2 Nombre de traversées secondaires embrochables

Le nombre de traversées secondaires embrochables 24 kV 1250 A fournies par enroulement secondaire est indiqué dans le tableau suivant.

Des bouchons isolants pourront être fournis en option.

puissance	20 MVA	40 MVA	70 MVA
tension			
15 kV	1 traversée entrée 1 traversée sortie	2 traversées entrée 2 traversées sortie	-
20 kV	1 traversée entrée 1 traversée sortie	1 ou 2 traversée entrée 1ou 2 traversée sortie	2 traversées entrée 2 traversées sortie

### 2.6.2.7.3 Emplacement des traversées

Les traversées secondaires embrochables sont fixées sur le côté de la cuve, tout comme les traversées primaires.

### 2.6.2.7.4 Repérages des bornes

Les bornes homologues primaires et secondaires sont repérées comme indiqué en annexe C.

### 2.6.2.7.5 Couplages

Aucune connexion entre enroulements primaires ne doit être réalisée à l'intérieur des transformateurs triphasés, de manière à faciliter la réalisation de tous les schémas d'injection désirés sur plusieurs circuits (injection en phase, en opposition de phase, à 120° - schémas suivant types d'émission, en annexe E).

Nota : Les enroulements primaires des transformateurs triphasés ou des groupes triphasés de transformateurs monophasés seront couplés en triangle, généralement sur les bornes du commutateur d'injection. Une des bornes du triangle, ainsi formé, sera reliée à la terre générale des ferrures du poste.

### 2.6.2.7.6 Mise à la terre de la cuve

La cuve de chaque transformateur porte deux bornes de mise à la terre, une à chaque extrémité. Chacune de ces pièces doit permettre le raccordement par un câble de 70 mm<sup>2</sup> conformément à la NF C 20-130. Le symbole de terre est gravé ou frappé à froid au droit de chaque pièce de raccordement.

### 2.6.2.8 Protection contre les défauts internes

La cuve de chaque transformateur doit pouvoir être isolée de la terre pour permettre une détection de type "masse cuve".

Des dispositions constructives sont prévues pour éviter l'éclatement de la cuve, les projections de pièces métalliques, ainsi que favoriser une éjection contrôlée de l'huile, dans le cas d'un défaut interne monophasé (à l'origine) de valeur présumée 1000 A et de durée 0,1 seconde.

La définition d'essais est à l'étude.

### 2.6.2.9 Mode de refroidissement

Les transformateurs sont à refroidissement naturel.

---

### **2.6.2.10 Indications à porter sur la plaque signalétique**

Chaque transformateur doit être muni d'une plaque signalétique résistant aux intempéries, fixée à un emplacement visible et donnant les indications énumérées ci-dessous. Les inscriptions doivent être portées de façon indélébile (par exemple, par gravure ou par poinçonnage).

Informations à donner dans tous les cas :

- Transformateur d'injection mono/triphasé pour télécommande à 175 et 188 Hz,
- Type extérieur
- Le nom et l'adresse du constructeur,
- Le numéro de l'appareil et la date de fabrication,
- La tension nominale secondaire à 50 Hz,
- La puissance nominale triphasée à 50 Hz,
- Le courant de court-circuit triphasé à 50 Hz,
- Les tensions nominales primaires et secondaires à 175 et 188 Hz,
- Les pertes triphasées à 175 et 188 Hz sous 1 000 volts,
- La puissance magnétisante triphasée à 175 et 188 Hz sous 1 000 Volts,
- Masse totale
- Nature et masse du diélectrique
- Référence à la présente spécification,
- Schéma des enroulements et repérage des bornes (\*)

(\*) ces information peuvent faire l'objet d'une plaque signalétique séparée.

### **2.7 Fiabilité - Maintenance**

Le taux de défaillance annuel entraînant une mise hors tension immédiate du transformateur doit être inférieur à 0,001.

Ce taux de défaillance doit être atteint sans maintenance des appareils (seules les traversées porcelaines en atmosphère polluée sont périodiquement nettoyées dans le cas extérieur).

### **2.8 Essais de conformité aux normes**

Les essais doivent être effectués conformément aux modalités prévues dans la norme NF C 52-100 pour les transformateurs de type extérieur immergés dans l'huile et dans la norme NF C 52-726 pour les transformateurs de type intérieur à isolement sec, sauf modifications ou compléments indiqués dans les paragraphes suivants.

#### **2.8.1 Liste et classification des essais**

Conformément à la norme NF C 52-100, il est prévu des essais de type, des essais individuels et des essais spéciaux (l'exécution de ces derniers devant être spécifiée à la commande en précisant le nombre d'appareils sur lesquels ils seront exécutés).

De plus, EDF se réserve de répéter certains essais, parmi les essais de type ou spéciaux, sur un petit nombre d'appareils prélevés en cours de fabrication.

Essais individuels :

- Vérification de la conformité aux dispositions constructives
- Mesure de la résistance des enroulements primaire(s) et secondaire(s)
- Mesure du rapport de transformation à vide
- Mesure de la puissance magnétisante à 175 et 188 Hz
- Mesure des pertes triphasées à 175 et 188 Hz
- Essais de tenue diélectrique à la fréquence industrielle
- Mesure des décharges partielles

Essais de type :

- Contrôle de l'étanchéité des joints aux diélectriques liquides (type extérieur seulement)
- Mesure des pertes triphasées à 50 Hz
- Mesure de la chute de tension à 175 et 188 Hz, en charge
- Mesure des échauffements
- Essais de tenue aux ondes de tension de choc
- Essais de tenue aux ondes de courant de choc
- Mesure du rapport de transformation sur la charge caractéristique

Essais spéciaux :

- Mesure du niveau de bruit hors émission
- Essais de tenue aux courants de court-circuit
- Essai de tenue à l'arc interne
- Essai climatique (type intérieur seulement)
- Essai de choc thermique (type intérieur seulement)
- Essai de comportement au feu (type intérieur seulement)

### **2.8.2 Mesure de la résistance des enroulements**

Le transformateur est au repos, sans alimentation pendant au minimum 3 heures de façon que sa température interne soit à peu près uniforme et égale à la température ambiante. La résistance de chacun des enroulements est mesurée en courant continu. La température ambiante correspondante est relevée. Le temps nécessaire à la stabilisation du courant est relevé. Il sera utilisé pour les mesures de résistance à chaud.

### **2.8.3 Mesure du rapport de transformation**

Le rapport de transformation est le rapport de tension 175 ou 188 Hz au secondaire par la tension 175 ou 188 Hz au primaire, le ou les enroulements secondaires étant connectés sur des charges caractéristiques à 175 et 188 Hz (telles que  $R = 3,5 X$ ).

La tolérance est de -1,5 %, +3 %.

### **2.8.4 Essais de tenue aux courants de court-circuit**

Ces essais sont effectués conformément à la norme NF C 52-100, compte tenu des modifications ci-après.

---

#### 2.8.4.1 Conditions d'exécution de l'essai

L'essai est effectué, sauf accord particulier, avec une alimentation monophasée pour un transformateur monophasé, et une alimentation triphasée, pour un transformateur triphasé.

Chacun du ou des enroulements primaires du transformateur est court-circuité et mis à la terre. La connexion de court-circuit entre bornes primaires doit avoir l'impédance la plus faible possible.

La valeur maximale spécifiée de la crête de courant doit être atteinte dans un enroulement secondaire et un seul pour un transformateur triphasé (enroulements couplés en étoile).

Le rapport  $Lw/R$  du circuit étant convenablement réglé, on effectuera la mise sous tension avec un ou trois enclencheurs synchrones selon que le transformateur est monophasé ou triphasé.

La durée d'application est fixée à 1 seconde avec une tolérance de -0, +10 %.

#### 2.8.5 Nombre et répartition des essais

Le nombre d'essais est de 3 pour un transformateur monophasé, et de 3 par phase (soit 9 au total) pour un transformateur triphasé dans le cas extérieur.

Le nombre d'essais est de 5 pour un transformateur monophasé dans le cas intérieur.

#### 2.8.6 Tolérances sur la valeur du courant d'essai

L'amplitude de la première crête du courant asymétrique d'essai est  $I_m = I_{cc} \cdot k \cdot \sqrt{2}$

où :

- $I_{cc}$  est la valeur efficace du courant de court-circuit symétrique,
- $k$  est le coefficient d'asymétrie:  $k = 2,5 / \sqrt{2}$ .

d'où :

- $I_m = 31,3 \text{ kA}$  si  $I_{cc} = 12,5 \text{ kA}$ ,
- $I_m = 50 \text{ kA}$  si  $I_{cc} = 20 \text{ kA}$ .

La valeur de crête du courant obtenue pendant l'essai ne doit pas s'écarter de plus de 5 % de celle spécifiée, ni le courant symétrique de plus de 10 %.

#### 2.8.7 Sanctions

Après achèvement des essais, le transformateur doit être inspecté. Les résultats des mesures de réactance de court-circuit et les oscillogrammes<sup>1</sup> pris aux différents stades des essais doivent être examinés pour y rechercher toute indication d'anomalie éventuelle pendant les essais.

---

Pendant chaque essai, on procède à un enregistrement oscillographique des tensions appliquées et des courants, afin de vérifier leurs valeurs, leurs asymétries et leur durée du court-circuit.

On utilisera des moyens de détection supplémentaires, (mesure du courant entre cuve et terre, la cuve étant isolée).

Si le transformateur est muni d'un dispositif de protection par détection d'émission de gaz, on vérifie qu'après les essais, le dispositif ne contient pas de gaz inflammables.

On procède alors :

- aux essais diélectriques à la fréquence industrielle et au choc, aux niveaux indiqués dans la présente spécification; voire à 75 % de ces niveaux pour des essais déjà effectués.
- à la répétition des essais individuels autres que diélectriques.

La partie active doit alors être inspectée (décuvage pour le cas extérieur en présence d'un représentant d'EDF et d'un représentant du constructeur), afin de déceler des défauts visibles éventuels tels que la déformation d'enroulements, la déformation du circuit magnétique, les détériorations d'isollements, les changements de position de connexions qui, malgré des essais individuels satisfaisants, pourraient mettre en danger la sécurité de fonctionnement du transformateur.

Pour que le transformateur soit estimé avoir subi avec succès les essais de court-circuit, il faut :

- a) que les résultats des essais diélectriques soient satisfaisants,
- b) que les essais individuels autres que diélectriques aient été répétés avec succès,
- c) que les résultats des essais de court-circuit, les mesures durant les essais de court-circuit et l'inspection ne révèlent aucun défaut (déplacements, déformations d'enroulements, de calages, de connexions ou structures de support, ou traces de décharges),
- d) que la variation de réactance à l'issue des essais soit inférieure à 5 %.

## **2.8.8 Essais de tenue diélectrique à la fréquence industrielle**

### **2.8.8.1 Conditions des essais**

La masse du transformateur est reliée à la terre.

### **2.8.8.2 Modalités d'essais en tension appliquée d'un transformateur triphasé**

Enroulements secondaires :

On applique, pendant une minute, une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace :

- 50 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 38 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,

entre chaque enroulement secondaire et la masse. Les 2 autres enroulements secondaires sont alors mis à la masse, tout comme les 3 enroulements primaires.

Enroulements primaires :

Une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 7 kV est appliquée, pendant 1 minute entre chaque enroulement primaire et la masse. Les 2 autres enroulements primaires sont alors mis à la masse, tout comme les 3 enroulements secondaires.

### **2.8.8.3 Modalités d'essais en tension appliquée d'un transformateur monophasé**

Enroulement secondaire :

On applique, pendant une minute, une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace :

---

- 50 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 38 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,

entre l'enroulement secondaire et la masse, l'enroulement primaire étant relié à la masse.

Enroulement primaire :

Une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace 7 kV est appliquée, pendant 1 minute, entre l'enroulement primaire et la masse, l'enroulement secondaire étant relié à la masse.

#### **2.8.8.4 Modalités d'essai en tension induite d'un transformateur triphasé**

Les 3 enroulements primaires et les 3 enroulements secondaires sont ouverts et ont une borne reliée à la masse. La tension d'essai est appliquée successivement sur chaque enroulement primaire. La valeur de la tension d'essai est de 2 kV, et la fréquence assignée de 175 Hz. La fréquence d'essai et la durée d'essai retenues doivent être conformes aux recommandations de la norme NF C 52-100.

Dans le cas où les installations d'essai ne permettent pas de réaliser cet essai, il sera remplacé par l'essai de tenue aux ondes de courant de choc.

#### **2.8.8.5 Modalités d'essai en tension induite d'un transformateur monophasé**

L'enroulement primaire et l'enroulement secondaire sont ouverts et ont une borne reliée à la masse. La tension d'essai est appliquée sur l'enroulement primaire. La valeur de la tension d'essai est de 2 kV. La fréquence d'essai et la durée d'essai retenues doivent être conformes aux recommandations de la norme NF C 52-100, sachant que la fréquence assignée est 175 Hz.

Dans le cas où les installations d'essai ne permettent pas de réaliser cet essai, il sera remplacé par l'essai de tenue aux ondes de courant de choc.

#### **2.8.8.6 Sanctions des essais**

Pendant les épreuves, on ne doit constater ni perforation, ni contournement.

#### **2.8.9 Essais de tenue aux ondes de tension de choc**

La masse du transformateur est reliée à la terre.

Le générateur d'ondes de foudre est réglé pour donner des ondes de forme 1,2/50  $\mu$ s et de polarité négative, ceci réduisant le risque de claquage extérieur aléatoire dans le circuit d'essai (partie 3 de la norme NF C 52-100).

##### **2.8.9.1 Modalités d'essais d'un transformateur triphasé**

Enroulement secondaire :

L'essai consiste à appliquer 3 ondes (cas intérieur) ou 5 ondes (cas extérieur) de tension de choc d'amplitude :

- 125 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 95 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,



entre chaque enroulement secondaire court-circuité et la masse. Les autres enroulements secondaires sont alors mis à la masse tout comme les 3 enroulements primaires.

Enroulement primaire :

L'essai consiste à appliquer 3 ondes (cas intérieur) ou 5 ondes (cas extérieur) de tension de choc d'amplitude 12 kV entre chaque enroulement primaire court-circuité et la masse. Les 2 autres enroulements primaires sont alors mis à la masse, tout comme les 3 enroulements secondaires.

### **2.8.9.2 Modalités d'essais d'un transformateur monophasé**

Enroulement secondaire :

L'essai consiste à appliquer 3 ondes (cas intérieur) ou 5 ondes (cas extérieur) de tension de choc d'amplitude :

- 125 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 95 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,

entre l'enroulement secondaire court-circuité et la masse, l'enroulement primaire étant relié à la masse.

Enroulement primaire :

L'essai consiste à appliquer 3 ondes (cas intérieur) ou 5 ondes (cas extérieur) de tension de choc d'amplitude 12 kV entre l'enroulement primaire court-circuité et la masse, l'enroulement secondaire étant relié à la masse.

### **2.8.9.3 Sanctions des essais**

Il ne doit pas y avoir d'amorçage entre l'enroulement testé et la masse. La tension ne doit pas s'effondrer. Après l'essai, le matériel doit fonctionner et conserver ses caractéristiques.

### **2.8.10 Essais de tenue aux ondes de courant de choc**

La masse du transformateur est reliée à la terre.

Le générateur est réglé pour donner des ondes de forme 8/20  $\mu$ s et de polarité négative, ceci réduisant le risque de claquage extérieur aléatoire dans le circuit d'essai (partie 3 de la norme NF C 52-100).

#### **2.8.10.1 Modalités d'essais d'un transformateur triphasé**

L'essai consiste à appliquer 3 ondes de courant de choc d'amplitude 1 500 A crête à travers chaque enroulement secondaire. Les trois enroulements primaires et les 2 autres enroulements secondaires sont court-circuités, reliés à la masse et mis à la terre. La borne de l'enroulement secondaire reliée à la terre pendant l'essai est celle destinée à être placée côté transformateur source.

#### **2.8.10.2 Modalités d'essais d'un transformateur monophasé**

L'essai consiste à appliquer 3 ondes de courant de choc d'amplitude 1 500 A crête à travers l'enroulement secondaire. L'enroulement primaire est court-circuité, relié à la masse et mis à la terre. La borne de l'enroulement secondaire reliée à la terre pendant l'essai est celle destinée à être placée côté transformateur source.

---

### **2.8.10.3 Sanctions des essais**

Il ne doit pas se produire de claquage entre spires pendant l'essai. L'onde de courant ne doit pas être déformée. Après l'essai, le matériel doit fonctionner et conserver ses caractéristiques.

### **2.8.11 Mesure des pertes triphasées à 50 Hz**

#### **2.8.11.1 Modalités d'essai d'un transformateur triphasé**

Les enroulements secondaires sont couplés en étoile. Les enroulements primaires sont en court circuit. Les enroulements secondaires sont alimentés par une tension triphasée réduite, de telle sorte que le courant soit égal au courant assigné secondaire à 50 Hz indiqué dans l'annexe A. Les pertes à 50 Hz sont mesurées lorsque l'équilibre thermique est atteint.

#### **2.8.11.2 Modalités d'essai d'un transformateur monophasé**

L'enroulement primaire est en court circuit. L'enroulement secondaire est alimenté par une tension monophasée réduite, de telle sorte que le courant soit égal au courant assigné secondaire à 50 Hz indiqué dans l'annexe A. Les pertes à 50 Hz sont mesurées lorsque l'équilibre thermique est atteint.

#### **2.8.11.3 Sanctions**

A partir des pertes mesurées, on calcule les pertes pour une ambiante de +40°C en tenant compte de l'accroissement de la résistivité des enroulements avec la température. Ces pertes (multipliées par trois s'il s'agit d'un transformateur monophasé) devront être inférieures ou au plus égales à celles indiquées dans le tableau récapitulatif (annexe A) des caractéristiques électriques des transformateurs.

### **2.8.12 Mesure des échauffements**

#### **2.8.12.1 Modalités d'essai d'un transformateur triphasé**

Les enroulements secondaires sont couplés en étoile. Les enroulements primaires sont en court circuit. Les enroulements secondaires sont alimentés par une tension triphasée réduite, de telle sorte que le courant soit égal au courant assigné secondaire à 50 Hz indiqué dans l'annexe A.

Lorsque le régime thermique permanent est atteint, la tension est augmentée de façon à faire circuler un courant égal à 1,25 fois le courant assigné pendant 2 heures. On calcule alors l'échauffement moyen de chaque enroulement primaire et secondaire en fin d'essai à partir de la mesure de la décroissance de la valeur ohmique, que l'on extrapole.

#### **2.8.12.2 Modalités d'essai d'un transformateur monophasé**

L'enroulement primaire est en court circuit. L'enroulement secondaire est alimenté par une tension monophasée réduite, de telle sorte que le courant soit égal au courant assigné secondaire à 50 Hz indiqué dans l'annexe A. Lorsque le régime thermique permanent est atteint, la tension est augmentée de façon à faire circuler un courant égal à 1,25 fois le courant assigné pendant 2 heures. On calcule alors l'échauffement moyen des enroulements primaire et secondaire en fin d'essai à partir de la mesure de la décroissance de la valeur ohmique, que l'on extrapole.

### **2.8.12.3 Sanctions**

L'échauffement moyen de chaque enroulement doit être tel que sa température moyenne calculée pour une température ambiante de +40°C ne dépasse pas de plus de +10°C la température limite donnée par la classe de température des matériaux utilisés.

### **2.8.13 Mesure de la puissance magnétisante à 175 et 188 Hz**

Les mesures sont effectuées lorsque le primaire du transformateur est alimenté par une source 175 ou 188 Hz, le secondaire étant en circuit ouvert.

Sous 1 000 V, on mesure donc la puissance magnétisante Q (en vars)

Cette valeur (multipliée par trois s'il s'agit d'un transformateur monophasé) sera au plus égale à celle indiquée dans le tableau récapitulatif (annexe A) des caractéristiques des transformateurs pour une tension appliquée aux enroulements primaires de 1 000 V, 175 et 188 Hz.

### **2.8.14 Mesure des pertes triphasées à vide, à 175 et 188 Hz**

#### **2.8.14.1 Modalités d'essai d'un transformateur triphasé**

Les enroulements secondaires sont en circuit ouvert, avec une borne reliée à la terre. Les enroulements primaires sont alimentés par une tension triphasée de 1000 V à 175 ou 188 Hz et on mesure les pertes absorbées par le transformateur.

#### **2.8.14.2 Modalités d'essai d'un transformateur monophasé**

L'enroulement secondaire est en circuit ouvert, avec une borne reliée à la terre. L'enroulement primaire est alimenté par une tension de 1000 V à 175 ou 188 Hz et on mesure les pertes absorbées par le transformateur.

#### **2.8.14.3 Sanctions**

Les pertes mesurées (multipliées par trois s'il s'agit d'un transformateur monophasé) devront être inférieures ou au plus égales à celles indiquées dans le tableau récapitulatif (annexe A) des caractéristiques électriques des transformateurs.

### **2.8.15 Mesure de la chute de tension à 175 et 188 Hz, en charge**

Pour 1 000 V, 175 ou 188 Hz appliqués à un enroulement primaire, on mesure la variation de tension aux bornes de l'enroulement secondaire correspondant, selon que le transformateur est à vide ou en charge (sur charge assignée  $R = 3,5 X$ ) côté secondaire. Cette mesure est faite pour chacun des 3 enroulements secondaires si le transformateur est triphasé.

La ou les valeurs trouvées doivent être inférieures, ou au plus égales, à 1,5 % de  $U_n$ , à 175 ou 188 Hz.

### **2.8.16 Mesure des décharges partielles**

Ces essais sont effectués en conformité avec la CEI 270 et la NF C 52-726 pour le type intérieur et la NF C 52-100 pour le type extérieur.

#### **2.8.16.1 Conditions des essais**

La masse du transformateur est reliée à la terre.

---

Il peut être nécessaire de prendre des précautions particulières dans le cas d'utilisation de traversées porcelaine pour qu'elles soient complètement remplies d'huile.

### **2.8.16.2 Cas intérieur**

La tension, alternative de fréquence 50 Hz, est appliquée entre l'enroulement secondaire et la masse. L'enroulement primaire est relié à la masse.

Tout d'abord, pendant 30 secondes, la tension (de précontrainte) est de valeur efficace :

- $1,5 \times 24 / \sqrt{3} = 21$  kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- $1,5 \times 17,5 / \sqrt{3} = 15$  kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV.

Puis sans interruption, pendant les 3 minutes suivantes au cours desquelles les décharges partielles sont mesurées, elle devient :

- $1,1 \times 24 / \sqrt{3} = 15$  kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- $1,1 \times 17,5 / \sqrt{3} = 11$  kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV.

### **2.8.16.3 Cas extérieur**

#### **2.8.16.3.1 Modalités d'essais en tension appliquée d'un transformateur triphasé**

Enroulements secondaires :

On applique, pendant 30 minutes, une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace :

- 24 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 17,5 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,

entre chaque enroulement secondaire et la masse. Les 2 autres enroulements secondaires sont alors mis à la masse, tout comme les 3 enroulements primaires.

#### **2.8.16.3.2 Modalités d'essais en tension appliquée d'un transformateur monophasé**

Enroulement secondaire :

On applique, pendant 30 minutes, une tension alternative de fréquence 50 Hz et de valeur efficace :

- 24 kV pour une tension d'isolement de 24 kV,
- 17,5 kV pour une tension d'isolement de 17,5 kV,

entre l'enroulement secondaire et la masse, l'enroulement primaire étant relié à la masse.

#### **2.8.16.3.3 Sanctions**

Le transformateur est satisfaisant si la plus grande charge apparente mesurée pendant les 3 minutes est inférieure à 50 pC, entre chaque enroulement secondaire et la masse.

### **2.8.17 Essai de tenue à l'arc interne**

A l'étude pour le cas extérieur. Ce qui suit ne concerne que le cas intérieur.

### 2.8.17.1 But de l'essai

L'essai a pour but de connaître le comportement du transformateur en cas d'amorçage entre un enroulement secondaire et une masse métallique reliée à la terre, par la borne de masse. Le scénario retenu est celui d'un double défaut monophasé, c'est à dire un amorçage en réseau sur une phase, suivi d'un amorçage dans le transformateur sur une autre phase.

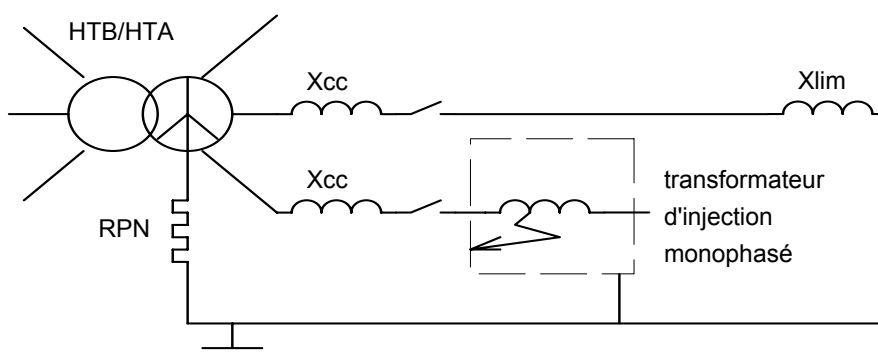
Le défaut en réseau est supposé se situer en aval des selfs de limitation à 500 MVA du poste source, quand elles existent (cas des postes parisiens dont la Pcc aux bornes du transformateur source est de 750 MVA).

### 2.8.17.2 Mise en défaut du transformateur

On crée un court-circuit entre l'enroulement HTA, en partie inférieure du bobinage, et la masse métallique la plus proche, à l'aide d'un fil de cuivre argenté de diamètre 0,5 mm. L'accessibilité au conducteur nécessitera de percer l'isolant. Le trou de perçage aura un diamètre inférieur à 2 mm.

### 2.8.17.3 Modalité de l'essai

Le schéma d'essai d'un transformateur monophasé est le suivant :



**Figure 3 Schéma d'essai d'un transformateur monophasé**

$X_{cc}$  représente la réactance (50 hertz) de court-circuit amont, vue des bornes du transformateur d'injection.

$X_{lim}$  représente la réactance (50 hertz) de la self de limitation de la Pcc du réseau (quand elle existe).

RPN est la résistance de mise à la terre du neutre HTA.

La valeur des composants du circuit d'essai est donnée dans le tableau suivant, en fonction du courant de court-circuit triphasé  $I_{cc}$  du transformateur (monophasé ou triphasé).

$I_{cc}$ (valeur assignée)	12,5 kA	20 kA
RPN	12 ohms ou 40 ohms	12 ohms ou 40 ohms
$X_{cc}$	0,92 ohms	0,52 ohms
$X_{lim}$	-	0,40 ohms

courant d'essai présumé	10,9 kA	13,9 kA
----------------------------	---------	---------

On applique une tension triphasée HTA de 20 kV (50 Hz) aux bornes du circuit d'essai. La succession de fermeture des phases est telle que la phase en défaut dans le transformateur est mise sous tension la dernière. La durée de l'essai est de 300 ms après fermeture des 3 phases.

#### **2.8.17.4 Mesures à effectuer**

On mesure :

- les 2 courants de phases, en aval des Xcc, ainsi que le courant de neutre
- les 2 tensions phase-terre en aval des Xcc, ainsi que la tension de neutre

#### **2.8.17.5 Sanction de l'essai**

Le résultat de l'essai est satisfaisant s'il ne se produit pas :

- d'explosion,
- de projection de matières, à plus de 0,5 mètre du transformateur,
- de début de combustion,

dans les quinze minutes qui suivent le début de l'essai.

#### **2.8.18 Essai climatique**

Ne concerne que le cas intérieur (transformateurs à isolement sec).

Cet essai est effectué selon les recommandations de la norme NF C 52-726.

#### **2.8.19 Essai de choc thermique**

Ne concerne que le cas intérieur (transformateurs à isolement sec).

Cet essai est effectué selon les recommandations de la norme NF C 52-726.

#### **2.8.20 Essai de comportement au feu**

Ne concerne que le cas intérieur (transformateurs à isolement sec).

Cet essai est effectué selon les recommandations de la norme NF C 52-726.

On contrôlera les gaz nocifs produits (HCN, HBr, HF, SO<sub>2</sub>, HCOH ). Le détail des procédures d'essai et les limites acceptables seront définis ultérieurement.

#### **2.8.21 Contrôle de l'étanchéité des joints aux diélectriques liquides**

Ne concerne que le cas extérieur.

La détection des fuites de diélectriques liquides peut être effectuée à l'aide de la solution de formule ci-dessous :

- 1 g de rouge écarlate pour graisse,

- et 500 g de carbonate de calcium, précipité léger dissous dans : 1,2 litre d'alcool éthylique dénaturé et 1 litre d'eau.
- et après passage à l'étuve à 80 °C pendant 10 heures.
-

## Annexe A (Normative) : Tableau récapitulatif des caractéristiques électriques des transformateurs d'injection normalisés

### A.1 Transformateur de type extérieur immergés dans l'huile

$U_n$ 50 Hz	$U_i$ 50 Hz	$U_n$ 175 Hz	Courants nominaux à 50 Hz, dans chaque enroulement du transformateur					
			20 MVA		40 MVA		70 MVA	
			$I_s$	$I_p$	$I_s$	$I_p$	$I_s$	$I_p$
15 kV 20 kV	17,5 kV 24 kV	199,5 V 266 V	776 A 580 A	156 A 156 A	1552 A 1160 A	312 A 312 A	2030 A	546 A
Pertes maximales triphasées à $I_n$ 50 Hz à +40°C			1,2 kW		2,4 kW		4,2 kW	
Pertes maximales triphasées à 175 Hz (ou 188 Hz) sous 1000 Volts à +40°C			6 kW		12 kW		21 kW	
Puissance magnétisante maximale triphasée à 175 Hz (ou 188 Hz) sous 1000 Volts			20 kVar		40 kVar		70 kVar	

### A.2 Transformateur de type intérieur à isolement sec

$U_n$ 50 Hz	$U_i$ 50 Hz	$U_n$ 175 Hz	Courants nominaux à 50 Hz, dans chaque enroulement du transformateur			
			40 MVA		70 MVA	
			$I_s$	$I_p$	$I_s$	$I_p$
15 kV 20 kV	17,5 kV 24 kV	199,5 V 266 V	1552 A 1160 A	312 A 312 A	- 2030 A	- 546 A
Pertes maximales triphasées à $I_n$ 50 Hz à +40°C			3,1 kW		5,4 kW	
Pertes maximales triphasées à 175 Hz ou 188 Hz sous 1000 Volts à +40°C			12 kW		21 kW	
Puissance magnétisante maximale triphasée à 175 Hz ou 188 Hz sous 1000 Volts			40 kvar		70 kvar	



### Annexe B (Normative) : Schéma des plages des raccordement pour transformateur 40 ou 70 MVA de type intérieur à isolement sec

Schéma des plages des raccordements secondaires pour transformateur 40 ou 70 MVA de type intérieur à isolement sec.

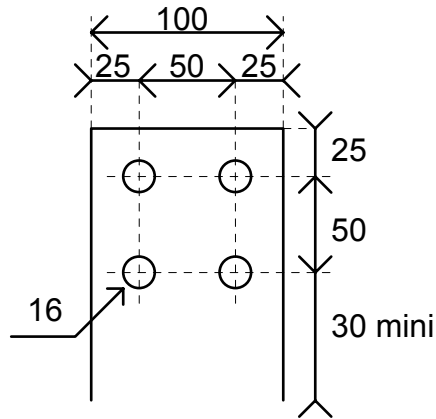
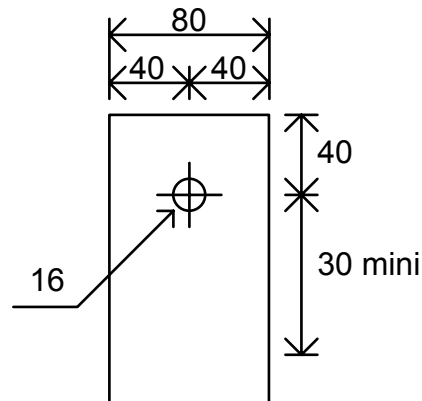


Schéma des plages de raccordement primaires pour transformateur 40 ou 70 MVA de type intérieur à isolement sec.

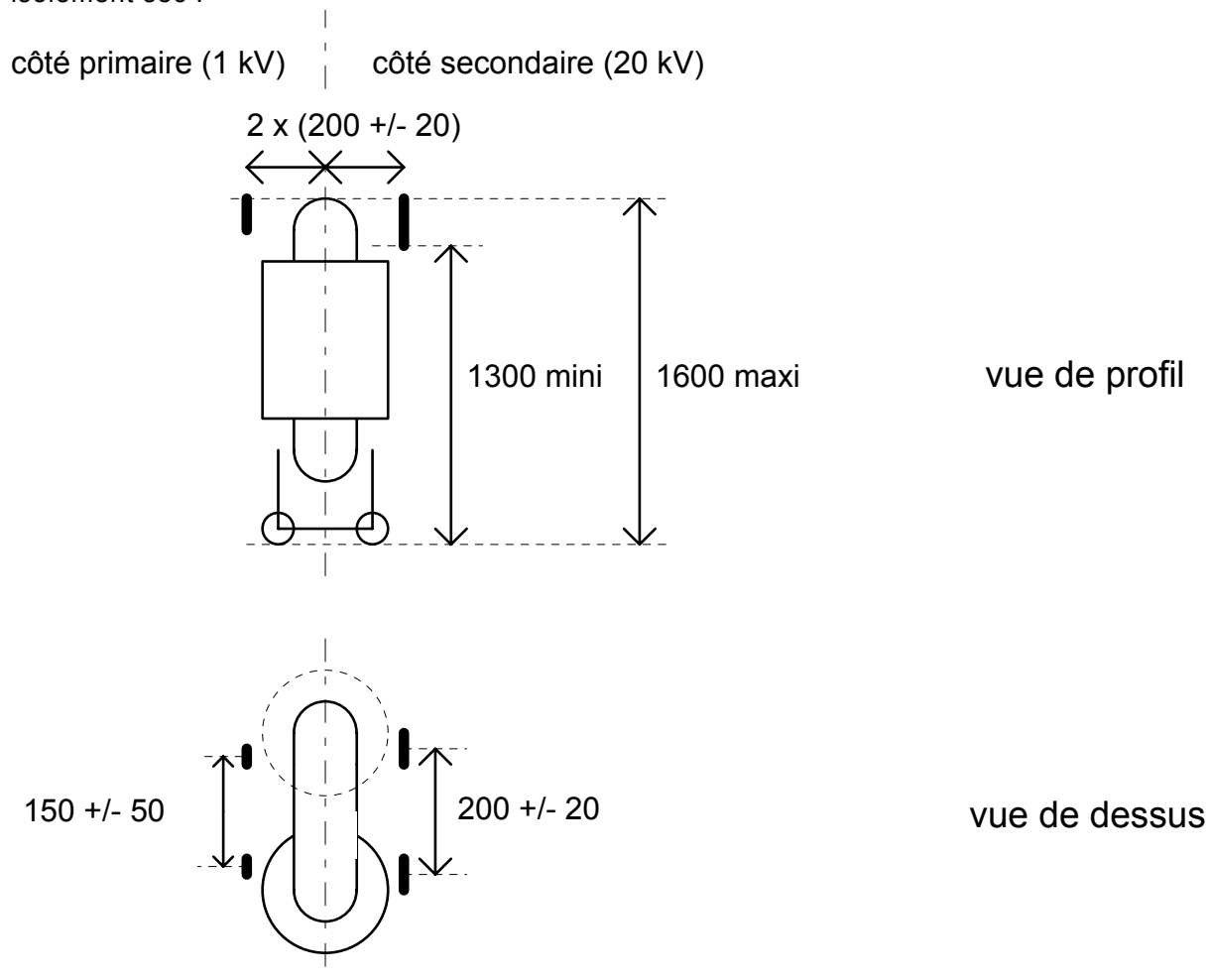


Les cotes sont données en millimètres.

**Figure 4 Schéma des plages des raccordements**

### ANNEXE B (SUITE)

Positionnement préférentiel des bornes d'un transformateur 40 ou 70 MVA de type intérieur à isolement sec :

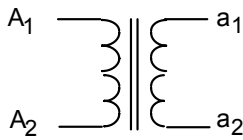


Les cotes sont données en millimètres.

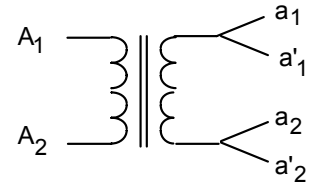
**Figure 5 Positionnement préférentiel des bornes d'un transformateur**

### Annexe C (Normative) : repérage des bornes des transformateurs d'injection normalisés

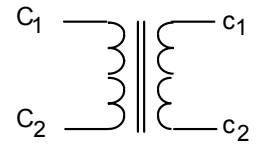
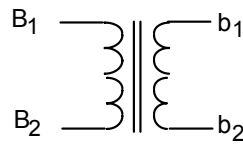
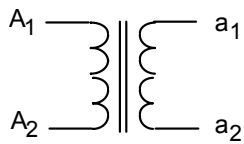
Primaire (côté générateur) : lettres majuscules  
Secondaire (côté réseau) : lettres minuscules



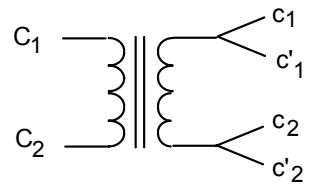
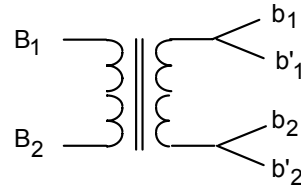
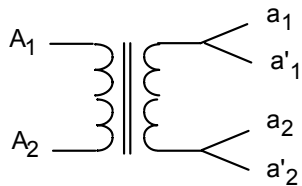
Transformateur monophasé à une seule borne de sortie secondaire



Transformateur monophasé à deux bornes de sortie secondaires



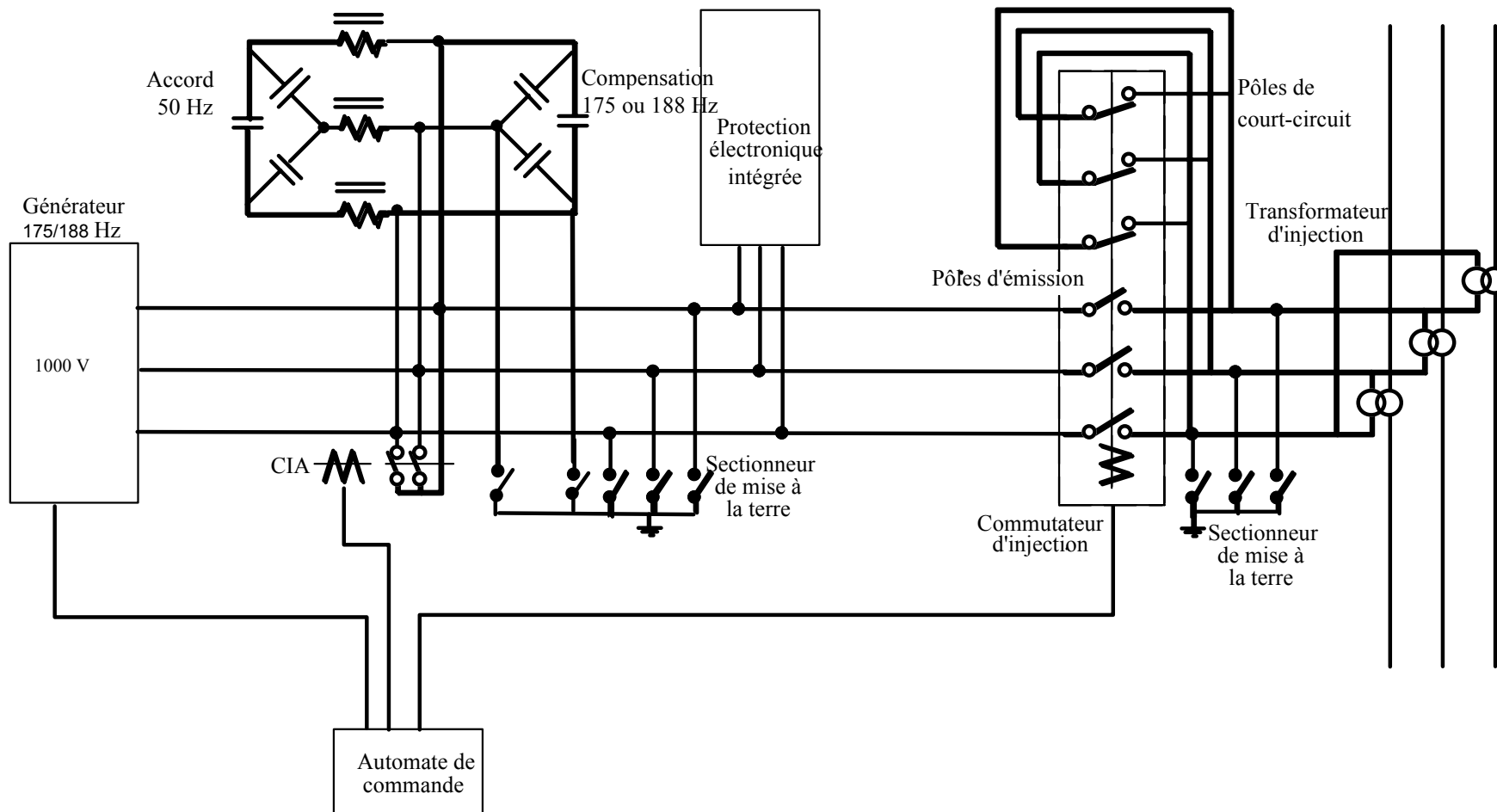
Transformateur triphasé à une seule borne de sortie secondaire



Transformateur triphasé à deux bornes de sortie secondaires

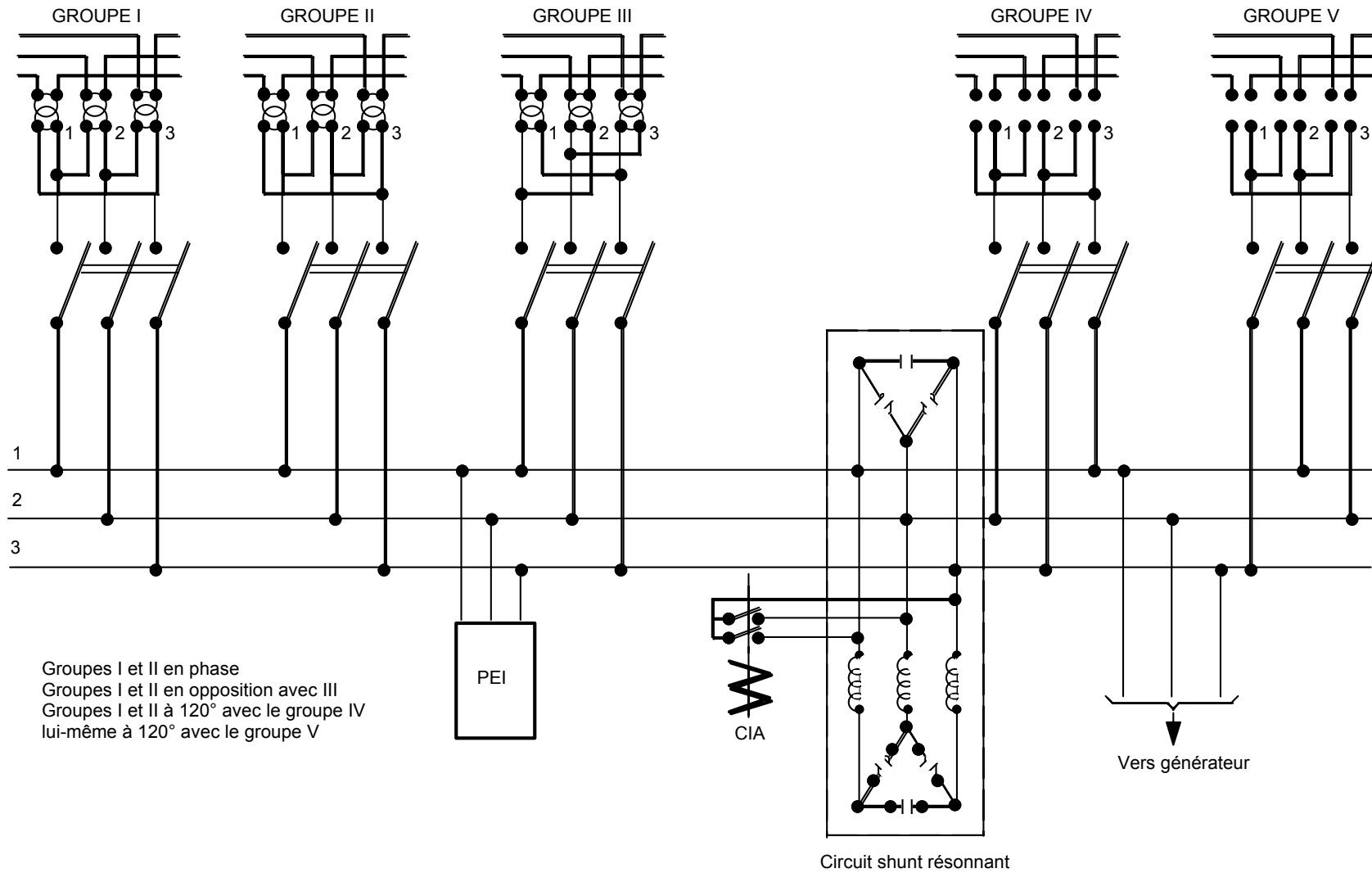
Figure 6 Repérage des bornes des transformateurs d'injection normalisés

**Annexe D (Normative) : schéma du circuit d'émission en série en une tranche de 20 ou de 40 MVA**



**Figure 7 Schéma du circuit d'émission en série**

**Annexe E (Normative) : schéma type d'émission en phase, en opposition de phase et à 120°**



**Figure 8 Schéma type d'émission en phase, en opposition de phase et à 120°**

### 3 Section : Circuit-shunt résonant

#### 3.1 Introduction

Le rôle du circuit-shunt résonant est double :

- à 50 Hz, il court-circuite les enroulements secondaires des transformateurs d'injection en phase d'émission,
- à la fréquence de télécommande, il compense l'énergie réactive absorbée par les inductances d'accord et les inductances des transformateurs d'injection grâce à des condensateurs (dits " condensateurs de compensation ") branchés en parallèle.

Les circuits-shunts résonants comportent essentiellement :

- un circuit d'accord à 50 Hz, constitué d'une inductance triphasée, en série avec une batterie triphasée composée de condensateurs monophasés couplés en triangle, dont le rôle est d'assurer le court-circuit des primaires des TI pendant une émission,
- un circuit de compensation à la fréquence de télécommande, composé de condensateurs monophasés couplés en triangle, dont le rôle est de compenser l'énergie réactive à 175 ou 188 Hz absorbée par le circuit accordé à 50 Hz et par les transformateurs d'injection,
- une protection électronique intégrée (PEI) agissant en cas de surtension sur le jeu de barres TCFM et protégeant à la fois les constituants du circuit-shunt et le générateur TCFM,
- un commutateur d'injection auxiliaire (CIA), qui, fermé, assure la mise en court-circuit du jeu de barres TCFM et participe ainsi à la protection du reste du circuit-shunt et du générateur ainsi qu'à la réduction de l'usure des CI,
- un sectionneur de mise à la terre, qui assure la mise en court-circuit et à la terre des parties accessibles du circuit-shunt.

Les puissances normalisées des circuits-shunts résonants sont 20 et 40 MVA. Le cas de la puissance 70 MVA est couvert par l'association en parallèle de 2 circuits-shunts 40 MVA, dont l'un est équipé d'un CIA et d'une PEI spécialement dimensionnés.

Le schéma ci-dessous présente le circuit-shunt :

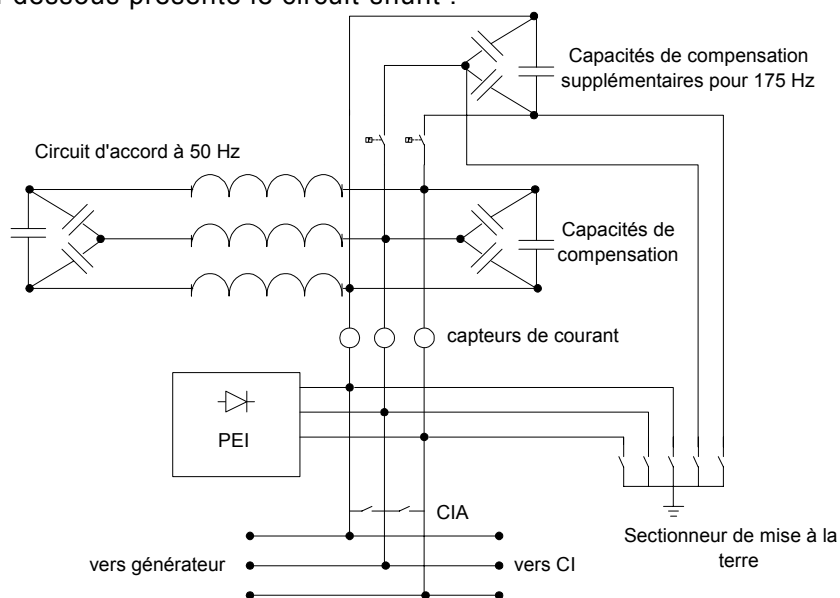


Figure 9 Schéma du circuit-shunt

## 3.2 Exigences fonctionnelles et constructives

### 3.2.1 Généralités

#### 3.2.1.1 Présentation

Le circuit-shunt résonant est de type intérieur.

L'ensemble des matériels du circuit-shunt 20 ou 40 MVA est installé dans deux armoires, dont une qui contient uniquement les inductances.

L'indice de protection des armoires est IP21 suivant la norme NF EN 60529 (C 20-010) et l'indice de protection contre les chocs mécaniques est IK07 suivant la norme NF EN 50102 (C 20-015).

Ces armoires ne devront pas excéder 2 m en hauteur. Le châssis de base des armoires doit permettre des manutentions au sol.

La profondeur des armoires ne doit pas excéder 0,75 m et la largeur des deux armoires accolées 2,6 m.

Les armoires doivent être protégées soigneusement contre la corrosion :

- les enveloppes métalliques et les châssis doivent, par un traitement approprié, être protégés contre la rouille,
- la visserie, la boulonnerie et les accessoires de fermeture doivent être inoxydables, par nature ou par traitement.

L'ensemble du revêtement doit être suffisamment résistant pour présenter peu de risque de détérioration au cours des opérations de transport, de montage et d'entretien.

L'accès à l'armoire des condensateurs est assujéti au sectionneur de mise à la terre.

Il est autorisé que l'accès à l'inductance se fasse uniquement par démontage de panneaux à l'aide d'outils. Dans le cas d'un accès par une porte, celui-ci doit être assujéti au sectionneur de mise à la terre.

Le circuit-shunt est équipé d'une plaque signalétique sur une des portes des deux armoires (à l'intérieur ou à l'extérieur) reprenant les éléments suivants :

- " Circuit-shunt résonant de télécommande centralisée à 175 Hz et 188 Hz de  $S_n$  MVA à 50 Hz - Spécification HN 96-S-65 ",
- Nom et adresse du constructeur,
- Date et numéro de fabrication ou de série.

A l'intérieur des armoires, une ou plusieurs plaques donneront les éléments suivants :

- schéma d'ensemble du circuit-shunt résonant,
- valeur de l'inductance en mH,
- valeur des modules de condensateurs en  $\mu$ F et tension nominale en V.

Les faces externes des portes et des panneaux démontables des armoires seront munies du signal d'avertissement "risque électrique" T10 (triangle jaune) ainsi que de plaques portant de façon **très apparente** la mention "**DANGER** - Condensateurs".

### 3.2.1.2 Contraintes d'environnement

Le circuit-shunt est prévu pour être utilisé en intérieur dans un local de TCFM situé dans le poste-source dans les conditions normales définies dans la spécification HN 46-R-01 avec la classe 3 (local chauffé et ventilé avec panne éventuelle du chauffage). Ceci correspond à un domaine de fonctionnement nominal de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$  et à un domaine limite de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avec un taux d'humidité maximal de 95 % et pour une pression atmosphérique comprise entre 860 et 1060 hPA.

Le circuit-shunt est prévu pour être stocké entre  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le fonctionnement du circuit-shunt ne doit pas être perturbé par les perturbations électromagnétiques définies dans les essais du chapitre 3.5.11.

### 3.2.1.3 Alimentations

Le circuit-shunt est alimenté pour les automatismes, le CIA et la PEI en 230 VAC, avec les caractéristiques suivantes :

Tension	230 VAC
Domaine nominal	-10 % / +10 %
Fréquence	48-52 Hz
Taux d'harmonique	$\leq 5\%$
Taux de 175 ou 188 Hz	$\leq 5\%$
Creux de tension	100 % - 200 ms

Une alimentation +48 VDC  $-20\%$  /  $+15\%$  externe (contrôle-commande poste ou télécommunications) peut être utilisée pour mouiller les entrées TOR du circuit-shunt. On se reportera au chapitre 2.2.1 de la spécification HN 46-R-01-4 pour les caractéristiques de cette alimentation.

### 3.2.1.4 Isolement

La tenue diélectrique à la fréquence industrielle 50 Hz est de :

- 7 kV efficaces pour les circuits 1000 VAC,
- 2 kV efficaces pour les autres circuits.

La tenue à la tension de choc (1,2/50  $\mu\text{s}$ ) est de :

- 12 kV pour les circuits 1000 VAC,
- 5 kV pour les autres circuits.

### 3.2.1.5 Courants 50 Hz nominaux

Les courants 50 Hz nominaux  $I_{n\ 50\ \text{Hz}}$  des circuits-shunts sont donnés dans le tableau suivant :

Type de circuit-shunt	Courant nominal 50 Hz
20 MVA	270 A
40 MVA	540 A
40 MVA // 40 MVA	950 A



En particulier, la PEI et le CIA devront être dimensionnés pour un courant nominal 50 Hz de 950 A dans le cas de 2 circuits-shunts 40 MVA en parallèle.

### **3.2.1.6 Tenue au courant de court-circuit**

Le circuit-shunt (20 ou 40 MVA) devra pouvoir supporter des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 12,5 kA sur le réseau HTA.

L'ensemble "deux circuits-shunts 40 MVA en parallèle" devra pouvoir supporter des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 20 kA sur le réseau HTA.

## **3.2.2 Caractéristiques détaillées**

### **3.2.2.1 Circuits électriques - Bornes - Masses**

Les circuits soumis à des tensions du domaine BTB doivent être différenciés de ceux soumis à des tensions du domaine BTA, afin d'être aisément identifiables.

Les bornes de raccordement sont inoxydables par nature ou par traitement ; elles doivent être dimensionnées en fonction des courants et être très accessibles.

Le raccordement des conducteurs aux bornes s'effectue par l'intermédiaire de dispositifs évitant les desserrages sous l'action des vibrations mécaniques.

Tous les points de terre sont regroupés sur un barreau de terre percé d'un trou de 12 mm de diamètre afin de le relier à la terre du poste.

### **3.2.2.2 Dispositions particulières**

L'usage de piles ou batteries est exclu, vu la durée de vie spécifiée pour le matériel.

### **3.2.2.3 Inductances**

Les inductances seront du type intérieur à refroidissement naturel par air.

Une borne sera prévue à la partie inférieure pour la mise à la terre du châssis et du circuit magnétique.

Les caractéristiques électriques des inductances pour les différentes puissances nominales de circuits-shunts résonants sont mentionnées ci-dessous :

Puissance nominale du circuit-shunt résonant	20 MVA	40 MVA
Courant nominal à 50 Hz, $I_{n\ 50\ Hz}$	270 A	540 A
Valeur nominale par phase $L_n$ de l'inductance à +23 °C	3,125 mH	1,562 mH
Courant dans l'inductance à 175/188 Hz superposé, pour une tension primaire de 1000 V à 175/188 Hz, $I_{n\ 175/188\ Hz}$	180 A	360 A
Pertes maximales à 50 Hz par phase de l'inductance, en régime nominal à 50 Hz et pour une température ambiante de +40 °C	1,5 kW	3 kW
Pertes maximales à 175 et 188 Hz par phase de l'inductance, pour les régimes nominaux à 50 et 175 et 188 Hz et pour une température ambiante de +40 °C	1,5 kW	3 kW
Tension nominale d'isolement, à la masse et entre spires pour la totalité de l'enroulement	3 kV	

La valeur de chaque inductance ne devra pas différer de la valeur nominale de plus de -2 % à 0 % pour les conditions suivantes (combinées dans leurs différents extrema possibles) :

- courants à 50 Hz compris entre 0,8 et 1,25  $I_{n\ 50\ Hz}$ ,
- courants à 175 et 188 Hz compris entre 0,7 et 1,15  $I_{n\ 175/188\ Hz}$ ,
- température ambiante entre -10 °C et +55 °C.

Les inductances devront être dimensionnées de manière à pouvoir supporter le régime de fonctionnement intermittent ci-dessous :

1,25 $I_{n\ 50\ Hz}$	1,25 $I_{n\ 50\ Hz}$ + 1,15 $I_{n\ 175/188\ Hz}$	0 A
0	13min 30sec	17min 30min

### 3.2.2.4 Batteries de condensateurs d'accord à 50 Hz et de compensation à 175 et 188 Hz

Les condensateurs d'accord à 50 Hz et de compensation à 175 et 188 Hz doivent être de type intérieur.

Le passage d'une compensation 175 Hz à une compensation 188 Hz se fait par l'intermédiaire d'un contacteur de changement de fréquence. En 175 Hz, ce contacteur insère dans le circuit des condensateurs complémentaires. Ce contacteur est commandé par l'information TOR " Changement de fréquence " venant de l'automate TCFM.

Pour tout ce qui n'est pas précisé dans cette spécification, les condensateurs doivent satisfaire aux normes NF EN 60831-1 (C 54-108) et NF EN 60831-2 (C 54-109).

Les batteries de condensateurs d'accord et de compensation sont constituées de modules élémentaires mis en parallèle conformément au tableau suivant.

Si ces unités (modules) sont constituées par association de condensateurs élémentaires en série, les bornes intermédiaires doivent être isolées (aucune pièce intermédiaire sous tension ne doit être accessible).

Les valeurs des capacités adoptées pour les condensateurs d'accord à 50 Hz et de compensation à 175 et 188 Hz sont indiquées ci-dessous :

Puissance nominale du circuit-shunt résonant	20 MVA	40 MVA
<b>Condensateurs d'accord à 50 Hz</b>		
Capacité nominale par module*	entre 20 $\mu$ F et 50 $\mu$ F	
Capacité à fournir par branche	1080 $\mu$ F	2160 $\mu$ F
Tension nominale 50 Hz	500 V	
<b>Condensateurs de compensation à 175 et 188 Hz</b>		
Capacité nominale par module*	entre 4 $\mu$ F et 8 $\mu$ F	
Capacité nominale par branche du triangle à 188 Hz pour un TI (20 MVA ou 40 MVA)	88 $\mu$ F	176 $\mu$ F
Capacité à fournir par branche du triangle à 188 Hz	100 $\mu$ F	200 $\mu$ F
Capacité nominale par branche du triangle à 175 Hz pour un TI (20 MVA ou 40 MVA)	102 $\mu$ F	204 $\mu$ F
Capacité à fournir par branche du triangle à 175 Hz	115 $\mu$ F	230 $\mu$ F
Tension nominale 175 / 188 Hz	1200 V	

\* Le constructeur pourra proposer des modules de valeur plus importante pour réaliser le plus gros de l'accord ou de la compensation, à condition que le pas de réglage soit conservé.

La capacité de chacune des branches de condensateurs d'accord à 50 Hz ne pourra différer de sa valeur nominale à +23 °C de plus de 0 à +2 %.

La capacité de la batterie de compensation à 175 et 188 Hz ne pourra différer de la valeur nominale indiquée dans le tableau ci-dessus de plus de  $\pm 4$  %, ceci étant obtenu en choisissant des unités de condensateurs de capacité convenable.

Chaque condensateur devra respecter le marquage imposé par la NF EN 60831-1 (C 54-108).

Des lots de maintenance devront être prévus afin de pouvoir remplacer tout condensateur ou tout module de condensateurs défectueux.

### 3.2.2.5 Protection électronique des condensateurs d'accord à 50 Hz et des condensateurs de compensation

La protection électronique intégrée (PEI) a pour but de protéger l'ensemble de télécommande contre un court-circuit de réseau et contre un mauvais fonctionnement du CIA.

Elle est installée dans l'armoire condensateurs, raccordée au jeu de barre 1000 V.

En cas de court-circuit sur le réseau HTA, une surtension importante peut apparaître sur les circuits 1000 V (en particulier aux bornes de la batterie de condensateurs de compensation). La PEI doit provoquer un court-circuit lors de l'apparition d'une surtension entre phases de plus de 1272 V efficaces, ce qui correspond à une tension crête de 1800 V.

La PEI doit déclencher en moins de 20  $\mu$ s et activer immédiatement la fermeture du CIA. La PEI doit établir instantanément et maintenir un court-circuit entre les phases du jeu de barres TCFM pendant le temps nécessaire à la fermeture du CIA. Elle doit pouvoir supporter sans dégradation le courant de court-circuit donné au chapitre 3.2.1.6 pendant son fonctionnement.

La tension phase pendant la durée du court-circuit, une fois que la PEI a déclenché, ne doit pas dépasser 30 V crête.

En cas de non fermeture du CIA lors d'un court-circuit, la PEI doit assurer le court-circuit, ce qui peut occasionner sa destruction. Dans ce cas, il ne doit pas y avoir d'incendie ni de projection, et seule la PEI doit être endommagée.

La PEI possède deux modes de fonctionnement : " normal " et " test " .

Le mode " test " permet d'essayer la PEI avec un seuil de déclenchement réduit de 565 V efficaces, soit une tension crête de 800 V. Le passage en mode " test " s'effectue grâce à un commutateur accessible à l'intérieur de l'armoire où se situe la PEI.

Le mode " normal " est le mode de fonctionnement en service de la PEI. On distingue le mode normal " 1 coup " et le mode normal " 2 coups " .

En mode " 1 coup ", chaque défaut provoque la retombée définitive du CIA (et donc l'émission de l'information TOR " % CIA (boucle shunt) ") qui ne peut être ouvert qu'après un acquittement manuel sur un bouton-poussoir en face avant de l'armoire condensateurs (ou un acquittement par l'autodiagnostic, voir plus loin). Une LED " Alarme " est activée sur la face avant de l'armoire condensateurs tant que l'acquittement n'a pas été effectué.

La sortie TOR " Panne circuit-shunt " est émise si le défaut est d'origine interne (voir plus loin) détecté par les autotests du circuit-shunt.

En mode " 2 coups ", un premier défaut est acquitté automatiquement par le circuit-shunt. L'information TOR " Répétition shunt " est émise vers l'automate TCFM, l'information TOR " % CIA (boucle shunt) " est émise quand le CIA retombe, l'information TOR " Panne circuit-shunt " n'est pas émise. L'automate TCFM effectue une répétition après une temporisation. Si, lors de la répétition, un deuxième défaut apparaît, la retombée du CIA devient définitive et acquittable comme en mode " 1 coup ". Une LED " Alarme " est activée sur la face avant de l'armoire condensateurs tant que l'acquittement n'a pas été effectué.

Si lors de l'émission qui suit le premier défaut il n'y a pas de défaut, le prochain défaut sera considéré par le circuit-shunt comme un premier défaut.

Un compteur de défauts est incrémenté à chaque défaut.

### **3.2.2.6 Commutateur d'injection auxiliaire (CIA)**

Le commutateur d'injection auxiliaire est installé dans l'armoire condensateurs, sur le jeu de barres 1000 V.

Portes ouvertes, la visibilité des pôles, ainsi qu'une bonne accessibilité du CIA pour le remplacement des pôles doivent être prévues.

Le CIA est un appareil de type contacteur. Il est normalement fermé en position repos, mettant les circuits 1000 V en court-circuit.

Le CIA n'est ouvert qu'après le basculement des commutateurs d'injection, en position "Emission", à la réception de la commande TOR " Commande CIA " venant de l'automate TCFM. Il est refermé avant le basculement des commutateurs d'injection en position "court-circuit".

L'automate TCFM est informé de la position du CIA par l'information TOR " % CIA (boucle shunt) " .

Les commutateurs d'injection auxiliaires sont prévus pour être parcourus par des courants à 50 Hz, conformément au chapitre 3.2.1.5.

Ils sont dimensionnés pour subir l'image du courant de court-circuit du réseau HTA (chapitre 3.2.1.6).

Les puissances traversantes normalisées équivalentes pour les commutateurs d'injection auxiliaires sont 20, 40 et 70 MVA.

La tension nominale d'isolement est de 3 kV 50 Hz.

Le commutateur d'injection auxiliaire peut effectuer 24 manoeuvres complètes par heure (une manoeuvre comprend une ouverture + une fermeture), parcouru par des courants nominaux.

Le CIA doit être conçu pour pouvoir effectuer 480 000 opérations de service en tout, avec une périodicité de maintenance (remplacement des contacts) au minimum de 120 000 manoeuvres.

Le circuit-shunt possède un dispositif de commande automatique de retombée du CIA si celui-ci reste ouvert plus de 2 minutes. A expiration de la temporisation, il est automatiquement et définitivement fermé et la LED " Alarme " est activée en face avant de l'armoire condensateurs (la sortie TOR " Panne circuit-shunt " est émise). Le fonctionnement normal du CIA ne pourra reprendre qu'après acquittement, par le même bouton-poussoir que pour la PEI.

Un compteur de manoeuvres du CIA est incrémenté à chaque manoeuvre (fermeture + ouverture).

Une LED en face avant informe l'opérateur de la position du CIA (allumée en émission, CIA ouvert).

Pour tout ce qui n'est pas précisé dans cette spécification, le CIA devra répondre à la norme NF EN 60947-4-1 (C 63-110).

### **3.2.2.7 Sectionneur de mise à la terre**

Ce sectionneur permet la mise en court-circuit et à la terre de l'installation pour l'intervention du personnel comme montré sur la figure du chapitre 3.1.

Le CIA est asservi à la position du sectionneur. Quand le sectionneur est manoeuvré sur la position " terre ", le CIA doit être verrouillé électriquement en position fermée, la sortie TOR " % CIA (boucle shunt) " doit s'ouvrir.

Le sectionneur de mise à la terre a un pouvoir assigné de fermeture de 2,5 kA crête sous 400 V efficaces. Son courant assigné de courte durée admissible est de 1 kA.

Des dispositions constructives seront prises pour assurer la certitude de l'indication, notamment en cas de rupture mécanique dans la commande.

Pour tout ce qui n'est pas précisé dans cette spécification, le sectionneur devra répondre à la norme NF EN 60947-3 (C 63-130).

### **3.2.2.8 Autotests**

Le circuit-shunt est équipé d'autotests de ses automatismes (interfaces TOR, PEI, cartes CPU...).

Dans le cas d'une défaillance détectée par un autotest, le circuit-shunt émet vers l'automate TCFM l'information TOR " Panne circuit-shunt ". Cette information peut ne plus être émise si les conditions nominales de fonctionnement pour le circuit-shunt sont à nouveau réunies.

### **3.2.2.9 Capteurs de mesure**

Le circuit-shunt est équipé des capteurs suivants :

- trois TT classe 3, donnant une image des tensions phases,
- trois TC ou tores, classe 1, donnant une image des courants de ligne (jeu de barres TCFM, côté CI).

La bande passante des TT et TC est 50 - 400 Hz.

La tenue diélectrique des enroulements primaires par rapport aux enroulements secondaires est 7 kVeff.

La tenue à l'onde de choc des enroulements primaires par rapport aux enroulements secondaires est 12 kV.

Les TC ou tores sont placés dans le circuit-shunt de telle façon qu'ils soient protégés par le CIA et la PEI des courants de court-circuit en cas de défaut sur le réseau HTA (voir schéma chapitre 3.1).

L'armoire condensateurs est équipée en face avant de boîtes d'essais conformes au GTDE §67-1 pour ces circuits mesures (de type ENTRELEC). Les rapports de transformations devront être clairement indiqués en face avant.

Le but de ces capteurs, outre de servir dans l'option d'autodiagnostic décrite ci-dessous, est de permettre à un opérateur de procéder à une vérification des accords à 50 Hz et à 175/188 Hz sans avoir à ouvrir les armoires du circuit-shunt avec présence de la tension (sécurité des opérateurs).

### **3.2.2.10 Autodiagnostic consultable à distance (option)**

Le circuit-shunt peut être équipé en option d'une fonctionnalité d'autodiagnostic consultable à distance par le RTC. Cette option peut aussi inclure la possibilité de connecter un PC sur place.

Cet autodiagnostic ou télésurveillance pourra, entre autre, permettre à l'utilisateur d'avoir accès aux informations suivantes :

- état de l'indicateur d'alarme due à un ou des déclenchements de la PEI ou à une retombée automatique du CIA,
- températures des inductances,
- résultats d'autotests des automatismes,
- valeurs des compteurs de défauts PEI et de manoeuvres CIA,
- positions du CIA et du contacteur de changement de fréquence,

- mesures des courants et des tensions 50 Hz et 175/188 Hz,
- interprétations résultant des mesures : validité de l'accord à 50 Hz et de la compensation à 175/188 Hz, contrôle de l'usure des pôles du CIA, ...

Les téléactions comme la manoeuvre du CIA et la manoeuvre du contacteur de fréquence ne sont pas autorisées.

L'acquiescement de l'alarme est autorisé et doit être protégé par un mot de passe. Lorsque l'opérateur effectue cette opération, il doit être prévenu par le logiciel que cette dernière est une opération importante qui doit normalement se faire sur place.

Le logiciel de télésurveillance devra être mis en œuvre sur un système informatique de type PC sous un système d'exploitation standard avec une interface de type multifenêtrage. Dans le cas d'un générateur TCFM et d'un circuit-shunt d'un même constructeur, un même logiciel pourra être utilisé.

### **3.2.2.11 Cas particulier de deux circuits-shunts 40 MVA en parallèle**

Le couplage en parallèle de deux circuits-shunts 40 MVA est utilisé dans le cas d'installations avec des TI 70 MVA.

On distingue dans ce cas deux circuits-shunts : le circuit-shunt dit " principal " et le circuit-shunt dit " additionnel ".

Le raccordement des deux circuits-shunts s'effectue de la manière suivante :

- il n'y a qu'une seule interface E/S avec l'automate TCFM, qui se situe sur le circuit-shunt principal,
- les commandes du circuit-shunt additionnel proviennent du circuit-shunt principal,
- les barres d'arrivées des deux circuits-shunts (plage de raccordement vers les CI) sont reliées par des câbles de section 300 mm<sup>2</sup>,
- les deux batteries de condensateurs d'accord à 50 Hz sont interconnectées par des câbles de section 50 mm<sup>2</sup>.

L'interconnexion des deux batteries d'accord se justifie par le possible déséquilibre entre les courants traversant les deux inductances si ce principe n'est pas employé. Une inductance pourrait alors être utilisée au-delà de son régime nominal. Le schéma suivant présente le principe de cette interconnexion.

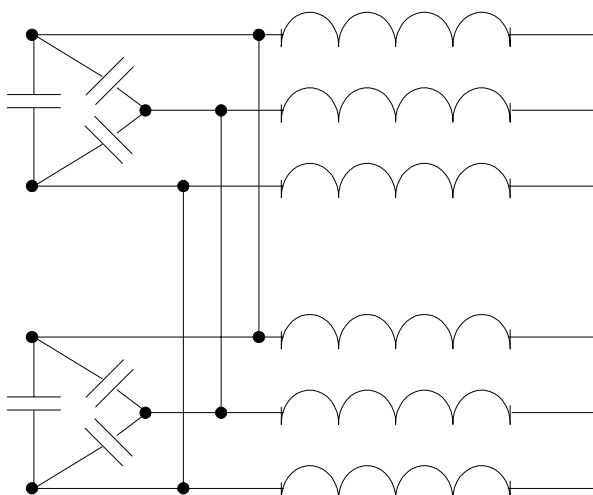


Figure 10 Schéma de deux circuits-shunts 40 MVA en parallèle

### 3.3 Sûreté de fonctionnement

#### 3.3.1 Durée de vie

La durée de vie du circuit-shunt est de 30 ans.

#### 3.3.2 Fiabilité, maintenabilité et disponibilité

##### 3.3.2.1 Conditions de sollicitations des équipements

On décrit les principales hypothèses liées aux sollicitations externes du circuit-shunt :

Sollicitations externes	Taux de sollicitations (s/h : sollicitations par heure) (d/h : défauts par heure)
Surtension aux bornes de la PEI due à un défaut sur le réseau HTA	$1,5 \cdot 10^{-3}$ d/h
Emission TCFM (3 tranches d'émission)	8 s/h
Présence agent dans le poste	Probabilité / poste = 0,08

##### 3.3.2.2 Précision ou définition concernant les paramètres de SdF considérés

On rappelle dans ce sous-chapitre les définitions des paramètres utilisés pour exprimer le besoin de sûreté de fonctionnement.

$\lambda_f$	Taux de non fonctionnement par heure (ou $1 / \text{MTBF}_f$ ).
$\lambda_i$	Taux de fonctionnement intempestif (ou $1 / \text{MTBF}_i$ ).
$\lambda_g$	(= $\lambda_f + \lambda_i$ ) Taux de défaillance global pour l'équipement considéré (ou $1 / \text{MTBF}_g$ ).
$\tau$	(ou MTTR : mean time to repair) Durée de réparation de l'équipement (hors déplacement).



### 3.3.2.3 Spécification technique du besoin de SdF (probabiliste) pour le circuit-shunt

Le circuit-shunt devra respecter les objectifs suivants :

#### 3.3.2.4 Objectifs de Fiabilité

Les modes de défaillances du circuit-shunt sont les suivants :

- le non fonctionnement du CIA,
- le fonctionnement intempestif du CIA,
- le non fonctionnement de la PEI,
- le fonctionnement intempestif de la PEI,
- le non fonctionnement du contacteur de changement de fréquence,
- le fonctionnement intempestif du contacteur de changement de fréquence,
- la non-signalisation d'un déclenchement sur défaut,
- le déclenchement intempestif sur défaut,
- perte d'un condensateur,
- perte d'une inductance.

Les objectifs de fiabilité pour circuit-shunt par rapport à ces différents modes de défaillance sont les suivants :

Mode de défaillance	Taux de défaillance (d/h : défaillance par heure)
Non fonctionnement du CIA	$\lambda f \leq 1.10^{-5}$ d/h
Fonctionnement intempestif du CIA	$\lambda i \leq 5.10^{-5}$ d/h
Non fonctionnement de la PEI	$\lambda f \leq 1.10^{-5}$ d/h
Fonctionnement intempestif de la PEI	$\lambda i \leq 5.10^{-6}$ d/h
Non fonctionnement du contacteur de changement de fréquence	$\lambda f \leq 1.10^{-5}$ d/h
Fonctionnement intempestif du contacteur de changement de fréquence	$\lambda i \leq 1.10^{-5}$ d/h
Non-signalisation d'un déclenchement sur défaut	$\lambda f \leq 1.10^{-6}$ d/h
Déclenchement intempestif sur défaut	$\lambda i \leq 1.10^{-6}$ d/h
Perte d'un condensateur	$\lambda g \leq 3.10^{-7}$ d/h
Perte d'une inductance	$\lambda g \leq 1.10^{-7}$ d/h

#### 3.3.2.5 Objectifs de Maintenabilité

Les différents équipements du circuit-shunt devront respecter l'objectif de maintenabilité suivant :

$$MTTR \leq 6 \text{ heures}$$

Le MTTR (ou  $\tau$ ) représente le temps moyen d'échange ou de réception (moyenne pondérée par les fréquences d'occurrences des défaillances) du circuit-shunt dans un environnement moyen et en dehors de toute considération liée au concept de maintenance (par exemple : temps d'accès aux pièces de rechanges ou temps de déplacement au poste).

Ainsi donc le MTTR prend en compte :

- la durée nécessaire à la localisation du défaut,
- la durée nécessaire à la réparation et aux réglages s'il y a lieu (à éviter autant que faire se peut),
- le temps de contrôle de bon fonctionnement (retour aux performances après réparation),
- la durée de remise en service du matériel.

### 3.3.2.6 Documents à fournir

Le constructeur doit présenter les études de fiabilité réalisées lors de la conception de son matériel.

## 3.4 Exigences d'interfaces

### 3.4.1 E/S TOR

#### 3.4.1.1 Liste des E/S TOR

#### Informations venant de l'automate TCFM

Nom Entrée	Type	Abréviation bornier	Signification
Commande CIA	monostable	CCIA	boucle fermée pendant la durée d'ouverture du CIA
Changement de fréquence	monostable	CF	boucle fermée = 175 Hz

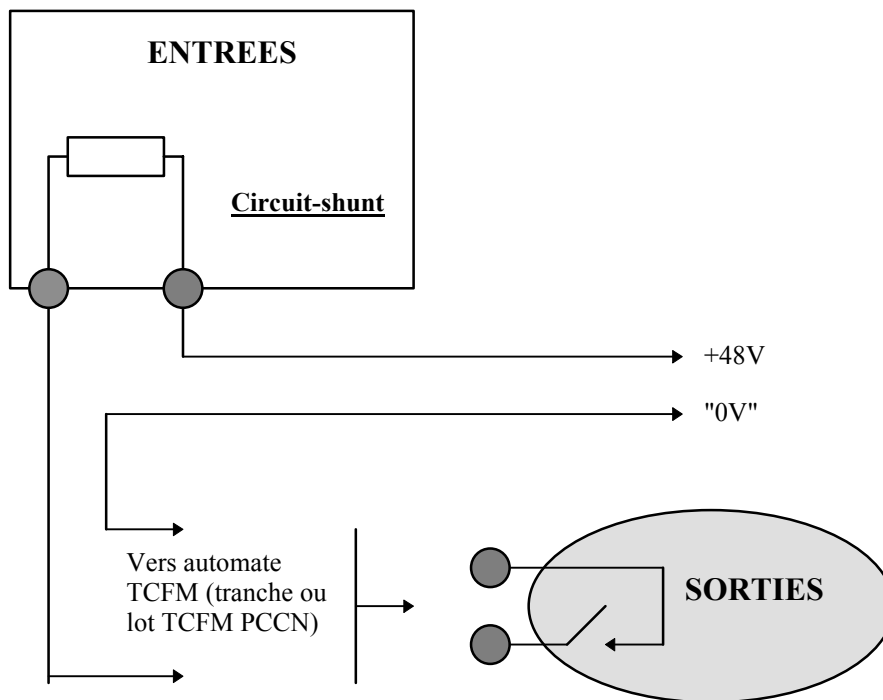
#### Informations à destination de l'automate TCFM

Nom Sortie	Type	Abréviation bornier	Signification
%CIA (boucle shunt)	monostable	%CIA	boucle fermée = ouverture du CIA
Répétition shunt	impulsion	RS	boucle fermée pendant 500 ms = demande de répétition
Panne circuit-shunt	monostable	DFS	boucle fermée = défaut interne du circuit-shunt

Les dénominations des entrées / sorties employées ci-dessus sont normatives.

#### 3.4.1.2 Caractéristiques des contacts TOR acquis par le circuit-shunt

Le schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le circuit-shunt est le suivant :



**Figure 11 Schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le circuit-shunt**

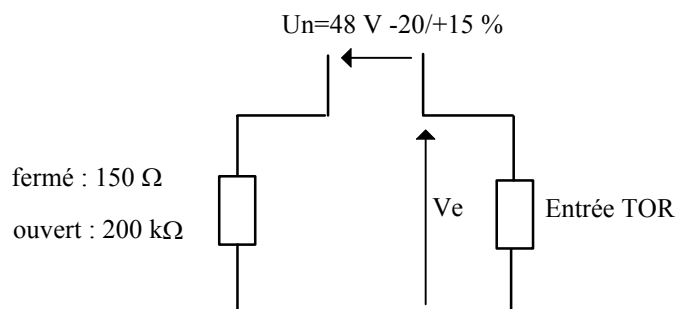
Les boucles sont alimentées soit par le circuit-shunt par une polarité 48 VDC, soit par une polarité 48 VDC " poste ".

Le temps de rebondissement des contacts est réputé inférieur à 10 ms. Les entrées TOR du circuit-shunt devront être munies d'un dispositif de filtrage des rebonds.

L'entrée du circuit-shunt aura les caractéristiques suivantes :

- consommation comprise entre 2 mA et 10 mA sous 48 VDC -20 % / +15 %,
- toute tension aux bornes de l'entrée supérieure à  $V_{e2}$  est qualifiée de façon certaine comme 1 logique. Toute tension aux bornes de l'entrée inférieure à  $V_{e1}$  est qualifiée de façon certaine comme 0 logique.

$V_{e1}$  et  $V_{e2}$  sont définis de la manière suivante :



**Figure 12 Caractérisation des entrées du circuit-shunt**

$$V_{e1} = \frac{U_n / I_{e,min}}{200k\Omega + U_n / I_{e,min}} \times (U_n + 15\%) \quad \text{tension la plus grande pour un contact ouvert}$$

Avec :

- $U_n$  la tension d'alimentation nominale : 48 V,
- $I_{e,min}$  le courant minimal de consommation de l'entrée.

$$V_{e2} = \frac{U_n / I_{e,max}}{150\Omega + U_n / I_{e,max}} \times (U_n - 20\%) \quad \text{tension la plus faible pour un contact fermé}$$

Avec :

- $I_{e,max}$  le courant maximal de consommation de l'entrée.

Le constructeur devra fournir sa plage de consommation d'entrée  $[I_{e,min}, I_{e,max}]$  et le seuil de commutation en tension auquel il compte se régler. Ces valeurs seront vérifiées lors des essais.

### 3.4.1.3 Caractéristiques des sorties TOR fournies par le circuit-shunt

Le schéma de principe d'une signalisation produite par le circuit-shunt est le suivant :

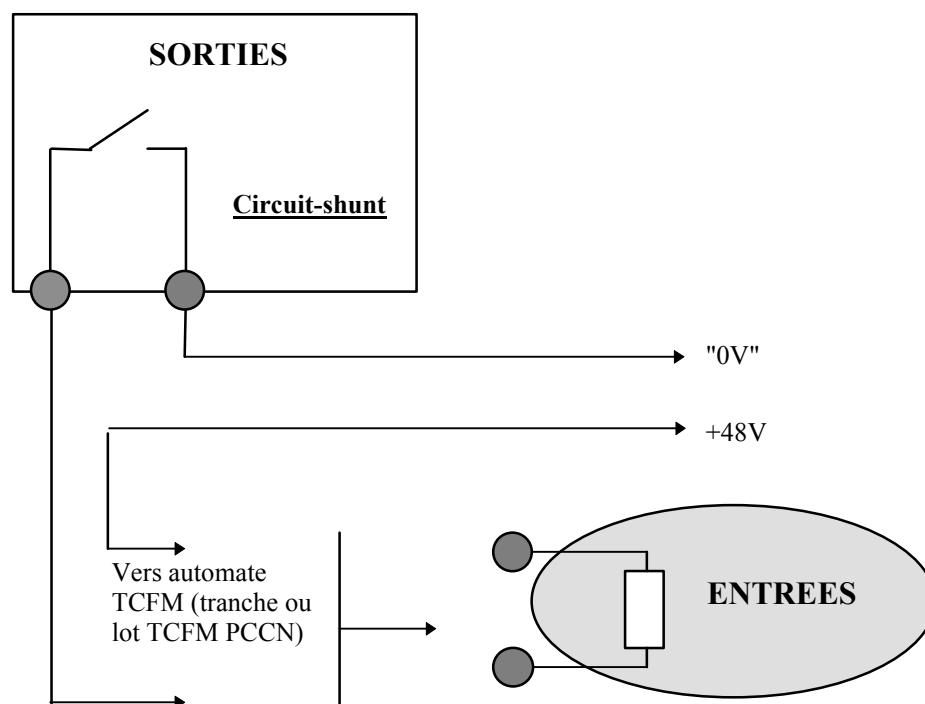


Figure 13 Caractéristiques des sorties TOR fournies par le circuit-shunt

Les boucles sont alimentées par une polarité provenant de la tranche TCFM ou du lot TCFM PCCN.

Les signalisations sont fournies sous forme de contacts libres de potentiel qui devront avoir les caractéristiques suivantes :

- courant nominal supérieur à 250 mA,
- temps de rebondissement inférieur à 10 ms,
- la sortie doit être " vue " comme un contact ouvert ou fermé dont la résistance est :
  - supérieure à 200 k $\Omega$  en position " ouverte ", filerie comprise.
  - inférieure à 150  $\Omega$  en position " fermée " filerie comprise (50  $\Omega$  maximum pour la sortie seule, plus 100  $\Omega$  maximum pour la filerie).

Les circuits de sortie doivent être aptes à tenir, sans qu'il soit nécessaire de changer une partie du matériel à l'issue de l'essai, un courant de court-circuit de 100 A pendant 30 ms.

#### **3.4.1.4 Connectique et filerie externes**

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent. La section des conducteurs est de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent. La section des conducteurs est de 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### **3.4.2 Capteurs de mesure**

Les boîtes à bornes d'essais et de sécurité doivent respecter les dispositions du chapitre B 67-1 du guide technique de la distribution.

#### **3.4.3 Raccordements aux CI**

Il est possible de raccorder deux CI en sortie du circuit-shunt. Les plages de raccordement doivent donc être prévues en conséquence.

Suivant la puissance nominale à 50 Hz, les câbles en cuivre de liaison entre le circuit-shunt et les CI auront les sections suivantes :

- 20 MVA : 150 mm<sup>2</sup>,
- 40 MVA : 300 mm<sup>2</sup>,
- 70 MVA (40 MVA // 40 MVA) : 500 mm<sup>2</sup>.

#### **3.4.4 Raccordement au générateur TCFM**

Le raccordement s'effectue par des câbles en cuivre de section 16 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 63 kVA et de 35 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 125 kVA.

### **3.5 Essais d'acceptation de type**

#### **3.5.1 Conditions générales pour les essais**

##### **3.5.1.1 Configuration du circuit-shunt**

Le circuit-shunt sera accordé à 50 Hz et sera réglé pour la compensation d'un seul TI (20 ou 40 MVA suivant la puissance du circuit-shunt).

##### **3.5.1.2 Préconditionnement**

Avant tout essai ou groupe d'essais effectué dans les conditions de référence, le matériel alimenté doit subir un préconditionnement de 3 heures dans les conditions de référence.

### 3.5.1.3 Conditions atmosphériques normales d'essais

Lorsqu'elles ne sont pas spécifiées, les conditions atmosphériques normales d'essais sont les suivantes (tolérances larges) :

- température de l'air ambiant : entre +15 °C et +35 °C,
- humidité relative : entre 20 % et 75 %,
- pression atmosphérique : entre 860 hPa et 1060 hPa.

Avant l'ensemble des essais, le matériel est placé durant 24 heures dans ces conditions.

### 3.5.2 Examen des dispositions dimensionnelles et constructives

Cet examen est la première étape de la procédure d'essais. Il consiste, dans un premier temps, à vérifier que le matériel proposé est conforme au dossier d'identification.

Dans un second temps, on examinera l'accessibilité du matériel.

### 3.5.3 Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé

#### 3.5.3.1 Degré de protection de l'enveloppe

• **Objectif :**

Vérifier la protection apportée par l'enveloppe :

- pour les personnes : contre les contacts directs avec des parties sous tension,
- pour le matériel : contre la pénétration (corps solides étrangers ou d'eau) ainsi que contre les impacts mécaniques.

• **Documents de référence :**

NF EN 60529 (C 20-010), NF EN 50102 (C 20-015), EDF HN 46-R-01-5.

• **Sévérité :**

IP 21, IK 07 (choc 2 joules).

#### 3.5.3.2 Essais de tenue au courant de court-circuit et mesure de l'inductance

##### 3.5.3.2.1 Mesure de l'inductance

• **Modalités :**

Une mesure de la valeur de l'inductance sera réalisée avant et après les essais de tenue aux courants de court-circuit, permettant ainsi de noter l'incidence sur le réglage de l'inductance des efforts électrodynamiques dus au passage des courants.

• **Critères d'acceptation :**

La valeur de chaque inductance ne devra différer de la valeur nominale de plus de -2 % à 0 % pour :

- courants à 50 Hz compris entre 0,8 et 1,25  $I_{n\ 50\ Hz}$ ,
- courants à 175 et 188 Hz compris entre 0,7 et 1,15  $I_{n\ 175/188\ Hz}$ ,
- température ambiante entre -10 °C et +55 °C.

##### 3.5.3.2.2 Essais de tenue aux courants de court-circuit

• **Modalités :**

Le circuit-shunt (20 ou 40 MVA) devra pouvoir supporter, PEI en service, des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 12,5 kA sur le réseau HTA. Côté 1000 V, le coefficient d'asymétrie  $k\sqrt{2}$  à appliquer est de 2,5.

9 essais d'une seconde seront alors réalisés (3 essais avec l'asymétrie spécifiée sur chaque phase).

Les tolérances sur les valeurs d'essais sont les suivantes :

- $I^2t$  est fixée avec une tolérance de -0 / +10 %,
- la valeur crête est fixée avec une tolérance de -0 / +5 %.

• **Critères d'acceptation :**

Après 9 essais de court-circuit d'une seconde, la valeur de l'inductance sera mesurée à nouveau dans les mêmes conditions que précédemment et la variation relevée devra être inférieure ou égale à 2 %.

D'autre part, il ne devra résulter aucune détérioration des différents composants du circuit-shunt (CIA, PEI, condensateurs...). Il ne devra pas y avoir de dégradation des contacts du CIA (pas d'arrachement de matière), aucun pôle du CIA ne devra rester collé.

Le CIA devra être manœuvrable après chaque essai.

Les essais d'isolement décrits ci-après seront effectués et devront être satisfaisants.

Cas particuliers des PEI et CIA pour ensemble de deux circuits-shunts 40 MVA en parallèle :

L'essai est identique avec une valeur efficace de 20 kA sur le réseau HTA.

Essais du sectionneur de mise à la terre :

• **Modalités :**

Le circuit-shunt devra pouvoir supporter un essai de court-circuit d'une seconde avec une valeur efficace de 1 kA alors que le sectionneur de mise à la terre est sur la position terre et que les pôles du CIA sont maintenus mécaniquement ouverts. Le coefficient d'asymétrie  $k\sqrt{2}$  à appliquer est de 2,5.

• **Critères d'acceptation :**

Aucune dégradation du sectionneur et du circuit-shunt (en particulier le câblage).

Le sectionneur doit être manoeuvrable après l'essai.

Les essais d'isolement décrits ci-après seront effectués et devront être satisfaisants.

### **3.5.3.3 Caractéristiques d'isolement**

#### **3.5.3.3.1 Continuité des masses**

Cet essai est effectué en préalable aux essais de rigidité diélectrique.

• **Documents de référence :**

NF EN 61131-2 (C 46-614).

• **Sévérité :**

L'intensité du courant de défaillance, d'une amplitude de 30 ADC, est appliquée entre tous points de la masse métallique du matériel et l'extrémité de la connexion rigide ou de la tresse

métallique de raccordement à la terre de protection, prise sur une longueur de 2 m (on pourra se limiter aux quelques points de la masse métallique les plus éloignés en terme de résistance du raccordement à la terre).

• **Critères d'acceptation :**

La résistance maximale mesurée ne doit pas excéder 0,1  $\Omega$ .

**3.5.3.3.2 Résistances d'isolement**

• **Objectif :**

Vérifier l'isolement des circuits en conditions normales d'utilisation (on entend par " condition normale d'utilisation " une situation dans laquelle peut être indéfiniment placé le matériel sans qu'il soit porté atteinte à son intégrité).

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté.

• **Sévérité :**

Tension appliquée : 500 VDC.

Durée d'application : 1 minute.

Les points d'application sont les mêmes que ceux définis pour l'essai de rigidité diélectrique à 50 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Résistance  $\geq 100 \text{ M}\Omega$  en mode commun,  $\geq 100 \text{ k}\Omega$  en mode différentiel aux bornes des contacts ouverts.

• **Remarque :**

Les mesures sont effectuées : 1°) en mode commun entre circuits et entre circuits et masse, et 2°) en mode différentiel entre bornes des contacts ouverts des sorties TOR.

Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

**3.5.3.3.3 Rigidité diélectrique à 50 Hz**

• **Objectif :**

Vérifier la rigidité diélectrique à 50 Hz de l'isolement.

• **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté.

• **Sévérité :**



Circuits	Mode commun	Mode différentiel
1000 V	7 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
230 V	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Entrées TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Sorties TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	500 Veff / 50 Hz / 1 mn(*)

(\*) Uniquement aux bornes des circuits à contact ouvert.

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

NOTE : dans le cas de circuits équipés de condensateurs d'antiparasitage entre les conducteurs et la masse, ceux-ci ne doivent pas être débranchés pendant l'essai. Si en ce qui concerne ces condensateurs, il est pratiquement impossible d'effectuer l'essai avec une tension alternative, on utilisera une tension continue égale à  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace spécifiée, l'intensité de la source étant limitée à 5mA.

Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

**3.5.3.3.4 Tenue aux ondes de choc**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à supporter sans dommage des surtensions de valeurs élevées et de très courtes durées.

• **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté. L'impédance caractéristique du générateur d'essais est de 500  $\Omega$ .

• **Sévérité :**

Circuits	Tension à vide du générateur	
	mode commun	mode différentiel
1000 V <sub>AC</sub>	12 kV	sans objet
230/400 V <sub>AC</sub>	5 kV	5 kV
Entrées TOR	5 kV	sans objet
Sorties TOR	5 kV	1 kV(*)

(\*) Uniquement entre bornes des contacts ouverts.

On applique successivement 5 ondes de chocs négatives et 5 ondes de choc positives (1,2/50  $\mu$ s).

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

En mode différentiel, pour les circuits 230 V, les décharges disruptives sont admises à condition que le bon fonctionnement du matériel soit vérifié à l'issue de l'essai.

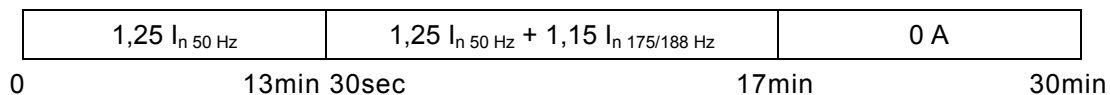
Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

**3.5.4 Essais d'échauffement des inductances**

• **Modalités :**

Les inductances devront être dimensionnées de manière à pouvoir supporter le régime de fonctionnement intermittent ci-dessous.

L'essai consiste à faire passer toutes les ½ heures dans l'inductance un courant à 50 Hz ( $1,25 I_{n\ 50\ Hz}$ ) pendant 13 minutes et 30 secondes, puis à superposer pendant trois minutes et 30 secondes un courant à 175 ou 188 Hz égal à  $1,15 I_{n\ 175/188\ Hz}$ , soit le diagramme suivant :



Ce cycle de 17 minutes est répété toutes les ½ heures jusqu'à stabilisation en température du point chaud.

Ces essais pourront être effectués à une température ambiante comprise entre +5 et +40 °C ; si la température ambiante diffère de +40 °C on ramènera les valeurs trouvées à celles correspondant à une température ambiante de +40 °C.

• **Critères d'acceptation :**

L'échauffement moyen des enroulements obtenu par variation de résistance et la température du point le plus chaud ne devront pas dépasser les valeurs limites admissibles données par la CEI 85 (NF C 26-206), en fonction de la classe thermique de l'isolant (qui sera donnée par le constructeur).

L'échauffement pourra être effectué uniquement à 50 Hz en prenant la somme quadratique des courants à 50 Hz et à 175/188 Hz.

La mesure des pertes à 50 Hz, 175 et 188 Hz des inductances s'effectue une fois la stabilisation en température du point chaud des inductances obtenue. Elles devront être dans les limites données dans le chapitre 3.2.2.3.

### 3.5.5 Essais applicables aux condensateurs

Les condensateurs devront répondre aux essais définis dans les NF EN 60831-1 (C 54-108) et NF EN 60831-2 (C 54-109). De plus, une mesure des valeurs de la batterie d'accord à 50 Hz et de la batterie de compensation sera effectuée.

La capacité de la batterie d'accord à 50 Hz ne pourra différer de sa valeur nominale de plus de 0 à +2 %.

La capacité de la batterie de compensation à 175 et 188 Hz ne pourra différer de sa valeur nominale de plus de ± 4 %.

### 3.5.6 Essais d'échauffement du CIA

Le CIA devra supporter en régime permanent le courant nominal à 50 Hz  $I_{n\ 50\ Hz}$  (270 A, 540 A ou 950 A suivant la puissance du circuit-shunt) pendant 2 heures.

• **Modalités :**

L'essai est réalisé à la température ambiante de +40°C.

Les pôles du CIA sont parcourus par  $I_{n\ 50\ Hz}$  pendant 2 heures. On relève alors les différents échauffements au moyen de thermocouples.

• **Critères d'acceptation :**

Toutes les valeurs des échauffements doivent être inférieures aux limites fixées par les normes NF EN 60947-1 (C 63-001) et NF EN 60947-4-1 (C 63-110), en particulier pour les bornes de raccordement et les parties accessibles, et aux limites données par la CEI 85 (NF C 26-206) en fonction de la classe thermique des isolants employés (qui sera donnée par le constructeur).

### **3.5.7 Intégrité**

#### **• Objectif :**

L'objectif est de démontrer que le système est intègre, c'est-à-dire qu'en cas de panne interne il détecte cette panne, se place en position de repli et informe l'opérateur.

Les essais par injection de pannes dans le système procurent une contribution utile pour évaluer l'intégrité du système. Par ces essais on s'assure que le taux de couverture des autotests est significatif, que les pannes injectées ne conduisent pas à des défaillances de gravité élevée, que les pannes restent confinées, et que le système est apte à identifier l'unité matérielle incriminée.

Le constructeur peut proposer tout autre méthode pour démontrer l'intégrité de son système (exposé sur les techniques d'autotests employés, démonstration formelle...). En dernier ressort, EDF se réserve toutefois le droit d'accepter ou de refuser de prendre en compte les méthodes proposées.

#### **• Documents de référence :**

NF EN 61069-5 (C 46-640-5) annexe C.

#### **• Conditions particulières :**

Les pannes injectées sont prises parmi les suivantes (non exhaustif) :

- retrait de carte ou de module,
- ouverture de connexions de cartes,
- si nécessaire, ouverture de broches de circuit intégré ou forçage de ces broches pour représenter un 0 ou un 1 "logique".

La réaction du système est observée au niveau de la sortie TOR " Panne circuit-shunt ".

#### **• Sévérité :**

Le taux de couverture des autotests, exprimé comme le rapport du nombre des pannes détectées sur le nombre de pannes injectées, ne doit pas être généralement inférieur à 70 %. Lorsqu'une panne est détectée, l'unité concernée doit émettre une alarme et soit poursuivre sa mission (si le système est tolérant aux fautes) soit passer en position de repli en maintenant (verrouillage) ses sorties de commande TOR en position de repli. Le temps de détection d'une panne ne doit pas généralement excéder 3 minutes.

Lorsque la cause de panne disparaît (phénomène transitoire), l'unité concernée doit automatiquement revenir en mode de fonctionnement normal en moins de quelques minutes.

### **3.5.8 Circuits d'entrées/sorties TOR**

#### **3.5.8.1 Circuits d'entrée TOR**

##### **3.5.8.1.1 Domaine nominal de fonctionnement**

#### **• Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Conditions particulières :**

Néant. On pourra se limiter à valider une seule entrée s'il est montré que toutes les entrées ont les mêmes caractéristiques.

• **Critères d'acceptation :**

Les caractéristiques définies au chapitre 3.4.1.2 seront vérifiées.

### 3.5.8.1.2 Domaine limite de fonctionnement

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du matériel. Son fonctionnement n'est alors plus garanti (le matériel reste néanmoins intègre) mais doit pouvoir être rétabli lors du retour dans le domaine nominal.

Cet essai n'est réalisé que si le " mouillage " est assuré par un 48 VDC externe au circuit-shunt.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Conditions particulières :**

Néant.

• **Sévérité :**

Exploration de l'ensemble du domaine limite de fonctionnement de l'alimentation assurant le " mouillage " des boucles TOR, décrit ci-dessous :

- Niveau de la tension : 48 VDC + 20 % pendant une durée de 1 seconde.
- Composante alternative : composante alternative de fréquence égale à 100 Hz et de valeur efficace égale à 140 mV, et composante alternative de fréquence égale à 200 Hz et de valeur efficace égale à 25 mV superposée au 48 VDC.
- Variation graduelle : la tension descend à zéro en 60 secondes, cet état persiste 10 secondes, la tension remonte à 48V DC en 60 secondes.
- Annulation fugitive : le matériel est soumis à 20 annulations de 20 ms espacées de 1 seconde.
- Tenue aux inversion de polarités : application de la tension nominale de polarité inversée pendant 10 secondes.

• **Critères d'acceptation :**

Pour le niveau de tension, la composante alternative et l'annulation fugitive, le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu.

Pour la variation graduelle, le générateur doit émettre une signalisation de défaut par la sortie TOR " Panne circuit-shunt ". Retour aux conditions normales de fonctionnement à la fin de l'essai.

Pour l'inversion de polarités, aucun composant ne doit être détérioré hormis les éventuels fusibles de protection. Retour à un fonctionnement normal après remplacement des éventuels fusibles et rétablissement des polarités correctes d'alimentation.

### 3.5.8.2 Circuits de sortie TOR

#### 3.5.8.2.1 Domaine nominal de fonctionnement

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Conditions particulières :**

Les sorties sont vues comme des contacts ouverts ou fermés. On pourra se limiter à valider une seule sortie s'il est montré que toutes les sorties ont les mêmes caractéristiques.

• **Critères d'acceptation :**

On vérifiera les caractéristiques spécifiées au §3.4.1.3.

**3.5.8.2.2 Domaine limite de fonctionnement : essai de court-circuit**

• **Objectif:**

Vérifier que les sorties supportent un courant de court-circuit de 100 A pendant 30 ms sans dégradation du matériel.

• **Documents de référence :**

HN-46-R-01.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

100 A pendant 30 ms.

Note : les contacts de sortie sont positionnés fermés pour cet essai.

Aucune détérioration consécutive à l'essai ne doit être constatée. L'essai ne doit pas entraîner le changement d'un fusible ou autre composant du matériel. Le besoin d'un réarmement de disjoncteur est autorisé.

**3.5.9 Essais fonctionnels de l'ensemble CIA - PEI**

**3.5.9.1 Mesure du seuil de déclenchement en fonctionnement normal de la PEI**

Une tension 50 Hz, croissante en partant de zéro, est appliquée sur les bornes de la protection à travers une résistance de 636  $\Omega$ . Cette résistance assure un courant de 2 A efficaces au moment de l'enclenchement de l'élément de puissance de la protection. La tension lue au moment du déclenchement devra être de 1272 V efficaces maximum, ce qui correspond à une tension crête de 1800 V.

**3.5.9.2 Mesure du seuil de déclenchement en fonctionnement test de la PEI**

Une tension 50 Hz, croissante en partant de zéro, est appliquée sur les bornes de la protection à travers une résistance de 282,5  $\Omega$ . Cette résistance assure un courant de 2 A efficaces au moment de l'enclenchement de puissance de la protection. La tension lue au moment du déclenchement devra être de 565 V efficaces maximum, ce qui correspond à une tension crête de 800 V.

**3.5.9.3 Essais de la position test de la PEI**

Ces essais consistent à vérifier la PEI en mode test.

**3.5.9.4 Essais fonctionnels en modes 1 coup et 2 coups de la PEI**

Ces essais consistent à vérifier le bon fonctionnement de la protection électronique dans ses deux modes de fonctionnement :

- mode " 1 coup " (chaque défaut provoque l'arrêt des émissions),

- mode " 2 coups " (le premier défaut est acquitté automatiquement, l'arrêt de l'émission n'intervenant que si un deuxième défaut apparaît au cours de la répétition de l'émission).

Le temps de déclenchement de la PEI et le temps d'ouverture du CIA seront mesurés. Le temps de déclenchement de la PEI doit être inférieur à 20  $\mu$ s.

La durée de maintien du court-circuit provoqué par la PEI sera mesurée. Elle doit être supérieure au temps de fermeture définitive du CIA.

### **3.5.10 Influence de l'alimentation 230 Vac**

#### **3.5.10.1.1 Domaine nominal de fonctionnement**

- **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

- **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

- **Sévérité :**

La tension nominale est de 230 VAC.

Le domaine nominal de fonctionnement est de -10 % / +10 %.

- **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai.

La PEI sera plus particulièrement vérifiée.

#### **3.5.10.1.2 Domaine limite de fonctionnement : tenue aux surcharges**

- **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du circuit-shunt. Son fonctionnement n'est alors plus garanti (le matériel reste néanmoins intègre) mais doit pouvoir être rétabli lors du retour dans le domaine nominal.

- **Documents de référence :**

Néant.

- **Sévérité :**

Tension efficace de 1,2 \* Un pendant 2 heures.

- **Critères d'acceptation :**

Aucun fonctionnement intempestif ne doit être constaté pendant l'essai. Le circuit-shunt doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **3.5.10.1.3 Annulation fugitive**

- **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du circuit-shunt à maintenir son fonctionnement en présence de micro-coupures d'alimentation.

- **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Conditions particulières :**

Le matériel est initialement alimenté aux valeurs nominales (230 VAC, 50 Hz).

• **Sévérité :**

La durée d'annulation est de 200 ms.

Le matériel est soumis à 5 annulations espacées de 10 secondes.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, le déclenchement de la PEI sera testé simultanément avec une annulation de tension.

Il est autorisé que le CIA retombe lors d'une annulation fugitive.

**3.5.11 Influence de l'environnement sur le matériel**

**3.5.11.1 Susceptibilité aux perturbations électromagnétiques conduites**

**3.5.11.1.1 Onde oscillatoire amortie**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du circuit-shunt aux transitoires haute fréquence (commutation de relais auxiliaires ou manoeuvre de sectionneurs/disjoncteurs).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-12 (C 91-004-12), EDF HN 46-R-01-6.

• **Sévérité :**

Circuits	Tension d'épreuve	
	mode commun	mode différentiel
Alimentation 230 VAC	2,5 kV	1 kV
Circuits TOR	2,5 kV	1 kV(*)

(\*) Sauf entre contacts ouverts des sorties à relais électromagnétiques : sans objet.

La fréquence de répétition des transitoires doit être comprise entre 10 et 60 par minute.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

Conformément à la norme NF EN 61000-4-12 (C 91-004-12) et aux fréquences qu'elle préconise, l'essai est effectué pour les fréquences 100 kHz et 1 MHz.

• **Remarque :**

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

**3.5.11.1.2 Transitoires rapides en salves**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux transitoires électriques rapides et répétitifs (coupure de charges inductives, rebondissement de contacts de relais électromécaniques).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-4 (C 91-004-4), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

L'essai sera effectué de préférence par couplage capacitif. Pour les entrées alimentation, et pour les E/S où le câble de liaison employé lors de l'essai ne correspond pas rigoureusement au câble spécifié et employé en exploitation, l'injection sera effectuée en mode direct.

Les essais peuvent être effectués par couplage capacitif sur un même groupe galvanique d'entrées/sorties (toujours à condition que les câbles employés pour les essais correspondent rigoureusement aux câbles employés en exploitation).

• **Sévérité :**

Circuits	Tension d'épreuve
Alimentation 230 VAC	4 kV, fréquence de répétition 2,5 kHz
Circuits TOR	2 kV, fréquence de répétition 5 kHz

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto récupérable.

**3.5.11.1.3 Immunité aux ondes de choc**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux transitoires induits par un choc de foudre indirect.

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-5 (C 91-004-5).

• **Sévérité :**

Circuits	Tension d'épreuve, couplage entre :	
	Fils de ligne	Fil et terre
Alimentation 230 VAC	1 kV	2 kV
Circuits TOR	1 kV(*)	2 kV(*)

(\*) si le câble comporte un blindage, la tension est appliquée sur le blindage comme indiqué par la norme (figure 13 ou figure 14 de la norme, suivant le raccordement du blindage).

La fréquence de répétition des transitoires est de une fois par minute au minimum.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

**3.5.11.1.4 Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques**

• **Objectif :**



Vérifier l'immunité du matériel aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques.

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-6 (C 91-004-6).

• **Sévérité :**

10 V (classe 3) pour toutes les entrées/sorties.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

### **3.5.11.1.5 Susceptibilité aux perturbations électromagnétiques rayonnées**

#### **3.5.11.1.5.1 Champ électromagnétique rayonné aux fréquences radioélectriques**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux champs électromagnétiques d'une source de radiations (en particulier d'émetteurs-récepteurs).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-3 (C 91-004-3), EDF HN 46-R-01-6.

• **Sévérité :**

1° essai : champ électromagnétique rayonné 80 MHz → 1 GHz

Le matériel est soumis à un champ électromagnétique rayonné d'intensité 10 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) par application des modalités de la norme NF EN 61000-4-3.

2° essai : champ électromagnétique rayonné radio téléphone 900 MHz 8 W GSM et 1,89 GHz ¼ W DECT

Le matériel est soumis à des impulsions radioélectriques à 900 MHz d'intensité 10 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) conformément à ce que préconise la norme.

Le matériel est soumis à des impulsions radioélectriques à 1,89 GHz d'intensité 1 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) conformément à ce que préconise la norme.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

• **Remarque :**

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

#### **3.5.11.1.6 Champ magnétique à la fréquence du réseau**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux champs magnétiques à fréquence industrielle.

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-8 (C 91-004-8), EDF HN 46-R-01-6.

• **Sévérité :**

Champ permanent : 10 A/m.

Champ de courte durée (1 s) : non applicable.

• **Critères d'acceptation :**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

• Remarque :

Pour le champ 50 Hz permanent, la perturbation des afficheurs et/ou écrans n'est pas admise.

### **3.5.11.2 Susceptibilité aux décharges électrostatiques**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux décharges électrostatiques (opérateur venant au contact ou objets situés à proximité).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-2 (C 91-004-2), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Les décharges sont appliquées sur toutes les parties accessibles par l'opérateur en mode normal d'exploitation.

• **Sévérité :**

Décharge au contact : 8 kV.

Décharge dans l'air : 15 kV.

• **Critères d'acceptation:**

Le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. En particulier, on fera déclencher la PEI pendant l'essai.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

### **3.5.11.3 Influence climatique**

Remarque : les essais de froid et de chaleur sèche, en fonctionnement, sont généralement enchaînés dans une même étuve. Les variations de température pour amener le matériel au palier de température requis ne doivent pas excéder  $3 \pm 0,6^\circ\text{C}/\text{mn}$ .

#### **3.5.11.3.1 Froid (fonctionnement)**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à être utilisé à basse température. Cet essai concerne uniquement l'armoire condensateurs et en particulier le CIA et la PEI.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-1 (C 20-701) essai Ad.

• **Conditions particulières :**

Alimentation nominale -10 %.

• **Sévérité :**

Domaine limite : -10°C, 16 h.

• **Critères d'acceptation :**

A l'issue des 16 heures de fonctionnement à la température indiquée, et en maintenant cette température, on vérifie que le matériel continue de fonctionner comme prévu.

**3.5.11.3.2 Chaleur sèche (fonctionnement)**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à être utilisé à haute température. Cet essai concerne uniquement l'armoire condensateurs et en particulier le CIA et la PEI.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-2 (C 20-702) essai Bd.

• **Conditions particulières :**

Alimentation nominale +10 %.

• **Sévérité :**

Domaine limite : +55 °C, 16 h.

• **Critères d'acceptation :**

A l'issue des 16 heures de fonctionnement à la température indiquée, et en maintenant cette température, on vérifie que le matériel continue de fonctionner comme prévu.

**3.5.12 Influence du matériel sur l'environnement**

**3.5.12.1 Perturbations électromagnétiques rayonnées par le matériel**

• **Objectif :**

Vérifier le champ électromagnétique perturbateur maximum rayonné par le matériel.

• **Documents de référence :**

NF EN 55022 ( 91-022).

• **Conditions particulières :**

Alimentation nominale.

• **Critères d'acceptation :**

Classe A de la norme : à 10 mètres, le champ ne doit pas dépasser 40 dB  $\mu$ V/m dans la bande 30 à 230 MHz, et ne doit pas dépasser 47 dB  $\mu$ V/m dans la bande 230 à 1000 MHz.

**3.5.12.2 Essais de bruit**

• **Modalités :**

Des mesures de pression acoustiques sont effectuées à 1 m de distance de chacune des parois de l'appareil et à mi-hauteur de celui-ci.

Le niveau de bruit sera mesuré à 175 et 188 Hz pour des courants nominaux à 175 et 188 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Le niveau de bruit du circuit-shunt ne devra, en aucun cas, dépasser 70 dB(A) à 1 mètre de celui-ci.

### 3.5.13 Appréciation du comportement dans le temps

Les essais de comportement dans le temps forment une succession cohérente d'épreuves qui doivent être effectuées dans l'ordre suivant sur un même équipement : 1°) essais de stockage, 2°) cycles de chaleur humide, 3°) endurance

#### 3.5.13.1 Essais de stockage

• **Objectif :**

Essai destiné à vérifier l'aptitude du matériel à être stocké entre -25°C et +70°C.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-1 (C 20-701) essai Ab, NF EN 60068-2-2 (C 20-702) essai Bb.

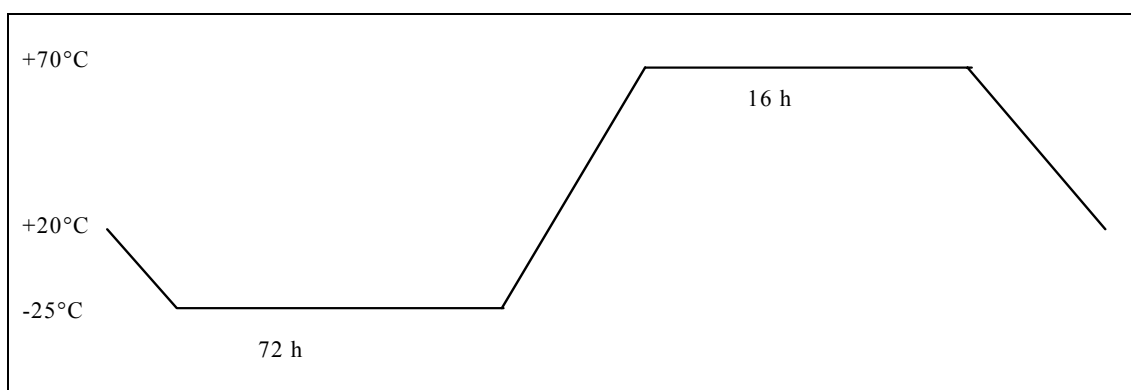
• **Conditions particulières :**

Circuit-shunt hors fonctionnement, non emballé. Cet essai pourra être réalisé uniquement sur l'armoire condensateurs.

• **Sévérité :**

Température basse : -25 °C.

Température haute : +70 °C.



Les transferts devront se faire avec une pente inférieure à 1°C par minute.

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, le circuit-shunt doit continuer à fonctionner comme prévu.

#### 3.5.13.2 Essai de robustesse au cycle de chaleur humide

• **Objectif :**

Essai destiné à apprécier le comportement dans le temps du matériel.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-6, CEI 68-2-30 (NF C 20-730) essai Db.

• **Conditions particulières :**

Equipement non alimenté.

• **Sévérité :**

Température : 12 heures à +55 °C, 12 heures à +25 °C.

Nombre de cycles : 2.

Conditions climatiques : sous conditions de contrôle prévues dans la CEI 68-2-30 (NF C 20-730).

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, le circuit-shunt est laissé 24 heures dans les conditions atmosphériques normales d'essais. Suite à ces 24 heures, il doit continuer de fonctionner comme prévu et les qualités diélectriques du matériel sont vérifiées (rigidité diélectrique, tenue à l'onde de choc, résistance d'isolement).

• Remarque :

Un examen visuel détaillé est à effectuer après l'essai afin de s'assurer de l'absence de corrosion nuisible.

### **3.5.13.3 Essais d'endurance**

Ces essais concernent plus particulièrement la PEI et le CIA.

#### **3.5.13.3.1 Endurance de la PEI**

• **Objectif :**

Essai de "déverminage" de l'équipement, et de vérification du bon dimensionnement thermique.

• **Sévérité :**

Dans les conditions normales d'essai en position 2 coups, il est simulé une succession de surtensions.

La PEI est alimentée à  $U_n + 10\%$  pendant la durée de l'essai et est soumise à une température ambiante de  $+55\text{ °C}$ . C'est l'armoire condensateurs seule qui est placée dans l'enceinte climatique.

Un automate simple effectuera d'une part :

- la remise à zéro du défaut à la 2<sup>ème</sup> surtension,
- le réarmement du CIA,
- la commande de la surtension suivante.

Et ceci, à raison d'un cycle de 2 surtensions, toutes les heures, pendant 1000 heures.

Par ailleurs, l'automate vérifiera le nombre de surtensions émises et le nombre de surtensions détectées et chronologiquement les fermetures et les ouvertures des sorties TOR " % CIA boucle shunt " et " Répétition shunt ".

• **Critères d'acceptation :**

Pendant cet essai, le matériel doit fonctionner correctement et la logique du matériel ne doit pas être perturbée.

#### **3.5.13.3.2 Endurance du CIA**

• **Modalités :**

Le CIA doit être conçu pour pouvoir effectuer 480 000 opérations de service en tout, avec une périodicité de maintenance (remplacement des contacts) au minimum de 120 000 manoeuvres.

Les 120 000 dernières manoeuvres seront effectuées en mécano-électrique, avec le courant nominal à 50 Hz et avec l'ensemble du circuit-shunt. La tension phase à 50 Hz sera amenée entre 20 et 30 V en jouant sur l'accord.

• **Critères d'acceptation :**

Etat des contacts correct, aucune rupture mécanique, ni dégradation importante. La mesure des temps de recouvrement devra être satisfaisante.

Les 480 000 manoeuvres seront réalisées à une fréquence fixée en accord avec le constructeur.

## **4 Section : Commutateurs d'injection**

### **4.1 Introduction**

Le rôle du commutateur d'injection est d'assurer le court-circuit des enroulements primaires des transformateurs d'injection en phase de non émission.

Le commutateur d'injection est essentiellement réalisé par un contacteur électromagnétique tripolaire associé mécaniquement à un court-circuiteur tripolaire formant avec lui un inverseur.

Le contacteur tripolaire, lorsqu'il est excité, assure la liaison des trois enroulements primaires du groupe triphasé qu'il contrôle avec le circuit shunt résonant : il s'agit de la position "**émission**" (pôles d'injection fermés).

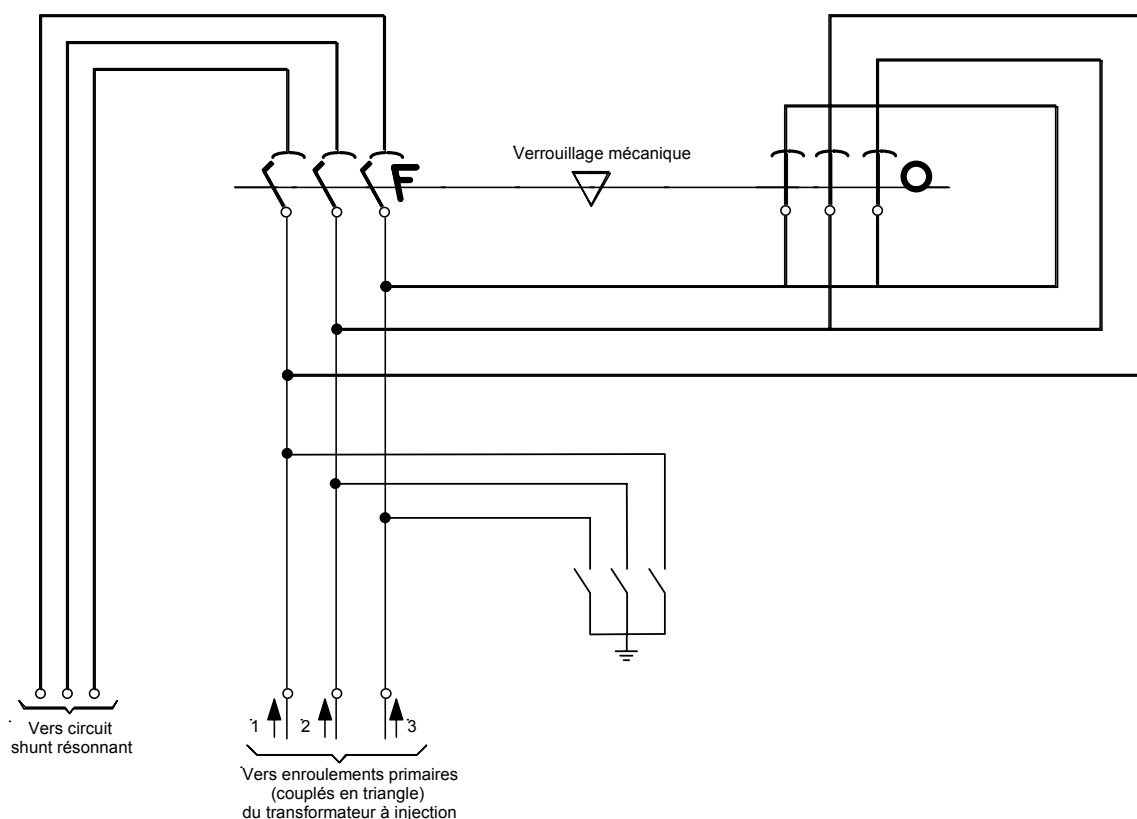
En l'absence d'excitation, les 3 enroulements primaires du groupe triphasé d'injection sont mis en court-circuit par le court-circuiteur tripolaire : il s'agit de la position "**court-circuit**" (pôles de court-circuit fermés).

Les 2 positions définies ci-dessus seront signalées par un voyant visible de l'extérieur du coffret.

Les 3 pôles de court-circuit sont couplés en triangle.

Les puissances traversantes normalisées des commutateurs d'injection sont 20 MVA, 40 MVA et 70 MVA.

Le schéma ci-dessous présente le principe du commutateur d'injection :



**Figure 14 Schéma de principe du commutateur d'injection**

## 4.2 Exigences fonctionnelles et constructives

### 4.2.1 Généralités

#### 4.2.1.1 Présentation

Le commutateur d'injection est placé dans un coffret du type extérieur étanche à la pluie.

L'indice de protection des coffrets est IP33 suivant la norme NF EN 60529 (C 20-010) et l'indice de protection contre les chocs mécaniques est IK08 suivant la norme NF EN 50102 (C 20-015).

Le commutateur d'injection est présenté :

- soit en coffret plastique conforme aux spécifications EDF HN 60-E-02 et HN 60-S-02,
- soit en coffret métallique en aluminium peint.

Dans les deux cas, le commutateur d'injection doit être protégé soigneusement contre la corrosion :

- les châssis doivent, par un traitement approprié, être protégés contre la rouille,
- la visserie, la boulonnerie et les accessoires de fermeture doivent être inoxydables, par nature ou par traitement.

L'ensemble du revêtement du coffret doit être suffisamment résistant pour présenter peu de risques de détérioration au cours des opérations de transport, de montage et d'entretien.

Le coffret installé à l'extérieur ne devra pas faire l'objet de condensations.

Un portillon permettra l'accès facile aux bornes de raccordement et aux divers organes du contacteur d'émission. Le portillon sera pourvu d'une serrure type EDF cadennassable.

Les entrées de câbles s'effectueront à la partie inférieure par passe-fils ou tétines.

Le coffret du commutateur d'injection est équipé d'une plaque signalétique reprenant les éléments suivants :

- " Commutateur d'injection de télécommande centralisée à 175 Hz et 188 Hz de Sn MVA à 50 Hz - Spécification HN 96-S-65 ",
- Nom et adresse du constructeur,
- Date et numéro de fabrication ou de série.

Les faces externes du coffret seront munies du signal d'avertissement "risque électrique" T10 (triangle jaune).

#### 4.2.1.2 Contraintes d'environnement

Le commutateur d'injection doit pouvoir fonctionner correctement à des températures extérieures au coffret comprises entre -25°C et +40°C, avec un taux d'humidité maximal de 95 % et pour une pression atmosphérique comprise entre 860 et 1060 hPA.

Il doit pouvoir être stocké avec une température comprise entre -25°C et +70°C.

#### 4.2.1.3 Alimentation

Le commutateur d'injection est alimenté en 230 VAC avec les caractéristiques suivantes :

Tension	230 VAC
Domaine nominal	-10 % / +10 %
Fréquence	48-52 Hz
Taux d'harmonique	≤ 5 %
Taux de 175 ou 188 Hz	≤ 5 %
Creux de tension	100 % - 200 ms

Note : il n'est pas demandé de tenue particulière du CI aux creux de tension 100 % - 200 ms.

#### 4.2.1.4 Isolement

La tenue diélectrique à la fréquence industrielle 50 Hz est de :

- 7 kV efficaces pour les circuits 1000 VAC,
- 2 kV efficaces pour les autres circuits.

La tenue à la tension de choc (1,2/50 µs) est de :

- 12 kV pour les circuits 1000 VAC,
- 5 kV pour les autres circuits.

#### 4.2.1.5 Courants 50 Hz nominaux

Les circuits principaux (pôles d'émission et pôles de court-circuit) des commutateurs d'injection seront essentiellement parcourus par un courant à 50 Hz.



Les commutateurs d'injection sont caractérisés par la puissance nominale du groupe d'injection triphasé qu'ils sont capables de contrôler.

Les courants 50 Hz nominaux  $I_{n\ 50\text{ Hz}}$  des commutateurs d'injection sont donnés dans le tableau suivant :

Puissance nominale du transformateur d'injection	Calibre nominal des pôles à 50 Hz	
	de court-circuit	d'émission ( $I_{n\ 50\text{ Hz}}$ )
20 MVA	$270 / \sqrt{3}$ A	270 A
40 MVA	$540 / \sqrt{3}$ A	540 A
70 MVA	$950 / \sqrt{3}$ A	950 A

Les pôles de court-circuit devront être aptes à subir une surcharge de  $1,25 \times I_{n\ 50\text{ Hz}} / \sqrt{3}$  A pendant 2 heures.

#### 4.2.1.6 Tenue au courant de court-circuit

Les commutateurs d'injection 20 ou 40 MVA devront pouvoir supporter des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 12,5 kA sur le réseau HTA.

Le commutateur d'injection 70 MVA devra pouvoir supporter des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 12,5 kA ou 20 kA sur le réseau HTA.

#### 4.2.1.7 Service nominal

Le commutateur d'injection devra pouvoir effectuer 8 manoeuvres complètes par heure (passage de la position " court-circuit " à la position " émission " et inversement), les circuits principaux étant parcourus par les courants indiqués au chapitre précédent.

D'autre part, il devra pouvoir effectuer dans les mêmes conditions 160 000 manoeuvres complètes sans révision des parties mécaniques et des contacts.

### 4.2.2 Dispositions constructives

#### 4.2.2.1 Alimentation

Il ne sera prévu aucun fusible de protection sur les circuits d'alimentation du commutateur d'injection, mais des bornes de raccordement sectionnables. La protection est réalisée en tête de circuits dans l'automate de commande TCFM (tranche ou lot TCFM PCCN).

#### 4.2.2.2 Contacteur tripolaire

Les commutateurs devront être réalisés de telle manière que pendant le passage d'une position à l'autre les enroulements primaires des transformateurs d'injection ne soient jamais à circuit ouvert.

Afin qu'aucune perturbation électrique n'agisse sur les états magnétiques du shunt et des transformateurs d'injection et n'entraîne, de ce fait, des déclenchements du générateur en surintensités au début des émissions, ces temps de recouvrement doivent être au moins égal à 1 ms. De plus, on ne devra, en aucun cas avoir des rebondissements de contacts après le recouvrement.

Les éléments constitutifs des commutateurs d'injection seront conformes aux normes en vigueur les concernant, en particulier la norme NF EN 60947-4-1 (C 63-110) relative aux contacteurs.

#### 4.2.2.3 Contacts auxiliaires

Les commutateurs d'injection comporteront deux contacts auxiliaires  $%CI$  et  $\overline{%CI}$  (un à l'ouverture, un à la fermeture) de pouvoir de coupure 8 A sous 230 V, 50 Hz.

#### 4.2.2.4 Sectionneur de mise à la terre

Ce sectionneur permet la mise en court-circuit et à la terre de l'installation.

La manoeuvre du sectionneur sur la position " terre " doit entraîner la fermeture des pôles de court-circuit.

Cependant, les contacts des pôles de court-circuit étant des pièces d'usure, ils ne peuvent pas assurer un contact dit de sécurité. Le sectionneur devra donc être apte à subir le courant nominal à 50 Hz ainsi que la surcharge de 2 heures, de même que le courant de court-circuit.

Des dispositions constructives seront prises pour assurer la certitude de l'indication, notamment en cas de rupture mécanique dans la commande.

Pour tout ce qui n'est pas précisé dans cette spécification, le sectionneur devra répondre à la norme NF EN 60947-3 (C 63-130).

#### 4.2.2.5 Mise à la terre

Tous les points de terre sont regroupés sur un barreau de terre percé d'un trou de 12 mm de diamètre afin de le relier à la terre du poste.

### 4.3 Sûreté de fonctionnement

#### 4.3.1 Durée de vie

La durée de vie du commutateur d'injection est de 30 ans.

#### 4.3.2 Fiabilité, maintenabilité et disponibilité

##### 4.3.2.1 Conditions de sollicitations des équipements

On décrit les principales hypothèses liées aux sollicitations externes du commutateur d'injection :

Sollicitations externes	Taux de sollicitations (s/h : sollicitations par heure) (d/h : défauts par heure)
Emission TCFM	8 s/h
Présence agent dans le poste	Probabilité / poste = 0,08

#### 4.3.2.2 Précision ou définition concernant les paramètres de SdF considérés

On rappelle dans ce sous-chapitre les définitions des paramètres utilisés pour exprimer le besoin de sûreté de fonctionnement.

$\lambda_f$	Taux de non fonctionnement par heure (ou $1 / \text{MTBF}_f$ ).
$\lambda_i$	Taux de fonctionnement intempestif (ou $1 / \text{MTBF}_i$ ).
$\lambda_g$	(= $\lambda_f + \lambda_i$ ) Taux de défaillance global pour l'équipement considéré (ou $1 / \text{MTBF}_g$ ).
$\tau$	(ou MTTR : mean time to repair) Durée de réparation de l'équipement (hors déplacement).

#### 4.3.2.3 Spécification technique du besoin de SdF (probabiliste) pour le commutateur d'injection

Le commutateur d'injection devra respecter les objectifs suivants :

#### 4.3.2.4 Objectifs de Fiabilité

Les modes de défaillances du commutateur d'injection sont les suivants :

- le non fonctionnement du CI (refus d'ouverture ou de fermeture des pôles de court-circuit),
- le fonctionnement intempestif du CI (ouverture ou fermeture des pôles de court-circuit intempestive).

Les objectifs de fiabilité pour le commutateur d'injection par rapport à ces différents modes de défaillance sont les suivants :

Mode de défaillance	Taux de défaillance (d/h : défaillance par heure)
Non fonctionnement du CI	$\lambda_f \leq 1.10^{-5} \text{ d/h}$
Fonctionnement intempestif du CI	$\lambda_i \leq 5.10^{-5} \text{ d/h}$

#### 4.3.2.5 Objectifs de Maintenabilité

Les différents équipements du commutateur d'injection devront respecter l'objectif de maintenabilité suivant :

$$\text{MTTR} \leq 4 \text{ heures}$$

Le MTTR (ou  $\tau$ ) représente le temps moyen d'échange ou de réception (moyenne pondérée par les fréquences d'occurrences des défaillances) du commutateur d'injection dans un environnement moyen et en dehors de toute considération liée au concept de maintenance (par exemple : temps d'accès aux pièces de rechanges ou temps de déplacement au poste).

Ainsi donc le MTTR prend en compte :

- la durée nécessaire à la localisation du défaut,
- la durée nécessaire à la réparation et aux réglages s'il y a lieu (à éviter autant que faire se peut),
- le temps de contrôle de bon fonctionnement (retour aux performances après réparation),

- la durée de remise en service du matériel.

#### 4.3.2.6 Documents à fournir

Le constructeur doit présenter les études de fiabilité réalisées lors de la conception de son matériel.

### 4.4 Exigences d'interfaces

#### 4.4.1 Alimentation

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent pour les conducteurs dont la section est de 6 mm<sup>2</sup>.

#### 4.4.2 E/S TOR

##### 4.4.2.1 Liste des E/S TOR

#### Informations venant de l'automate TCFM

Nom Sortie	Type	Abréviation bornier	Signification
Commande CI	monostable	CCI	boucle fermée pendant la durée de la fermeture des pôles d'émission

#### Informations à destination de l'automate TCFM

Nom Entrée	Type	Abréviation bornier	Signification
$\%CI$	monostable	$\%CI$	boucle fermée = pôles d'émission fermés
$\overline{\%CI}$	monostable	$\overline{\%CI}$	boucle fermée = pôles d'émission ouverts

Les dénominations des entrées / sorties employées ci-dessus sont normatives.

##### 4.4.2.2 Caractéristiques des contacts TOR acquis par le commutateur d'injection

La tension 230 V est appliquée au relais d'entrée du commutateur d'injection via un contact de pouvoir de coupure 5 A sous 250 V et de temps de rebondissement inférieur à 10 ms.

##### 4.4.2.3 Caractéristiques des sorties TOR fournies par le commutateur d'injection

Le commutateur d'injection délivre des contacts interlock libres de potentiel de pouvoir de coupure 8 A sous 250 V. Le temps de rebondissement de ces contacts est réputé inférieur à 10 ms.

##### 4.4.2.4 Connectique et filerie externes

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent. La section des conducteurs est de 1,5 mm<sup>2</sup>.

##### 4.4.3 Raccordement au transformateur d'injection

Les bornes de raccordement seront dimensionnées pour permettre la liaison aux transformateurs d'injection par des câbles en cuivre présentant, au total, les sections suivantes :

Puissance traversante nominale	Section totale des câbles de liaison
20 MVA	150 mm <sup>2</sup>
40 MVA	300 mm <sup>2</sup>
70 MVA	500 mm <sup>2</sup>

#### 4.4.4 Raccordements au circuit-shunt et à un autre commutateur d'injection

Deux plages de raccordement vers le circuit-shunt doivent être prévues (ou à défaut la possibilité de raccordement dos-à-dos), ceci afin de permettre de câbler 2 ou 3 commutateurs d'injection sur un même circuit-shunt en reliant les commutateurs d'injection entre eux.

Une plage permet le raccordement au circuit-shunt, l'autre permet le raccordement à un commutateur d'injection.

Ces plages de raccordement seront dimensionnées pour permettre la liaison au circuit-shunt et à un autre commutateur d'injection par des câbles en cuivre présentant, au total, les sections suivantes :

Puissance traversante nominale	Section totale des câbles de liaison
20 MVA	150 mm <sup>2</sup>
40 MVA	300 mm <sup>2</sup>
70 MVA	500 mm <sup>2</sup>

#### 4.5 Essais d'acceptation de type

##### 4.5.1 Conditions générales pour les essais

###### 4.5.1.1 Préconditionnement

Avant tout essai ou groupe d'essais effectué dans les conditions de référence, le matériel alimenté doit subir un préconditionnement de 3 heures dans les conditions de référence.

###### 4.5.1.2 Conditions atmosphériques de référence

Lorsqu'elles ne sont pas spécifiées, les conditions atmosphériques normales d'essais sont les suivantes (tolérances larges) :

- température de l'air ambiant : entre +15 °C et +35 °C,
- humidité relative : entre 20 % et 75 %,
- pression atmosphérique : entre 860 hPa et 1060 hPa.

Avant l'ensemble des essais, le matériel est placé durant 24 heures dans ces conditions.

###### 4.5.1.3 Conditions d'alimentation de référence

$U_n = 230 \text{ Vac} \pm 2 \% \text{ à } 50 \text{ Hz} \pm 1 \%$ .

##### 4.5.2 Examen des dispositions dimensionnelles et constructives

Cet examen est la première étape de la procédure d'essais. Il consiste, dans un premier temps, à vérifier que le matériel proposé est conforme au dossier d'identification.

Dans un second temps, on examinera l'accessibilité du matériel.

#### 4.5.3 Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé

##### 4.5.3.1 Degré de protection de l'enveloppe

• **Objectif :**

Vérifier la protection apportée par l'enveloppe :

- pour les personnes : contre les contacts directs avec des parties sous tension,
- pour le matériel : contre la pénétration (corps solides étrangers ou d'eau) ainsi que contre les impacts mécaniques.

• **Documents de référence :**

NF EN 60529 (C 20-010), NF EN 50102 (C 20-015), EDF HN 46-R-01-5.

• **Sévérité :**

IP 33, IK 08 (choc 5 joules).

##### 4.5.3.2 Essais de tenue au courant de court-circuit

• **Modalités :**

En position de fermeture et d'ouverture, les circuits principaux (pôles d'émission et pôles de court-circuit et sectionneur de mise à la terre) devront pouvoir supporter pendant 1 seconde, sans ouverture des circuits ni détérioration, des courants de valeurs efficaces indiquées dans le tableau ci-dessous.

Ces courants correspondent à des courants de court-circuit de 12,5 kA sur le réseau HTA (pour 20, 40 et 70 MVA) et de 20 kA pour 70 MVA. Le coefficient d'asymétrie  $k\sqrt{2}$  à appliquer est de 2,5.

Puissance transverse nominale du transformateur d'injection	Valeur efficace du courant de court-circuit susceptible de traverser les pôles	
	de court-circuit	d'émission
20 MVA	3 325 A	5 760 A
40 MVA	3 325 A	5 760 A
70 MVA (12,5 kA)	3 325 A	5 760 A
70 MVA (20 kA)	5 320 A	9 220 A

6 essais d'une seconde seront réalisés (2 essais avec asymétrie de courant de 2,5 sur chaque phase) en position " émission ", en position " court-circuit " et sur le sectionneur de mise à la terre en position " terre " avec les pôles de court-circuit ouverts.

Les tolérances sur les valeurs d'essais sont les suivantes :

- $I^2t$  est fixée avec une tolérance de -0 / +10 %,
- la valeur crête est fixée avec une tolérance de -0 / +5 %.

• **Critères d'acceptation :**

- Il ne devra pas y avoir de dégradation des contacts (pas d'arrachement de matière), aucun pôle ne devra rester collé,
- Le commutateur d'injection devra être manœuvrable après chaque essai,
- Le sectionneur de mise à la terre devra être manœuvrable après chaque essai,

- Les résultats des essais d'isolement décrits ci-dessous devront être satisfaisants.

#### **4.5.3.3 Caractéristiques d'isolement**

##### **4.5.3.3.1 Continuité des masses**

Cet essai est effectué en préalable aux essais de rigidité diélectrique.

- **Sévérité :**

L'intensité du courant de défaillance, d'une amplitude de 30 A<sub>DC</sub>, est appliquée entre tous points de masse du matériel et le barreau de raccordement à la terre.

- **Critères d'acceptation :**

La résistance maximale mesurée ne doit pas excéder 0,1Ω.

##### **4.5.3.3.2 Résistances d'isolement**

- **Objectif :**

Vérifier l'isolement des circuits en conditions normales d'utilisation. (On entend par " condition normale d'utilisation " une situation dans laquelle peut être indéfiniment placé le matériel sans qu'il soit porté atteinte à son intégrité).

- **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-6.

- **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté.

- **Sévérité :**

Tension appliquée : 500 V<sub>DC</sub>.

Durée d'application : 1 minute.

Les points d'application sont les mêmes que ceux définis pour l'essai de rigidité diélectrique à 50 Hz.

- **Critères d'acceptation :**

Résistance  $\geq 100 \text{ M}\Omega$  en mode commun,  $\geq 100 \text{ k}\Omega$  en mode différentiel aux bornes des contacts ouverts.

- **Remarque :**

Les mesures sont effectuées : 1°) en mode commun entre circuits et entre circuits et masse, et 2°) en mode différentiel entre bornes des contacts ouverts des sorties TOR.

##### **4.5.3.3.3 Rigidité diélectrique à 50 Hz**

- **Objectif :**

Vérifier la rigidité diélectrique à 50 Hz de l'isolement.

- **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

- **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté.

- **Sévérité :**

Circuits	Mode commun	Mode différentiel
1000 V	7 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
230 V	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Entrée TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Sorties TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	500 Veff / 50 Hz / 1 mn(*)

(\*) Uniquement aux bornes des circuits à contact ouvert.

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

**4.5.3.3.4 Tenue aux ondes de choc**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à supporter sans dommage des surtensions de valeurs élevées et de très courtes durées.

• **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté. L'impédance caractéristique du générateur d'essais est de 500 Ω.

• **Sévérité :**

Circuits	Tension à vide du générateur	
	mode commun	mode différentiel
1000 VAC	12 kV	sans objet
230/400 VAC	5 kV	5 kV
Entrée TOR	5 kV	sans objet
Sorties TOR	5 kV	1 kV(*)

(\*) Uniquement entre bornes des contacts ouverts.

On applique successivement 5 ondes de chocs négatives et 5 ondes de choc positives (1,2/50 μs).

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

En mode différentiel, pour les circuits 230 V, les décharges disruptives sont admises à condition que le bon fonctionnement du matériel soit vérifié à l'issue de l'essai.

**4.5.4 Mesure des temps de recouvrement**

Des mesures des temps de recouvrement entre les pôles de court-circuit et les pôles d'émission sont effectuées.

Ces mesures sont à réaliser avant l'ensemble des essais, après l'essai de court-circuit, après l'essai d'échauffement, et après l'essai d'endurance (fin des essais).

• **Modalités :**

Ces mesures sont effectuées en courant alternatif 50 Hz avec une valeur du courant de  $I_n$ <sub>50 Hz</sub> / 4 (correspondant à un transformateur HTB/HTA peu chargé). Les temps sont calculés



en observant les oscillogrammes des courants dans les pôles de court-circuit et dans les pôles d'émission.

• **Critères d'acceptation :**

Ces temps de recouvrement doivent être au moins égal à 1 ms. De plus, on ne devra, en aucun cas avoir des rebondissements de contacts après le recouvrement.

• Remarque :

Cet essai peut être réalisé en courant continu, à condition que la source de courant soit suffisante. En effet, si le courant est trop faible, des doutes peuvent persister quant aux éventuels rebonds qu'on observerait après le recouvrement.

#### 4.5.5 Essais d'échauffement

L'essai est réalisé sous une température ambiante de +40°C. Les sections des câbles sont celles définies au § 4.4.

• **Modalités pour les pôles de court-circuit :**

Les pôles de court-circuit sont parcourus par le courant nominal  $I_{n\ 50\text{ Hz}} / \sqrt{3}$  A jusqu'à équilibre thermique. On relève alors les différents échauffements au moyen de thermocouples.

En conformité avec les essais pratiqués sur les transformateurs d'injection, on applique une fois l'équilibre thermique au courant nominal atteint, 1,25 fois le courant nominal pendant 2 heures. Suite à ces 2 heures, on relève alors les différents échauffements au moyen de thermocouples.

• **Modalités pour les pôles d'émission :**

Les pôles d'émission sont parcourus par  $I_{n\ 50\text{ Hz}}$  pendant 2 heures. On relève alors les différents échauffements au moyen de thermocouples. La longueur des câbles assurant le court-circuit en étoile après les pôle d'émission doit être au minimum de 2 mètres conformément à la NF EN 60947-1 (C 63-001).

• **Modalités pour le sectionneur de terre :**

L'essai est réalisé dans les mêmes conditions que pour les pôles de court-circuit. L'essai doit être réalisé en forçant l'ouverture des pôles de court-circuit.

• **Critères d'acceptation :**

Toutes les valeurs des échauffements doivent être inférieures aux limites fixées par les normes NF EN 60947-1 (C 63-001) et NF EN 60947-4-1 (C 63-110), en particulier pour les bornes de raccordement et les parties accessibles, et aux limites données par la CEI 85 (NF C 26-206) en fonction de la classe thermique des isolants employés (qui sera donnée par le constructeur).

#### 4.5.6 Influence de l'alimentation 230 VAC : domaine nominal de fonctionnement

##### 4.5.6.1 Variation de la valeur de la tension

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Sévérité :**

La tension nominale  $U_n$  est de 230 VAC.

Le domaine nominal de fonctionnement est de -10 % / +10 %.

• **Critères d'acceptation :**

Le commutateur d'injection doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai.

**4.5.6.2 Variation de la fréquence de la tension**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Sévérité :**

Matériel alimenté à  $U_n = 230$  VAC avec une fréquence variant entre 48 et 52 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Le commutateur d'injection doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai.

**4.5.7 Appréciation du comportement dans le temps**

Les essais de comportement dans le temps forment une succession cohérente d'épreuves qui doivent être effectuées dans l'ordre suivant sur un même équipement : 1°) brouillard salin, 2°) endurance.

**4.5.7.1 Essai de brouillard salin**

• **Documents de référence :**

CEI 68-2-11 (NF C 20-711).

• **Conditions particulières :**

Equipement non alimenté.

• **Sévérité :**

Les modalités sont conformes à la norme CEI 68-2-11 (NF C 20-711) en vigueur. La durée d'exposition est de 96 heures.

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, le commutateur d'injection doit continuer de fonctionner comme prévu.

• **Remarque :**

Un examen visuel détaillé est à effectuer après l'essai afin de s'assurer de l'absence de corrosion nuisible.

**4.5.7.2 Essais d'endurance**

• **Modalités :**

Le commutateur d'injection doit être conçu pour pouvoir effectuer 160 000 opérations de service en tout sans maintenance.

Les 80 000 dernières manoeuvres seront effectuées en mécano-électrique, avec le courant nominal à 50 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Etat des contacts correct, aucune rupture mécanique, ni dégradation importante. Le temps de recouvrement devra être satisfaisant.

Les 160 000 manœuvres seront réalisées à une fréquence fixée en accord avec le constructeur.

## 5 Section : Générateur TCFM à 175 et 188 Hz

### 5.1 Introduction

Le générateur TCFM est un ensemble destiné à la production de signaux triphasés de télécommande centralisée à fréquence musicale à 175 et 188 Hz à partir d'une source d'énergie à courant alternatif triphasé à 50 Hz de 400 VAC.

Le fonctionnement de cet ensemble est régi par l'automate de commande TCFM qui provoque l'émission des impulsions de télécommande.

Le générateur TCFM est connecté au réseau HTA par l'intermédiaire d'un circuit d'injection série constitué d'un circuit-shunt résonant, d'un commutateur d'injection et d'un transformateur d'injection.

Le schéma suivant présente de manière synthétique la station d'émission TCFM et la position du générateur dans cette dernière :

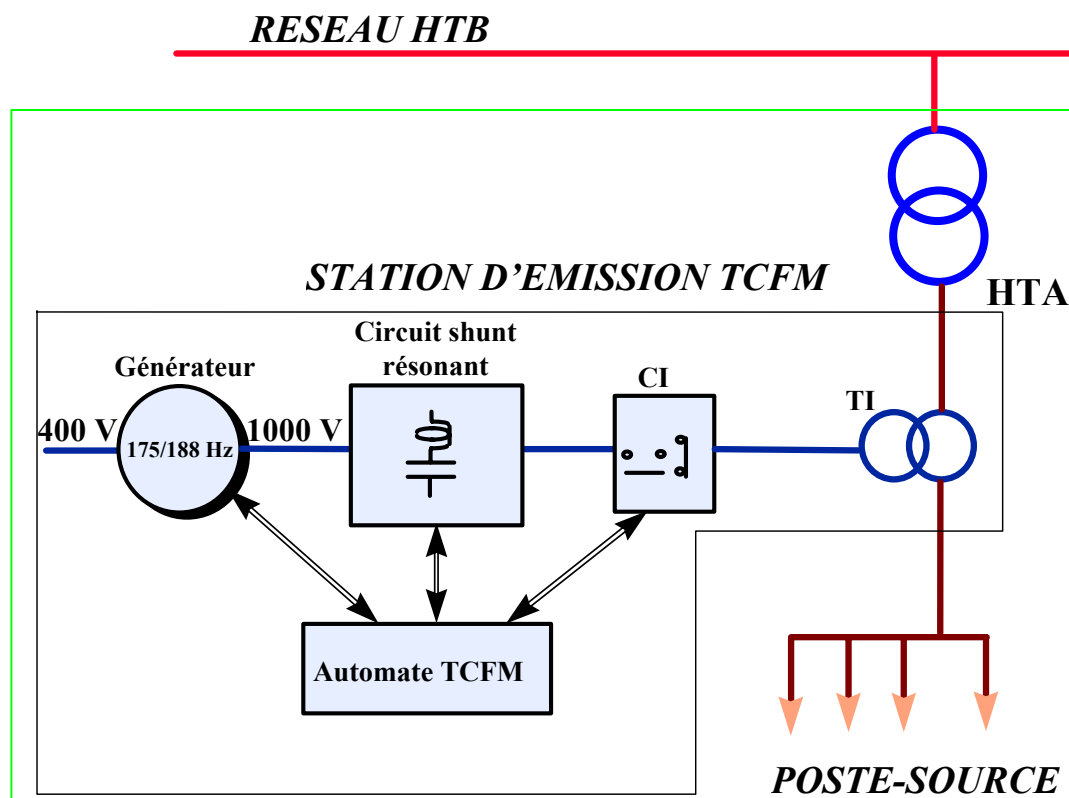


Figure 15 Schéma synthétique de la station d'émission TCFM donnant la position du générateur dans cette dernière

## **5.2 Exigences fonctionnelles et constructives**

### **5.2.1 Généralités**

#### **5.2.1.1 Présentation**

Le générateur TCFM est de type intérieur.

Il est constitué d'une armoire métallique à porte(s) ouvrante(s) en face avant, d'une hauteur maximale de 2 m. Le châssis de base de l'armoire permet des manutentions au sol.

Dans le cas d'un générateur 63 kVA, la profondeur ne doit pas excéder 0,75 m et la largeur 1 m.

Dans le cas d'un générateur 125 kVA, la profondeur ne doit pas excéder 0,75 m et la largeur 2 m.

L'indice de protection de l'armoire est IP21 suivant la norme NF EN 60529 (C 20-010) et l'indice de protection contre les chocs mécaniques est IK07 suivant la norme NF EN 50102 (C 20-015).

L'armoire du générateur TCFM doit être protégée soigneusement contre la corrosion :

- les enveloppes métalliques et les châssis doivent, par un traitement approprié, être protégés contre la rouille,
- la visserie, la boulonnerie et les accessoires de fermeture doivent être inoxydables, par nature ou par traitement.

L'ensemble du revêtement doit être suffisamment résistant pour présenter peu de risques de détérioration au cours des opérations de transport, de montage et d'entretien.

L'accès à l'intérieur de l'armoire est assujéti au sectionneur de l'alimentation 400 VAC, 50 Hz.

Le générateur est équipé d'une plaque signalétique (à l'extérieur ou à l'intérieur) reprenant les éléments suivants :

- " Générateur TCFM à 175 Hz et 188 Hz de  $S_n$  kVA - Spécification HN 96-S-65 ",
- Nom et adresse du constructeur,
- Date et numéro de fabrication ou de série.

Toutes les dispositions doivent être prises pour éviter, en service normal, tout contact accidentel avec des pièces sous tension. Les appareils et éléments de circuits non isolés, alimentés sous une tension du domaine BTB, doivent être placés dans des enceintes cadenassables ou démontables par un outillage (par exemple : des panneaux boulonnés) munies des dispositifs et signalisations réglementaires de sécurité (triangle jaune T10 indiquant le risque électrique).

S'il existe des panneaux boulonnés démontables de l'extérieur de l'enveloppe, ils seront munis du signal d'avertissement "risque électrique" T10.

#### **5.2.1.2 Contraintes d'environnement**

Le générateur est prévu pour être utilisé en intérieur dans un local de TCFM situé dans le poste-source dans les conditions normales définies dans la spécification HN 46-R-01 avec la classe 3 (local chauffé et ventilé avec panne éventuelle du chauffage). Ceci correspond à un

domaine de fonctionnement nominal de -5 à +45°C et à un domaine limite de -10 à +55°C, avec un taux d'humidité maximal de 95 % et pour une pression atmosphérique comprise entre 860 et 1060 hPa.

Le générateur est prévu pour être stocké entre -25°C et +70°C.

Le fonctionnement du générateur ne doit pas être perturbé par les perturbations électromagnétiques définies dans les essais du chapitre 5.5.10.

### 5.2.1.3 Alimentations

Le générateur est alimenté en 400 VAC triphasé, avec les caractéristiques suivantes :

Tension (Un)	400 VAC
Domaine nominal	-10 % / +10 %
Variation instantanée	≤ 5 %
Fréquence	48-52 Hz*
Dérive de fréquence positive ou négative	≤ 0,1 Hz par seconde*
Taux d'harmonique	≤ 5 %
Taux de 175 ou 188 Hz	≤ 5 %
Creux de tension	100 % - 200 ms**
Impédance de court-circuit de l'alimentation	0,1 Ω ± 20 %

\*Ces limites ont été fixées pour permettre un fonctionnement correct de la télécommande sur des réseaux momentanément isolés du réseau général.

\*\*La tenue aux creux de tension n'est demandée que pour les circuits auxiliaires du générateur, les circuits de puissance étant exclus.

Une alimentation +48 VDC -20 % / +15 % externe (contrôle-commande poste ou télécommunications) peut être utilisée pour " mouiller " les entrées TOR du générateur. On se reportera au chapitre 2.2.1 de la spécification HN 46-R-01-4 pour les caractéristiques de cette alimentation.

### 5.2.1.4 Isolement

La tenue diélectrique à la fréquence industrielle 50 Hz est de :

- 7 kV efficaces pour les circuits 1000 VAC,
- 2 kV efficaces pour les autres circuits.

La tenue à la tension de choc (1,2/50 µs) est de :

- 12 kV pour les circuits 1000 VAC,
- 5 kV pour les autres circuits.

### 5.2.1.5 Grandeurs nominales

#### 5.2.1.5.1 Puissance nominale à 175 et 188 Hz : $S_{n_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}}$

Les puissances unitaires normalisées sont : 63 kVA et 125 kVA pour la tension nominale d'alimentation à 50 Hz.

#### 5.2.1.5.2 Rendement

Le rendement nominal du générateur pour une puissance nominale  $S_{n_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}}$  et pour la tension nominale d'alimentation à 50 Hz doit être supérieur à 90 %.

**5.2.1.5.3 Tension nominale des signaux de télécommande à 175 et 188 Hz :  $Un_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}$**

La tension triphasée nominale à 175 et 188 Hz est fixée à 1000 VAC entre phases pour la tension nominale d'alimentation  $Un$  50 Hz et la puissance nominale  $Sn_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}$  définie ci-dessus.

**5.2.1.5.4 Impédance nominale de charge à 175 et 188 Hz :  $Zn$**

L'impédance nominale de charge à 175 et 188 Hz est donnée par la relation :

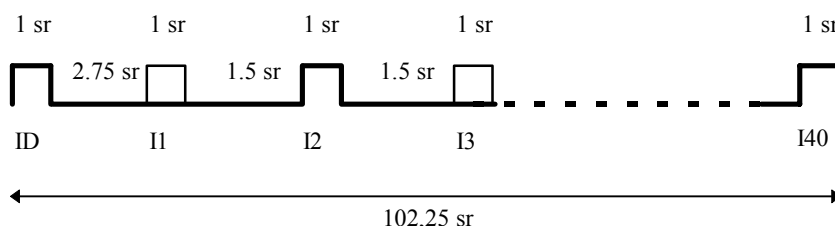
$$Zn = \frac{Un_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}^2}{Sn_{175 \text{ et } 188 \text{ Hz}}}$$

Les valeurs d'impédance nominale de charge sont de 15,87  $\Omega$  pour 63 kVA et de 8  $\Omega$  pour 125 kVA par phase en étoile.

**5.2.1.5.5 Régime nominal de fonctionnement**

Le régime nominal de fonctionnement est de deux émissions de trois tranches d'émission normalisées à 175 Hz plus deux émissions de trois tranches d'émission normalisées à 188 Hz, par 1/2 heure.

Chaque tranche d'émission normalisée à 175 Hz comprend une impulsion de démarrage (1 s), suivie de 15 impulsions de commande (1 s) réparties inégalement entre l'impulsion 1 et l'impulsion 40. Le chronogramme suivant résume la séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz :

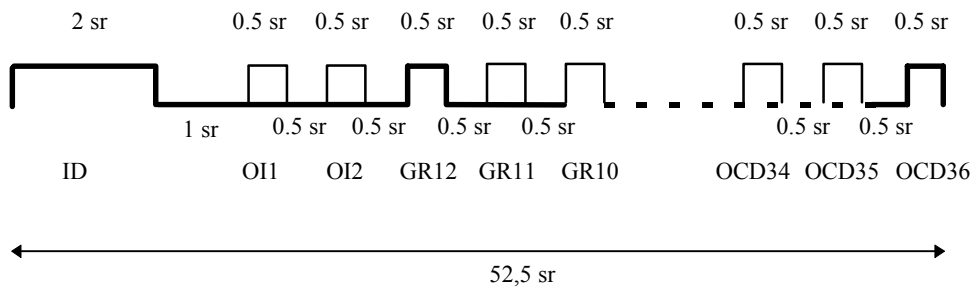


**Figure 16 Chronogramme d'une séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz**

Les traits épais correspondent à la valeur 0/1 de l'impulsion dans le code.

Les durées des impulsions et des intervalles entre impulsions sont calculées par l'automate TCFM sur la fréquence du réseau (100 alternances du 50 Hz réseau = 1 seconde réseau).

Chaque tranche d'émission normalisée à 188 Hz comprend une impulsion de démarrage (2 s), suivie de 30 impulsions de commande (0,5 s) réparties inégalement entre l'impulsion 1 et l'impulsion 50. Le chronogramme suivant résume la séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz :



**Figure 17 Chronogramme d'une séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz**

**5.2.1.6 Constitution de l'impédance de charge à 175 Hz et 188 Hz**

Le dispositif adopté pour le générateur doit permettre l'injection de signaux de télécommande à 175 et 188 Hz sur des ensembles normalisés de circuits d'injection constitués :

- d'un circuit-shunt résonant (défini dans la section 3 de cette norme),
- de transformateurs d'injection à 175 / 188 Hz, sous 1000 VAC (définis dans la section 2 de cette norme).

Le tableau ci-après présente les différentes configurations possibles entre générateur et circuit d'injection :

Générateur de fréquence	Circuit-shunt résonant	Transformateurs d'injection
63 kVA	20 ou 40 MVA	jusqu'à 3 x 20 MVA ou 2 x 40 MVA
125 kVA	40 MVA ou 40 MVA // 40 MVA	de 2 x 40 à 3 x 40 MVA ou de 1 x 70 à 2 x 70 MVA

L'impédance de charge varie normalement entre  $Z_n$  et  $3 Z_n$  avec un facteur de puissance compris entre 0,8 arrière et 0,8 avant.

Le déséquilibre de cette charge est normalement inférieur à 20 %.

**5.2.1.7 Conditions de fonctionnement**

**5.2.1.7.1 Conditions normales de fonctionnement**

Le générateur de fréquence doit fonctionner normalement dans les conditions suivantes :

- impédance de charge normale à 175 et 188 Hz comprise entre  $Z_n$  et  $3 Z_n$ , avec un facteur de puissance compris entre 0,8 arrière et 0,8 avant comme définie ci-dessus,
- contraintes d'environnement définies au chapitre 5.2.1.2,
- tension d'alimentation définie au chapitre 5.2.1.3,
- tension résiduelle 50 Hz provenant des circuits d'injection appliquée aux bornes 175 et 188 Hz du générateur inférieure ou égale à 50 V entre phases.

**5.2.1.7.2 Conditions exceptionnelles de fonctionnement**

Certaines conditions normales de fonctionnement peuvent être modifiées par suite de conditions exceptionnelles d'exploitation :

- impédance de charge à 175 et 188 Hz comprise entre 3 et 10  $Z_n$ ,
- impédance de charge inférieure à 0,8  $Z_n$ ,
- facteur de puissance à 175 et 188 Hz compris entre 0,5 arrière et 0,8 arrière ou entre 0,5 avant et 0,8 avant,
- déséquilibre de la charge de plus de 20 %,
- court-circuit biphasé ou triphasé aux bornes 175 et 188 Hz,
- coupure d'une phase sur l'alimentation 50 Hz.

En outre, le générateur associé à un circuit-shunt résonant (équipé d'une PEI et d'un CIA) doit supporter, pendant tout le temps où il est raccordé aux transformateurs d'injection, les tensions qui apparaissent aux bornes des circuits d'injection en cas de court-circuit sur le réseau HTA.

En présence de l'une quelconque de ces conditions exceptionnelles, le générateur peut éventuellement cesser de fonctionner, par déclenchement d'une protection interne. Il ne doit en résulter aucune détérioration du générateur.

Dans le cas particulier d'une impédance de charge comprise entre 0,8  $Z_n$  et  $Z_n$ , le générateur ne doit pas déclencher.

## **5.2.2 Dispositions constructives**

### **5.2.2.1 Alimentation 50 Hz du générateur**

Les circuits de puissance sont alimentés en triphasé 50 Hz à la tension nominale  $U_n$  50 Hz de 400 V entre phases. Ils sont protégés en tête par des fusibles convenablement calibrés, conformes à la norme NF EN 60269-2 (C 63-210), et faisant partie du générateur.

Les circuits de puissance sont isolés de l'alimentation par un sectionneur conforme à la norme NF EN 60947-3 (C 63-130).

Un contacteur (dit " contacteur d'entrée ") met sous tension la partie puissance, au moment de la demande d'émission.

La fusion d'un quelconque des fusibles doit entraîner l'ouverture du contacteur d'entrée.

Les circuits auxiliaires (ou circuits de commande) sont alimentés en monophasé à 50 Hz par une dérivation prise en amont de l'ensemble fusibles-contacteur des circuits de puissance et en aval du sectionneur. Leur protection est assurée par un seul disjoncteur bipolaire, à deux pôles protégés, conforme à la norme NF C 62-412, d'un calibre approprié et d'un pouvoir de coupure au moins égal à 800 A.

Le déclenchement de ce disjoncteur doit interdire la fermeture du contacteur des circuits de puissance et, en période d'émission, provoquer l'ouverture de ce dernier.

### **5.2.2.2 Circuits électriques - Bornes - Masses**

Les circuits soumis à des tensions du domaine BTB doivent être différenciés de ceux soumis à des tensions du domaine BTA, afin d'être aisément identifiables.

Les bornes de raccordement sont inoxydables par nature ou par traitement ; elles doivent être dimensionnées en fonction des courants et être très accessibles.



Le raccordement des conducteurs aux bornes s'effectue par l'intermédiaire de dispositifs évitant les desserrages sous l'action des vibrations mécaniques.

Tous les points de terre sont regroupés sur un barreau de terre percé d'un trou de 12 mm de diamètre afin de le relier à la terre du poste.

### **5.2.2.3 Protection des circuits mesures**

Les circuits mesures du générateur doivent être protégés contre les surtensions et les surintensités.

### **5.2.2.4 Dispositions particulières**

**Les organes du générateur sont refroidis exclusivement par ventilation naturelle.**

Les appareils de puissance d'un poids assez important (transformateurs, inductances, condensateurs) sont montés de façon à pouvoir être aisément extraits des armoires. Les connexions de ces ensembles sont souples et déconnectables.

Le remplacement d'un élément statique (semi-conducteurs de puissance par exemple) ne doit entraîner aucune modification de réglage sur un élément quelconque du générateur et doit pouvoir être effectué sans outillage conçu spécialement.

L'usage de piles ou batteries est exclu, vu la durée de vie spécifiée pour le matériel.

## **5.2.3 Fonctionnement du générateur**

Le générateur possède deux modes de fonctionnement : le mode manuel et le mode automatique.

### **5.2.3.1 Fonctionnement en mode manuel du générateur**

Ce mode est utilisé par l'opérateur sur place pour des besoins de maintenance (réglage des valeurs des batteries de condensateurs de compensation à 175 / 188 Hz). L'opérateur place le générateur en mode manuel par action sur un bouton-poussoir en face avant. Une LED signale que le générateur est en mode manuel.

Le générateur émet la sortie TOR " Générateur en service " à destination de l'automate TCFM et lui signale ainsi son passage en mode manuel.

Dans ce mode, le générateur peut être amené à n'émettre que sur le circuit-shunt résonant, ce qui correspond à une charge normalement très capacitive et/ou inférieure à Zn aux fréquences de télécommande. Le générateur doit être capable d'émettre sur cette charge en mode manuel.

Une fois le générateur en mode manuel, l'opérateur peut effectuer les opérations suivantes :

- choix du mode de traitement des défauts : mode " 1 coup " et mode " 2 coups " ,
- choix de la fréquence (F1 : 175 Hz, F2 : 188 Hz) par bouton-poussoir,
- mise en ou hors service du générateur par bouton-poussoir,
- commande d'émission d'impulsion par bouton-poussoir,
- paramétrage éventuel de certains paramètres du générateur (tension de consigne, taux de consigne dans le cas de l'option régulation par mesure des taux, ...) par action sur la face avant et/ou par connexion d'un PC sur place.

Note : il est autorisé que le choix du mode de traitement des défauts se fasse par action sur une carte (cavaliers) ou par configuration à l'aide d'un PC sur place.

Le choix de la fréquence est émis vers l'automate TCFM par la sortie TOR " Changement de fréquence ". Cette information est destinée au circuit-shunt résonant afin d'émettre avec la bonne compensation du circuit-shunt. Le choix de la fréquence est affiché en face avant du générateur par l'intermédiaire de LEDs.

La mise en service du générateur (signalée par des LEDs en face avant) interdit le changement de mode de traitement des défauts. Elle provoque la fermeture du contacteur d'entrée et place le générateur dans un état d'attente d'une demande d'émission à la fréquence paramétrée qui peut être provoquée par action sur un bouton-poussoir. La mise en service du générateur provoque l'émission de la sortie TOR " Commande CIA " à destination de l'automate TCFM. Cette information est destinée au circuit-shunt résonant et provoque l'ouverture du CIA.

Une fois l'émission d'impulsions à la fréquence voulue terminée, l'opérateur effectue une mise hors service par action sur un bouton-poussoir. Celle-ci provoque la retombée de la sortie TOR " Commande CIA " et l'ouverture du contacteur d'entrée.

Un compteur en face avant est incrémenté à chaque impulsion.

Si le générateur est en mode manuel, aucune commande de mise en service provenant de l'automate TCFM par l'entrée TOR " Mise en service générateur " n'est prise en compte.

### **5.2.3.2 Fonctionnement en mode automatique du générateur**

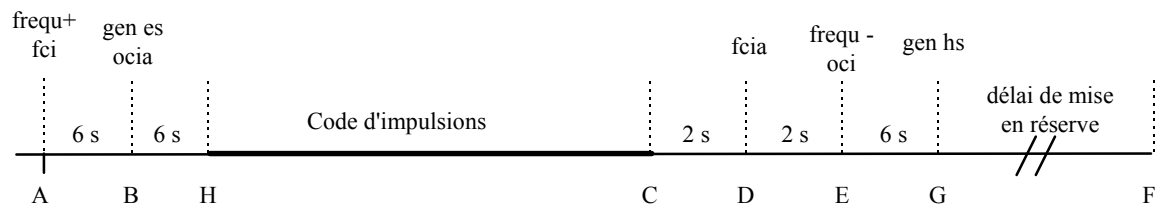
Le fonctionnement en mode automatique est le fonctionnement normal du générateur, qui est alors commandé par l'automate TCFM. Le passage en mode automatique est effectué par l'opérateur sur place par action sur un bouton-poussoir. Le mode automatique est signalé par une LED en face avant.

En mode automatique, le générateur s'attend à émettre sur la charge normale dont l'impédance varie entre  $Z_n$  et  $3 Z_n$  avec un facteur de puissance compris entre 0,8 arrière et 0,8 avant.

Lorsque le générateur est en mode automatique, il est en position d'attente d'une demande de mise en service. Dans cette position, l'automate TCFM peut commander le choix de la fréquence de télécommande par l'entrée TOR " Commutation oscillateur ". Le générateur renvoie à l'automate TCFM la sortie TOR " Changement de fréquence " qui indique la fréquence sélectionnée.

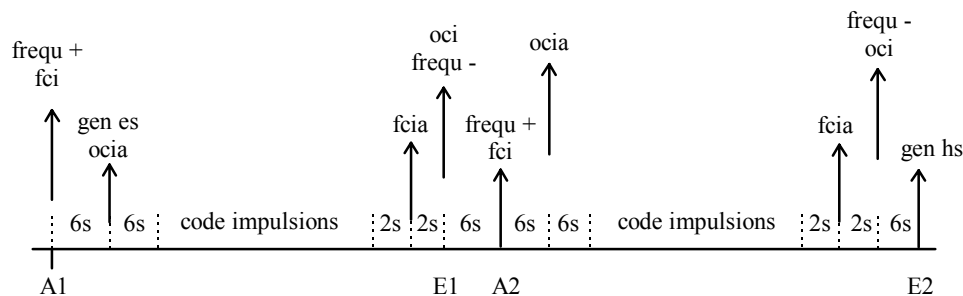
La demande de mise en service est déclenchée par l'entrée TOR " Mise en service générateur " provenant de l'automate TCFM. La mise en service du générateur est signalée à l'automate TCFM par la sortie TOR " Générateur en service " et déclenche la fermeture du contacteur d'entrée. Une fois le générateur en service aucune demande, de l'opérateur sur place, de passage en mode manuel n'est prise en compte par le générateur. L'entrée TOR " Commutation oscillateur " est prise en compte par le générateur (ceci pour permettre en particulier l'émission de trames 188 Hz " ordres immédiats " entre deux trames 175 Hz).

Le chronogramme suivant résume la séquence d'émission en une tranche d'émission commandée par l'automate TCFM :



- frequ + : sélection de la fréquence,
- frequ - : retombée de la commande de sélection de la fréquence,
- gen es : commande de mise en service du générateur,
- gen hs : commande de mise hors service du générateur,
- ocia : ouverture du CIA,
- fcia : fermeture du CIA,
- fci : fermeture des CI,
- oci : ouverture des CI.

La séquence d'une émission en deux tranches d'émission commandée par l'automate TCFM se résume ainsi :



- frequ + : sélection de la fréquence,
- frequ - : retombée de la commande de sélection de la fréquence,
- gen es : commande de mise en service du générateur,
- gen hs : commande de mise hors service du générateur,
- ocia : ouverture du CIA,
- fcia : fermeture du CIA,
- fci : fermeture des CI correspondant à la tranche d'émission,
- oci : ouverture des CI correspondant à la tranche d'émission.

**Figure 18 Chronogrammes de la séquence d'émission en une tranche d'émission commandée par l'automate TCFM**

La fréquence d'émission est normalement la même sur les toutes les tranches d'émission, de même que le code d'impulsions.

Une émission en trois tranches d'émission comporte trois séquences analogues à Ai..Ei au lieu de deux.

Un compteur en face avant est incrémenté à chaque impulsion.

### 5.2.3.3 Traitement et signalisation des défauts en émission

Le générateur possède deux modes de traitement, les modes " 1 coup " et " 2 coups ", des défauts qui apparaissent en cours d'émission. Ces défauts peuvent être entre autres :

- une sous ou sur tension de la tension 50 Hz d'alimentation,
- une sous ou sur tension de la tension 48 VDC,
- un problème de charge du générateur (sous-charge, surcharge, facteur de puissance hors des limites normales de fonctionnement, déséquilibre trop important, ...),
- un dépassement de limite de température interne (utilisation au-delà du régime nominal par exemple),
- une non-fermeture d'un contacteur (contacteur d'entrée par exemple),
- un défaut de fonctionnement du générateur détecté par ses autotests,
- une impulsion de durée supérieure à 8 secondes,
- ...

En mode " 1 coup ", tout défaut pendant une émission (générateur en service) arrête l'émission (ouverture du contacteur d'entrée) et est signalé à l'automate TCFM par l'ouverture de la boucle de sortie TOR " Boucle générateur " qui a été initialement fermée au début de l'émission (et qui reste fermée pendant toute l'émission s'il n'y a pas de défaut). Le générateur se place dans un état d'alarme où toute nouvelle émission est impossible. L'alarme doit être acquittée en face avant du générateur (bouton-poussoir) pour reprendre les émissions (un acquittement par l'autodiagnostic est possible, voir plus loin).

La sortie TOR " Panne générateur " est émise si le défaut est d'origine interne (voir chapitre suivant) détecté par les autotests du générateur.

Une LED " Alarme " est activée sur la face avant du générateur tant que l'acquittement n'a pas été effectué. Un compteur de défauts en face avant est incrémenté à chaque défaut.

En mode " 2 coups ", un premier défaut survenant pendant une émission arrête l'émission et est signalé à l'automate TCFM par la sortie TOR fugitive " Répétition générateur " (la sortie TOR " Boucle générateur " ne s'ouvre pas d'elle-même : c'est la mise hors service du générateur par l'automate TCFM qui provoquera l'ouverture. La sortie TOR " Panne générateur " n'est pas émise non plus). Le générateur n'est pas en alarme. L'automate TCFM effectue normalement une répétition de l'émission après une temporisation.

Si lors de l'émission qui suit le premier défaut un nouveau défaut se produit, le fonctionnement est le même que pour un défaut en mode " 1 coup ". Le générateur se place dans un d'état d'alarme où toute nouvelle émission est impossible. L'alarme doit être acquittée en face avant du générateur (bouton-poussoir) pour reprendre les émissions.

Si lors de l'émission qui suit le premier défaut il n'y a pas de défaut, le prochain défaut sera considéré par le générateur comme un premier défaut.

Le mode " 2 coups " a pour objectif de limiter les passages en " alarme " (et les acquittements en conséquence) dans le cas de défauts intempestifs. Il est à noter que certains défauts ne peuvent pas être par nature traités en mode 2 coups (par exemple les pannes détectées par les autotests).

#### **5.2.3.4 Traitement et signalisation des défauts hors émission**

Le générateur est équipé d'autotests de ses automatismes (interfaces TOR, cartes CPU, ...). Il peut aussi être équipé de dispositifs de protection ou d'alarme concernant l'alimentation (manque tension).

Dans le cas d'une défaillance détectée par un autotest, le générateur émet vers l'automate TCFM l'information TOR " Panne générateur ". Cette information peut ne plus être émise si les conditions nominales de fonctionnement pour le générateur sont à nouveau réunies.

Si le défaut apparaît hors émission, l'alarme est signalée en face avant par une LED mais ne nécessite pas d'acquiescement. Si le défaut n'a pas disparu à l'émission suivante, l'acquiescement peut devenir obligatoire comme expliqué au chapitre précédent.

## **5.2.4 Exigences sur la tension de sortie 175 / 188 Hz**

### **5.2.4.1 Réglage de la tension de sortie 175 / 188 Hz**

Le niveau de la tension de sortie 175 / 188 Hz est réglable entre 0 et 1000 V. Le niveau réglé est appelé " tension de consigne ".

### **5.2.4.2 Variation de la tension à 175 / 188 Hz**

Pour une tension 50 Hz d'alimentation comprise dans son domaine nominal, lorsque le générateur débite sur une charge comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant, la tension 175 / 188 Hz établie aux bornes du générateur ne doit, en aucun cas, différer de la tension de consigne de plus de  $\pm 10$  %.

### **5.2.4.3 Régime transitoire d'établissement : temps de montée**

Le temps de montée (mesuré entre 5 % et 95 % de la valeur de la tension établie) d'une impulsion doit être inférieur à 75 ms lorsque le générateur débite sur une charge comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant. Cette charge comprend obligatoirement un circuit-shunt.

### **5.2.4.4 Régime transitoire d'établissement : temps de descente**

Le temps de descente (mesuré entre 95 % et 5 % de la valeur de la tension établie) d'une impulsion doit être inférieur à 100 ms lorsque le générateur débite sur une charge comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant. Cette charge comprend obligatoirement un circuit-shunt.

### **5.2.4.5 Harmoniques**

Lorsque le générateur débite sur une charge (telle que définie en 5.2.1.6) comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant, le taux d'harmonique de la tension 175 / 188 Hz aux bornes du générateur ne doit pas excéder 1 %.

### **5.2.4.6 Symétrie du système de tensions triphasées 175 et 188 Hz**

Pour une charge équilibrée et symétrique, lorsque le générateur débite, sous la tension 175 / 188 Hz nominale, sur une charge comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant, la composante inverse de tension ne doit pas excéder 4 % de la composante directe du système des tensions 175 / 188 Hz.

### **5.2.4.7 Valeur de la fréquence de télécommande**

La fréquence de télécommande doit être, dès les premiers 75 ms de chaque impulsion et pendant toute la durée de celle-ci, comprise entre :

- 174,95 et 175,05 Hz pour F1,
- 187,95 et 188,05 Hz pour F2.

Cette condition de stabilité de fréquence doit être réalisée aussi bien en service normal qu'après un arrêt prolongé.

#### **5.2.4.8 Position des impulsions**

La dispersion par rapport aux impulsions de commande envoyées par l'automate TCFM doit être inférieure à 20 ms. Cette dispersion se mesure pour chaque impulsion au niveau du front montant et au niveau du front descendant lorsque le générateur débite sur une charge comprise entre  $Z_n$  et  $3 Z_n$  avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant.

Le temps de montée " automate TCFM  $\Rightarrow$  réseau HTA " compris entre le début de l'ordre de commande d'impulsion de l'automate TCFM et 95 % de la tension 175 / 188 Hz établie devra donc présenter une dispersion inférieure à 20 ms pour toutes les impulsions d'une émission.

De même le temps de descente " automate TCFM  $\Rightarrow$  réseau HTA " compris entre la fin de l'ordre de commande d'impulsion de l'automate TCFM et 5 % de la tension 175 / 188 Hz établie devra présenter une dispersion inférieure à 20 ms pour toutes les impulsions d'une émission.

#### **5.2.5 Mesures des tensions et courants de sortie**

Le générateur est équipé de capteurs permettant de mesurer les tensions et les courants 175 / 188 Hz de sortie. Le résultat de ces mesures doit être visualisable en face avant du générateur.

#### **5.2.6 Autodiagnostic consultable à distance (option)**

Le générateur peut être équipé en option d'une fonctionnalité d'autodiagnostic consultable à distance par le RTC à l'aide d'un PC. Cette option peut aussi inclure la possibilité de connecter un PC sur place.

Cet autodiagnostic ou télésurveillance pourra, entre autre, permettre à l'utilisateur d'avoir accès aux informations suivantes :

- état de l'indicateur d'alarme due à un ou des déclenchements du générateur et information sur le type de défaut,
- résultats d'autotests,
- valeurs des compteurs de défauts et d'impulsions,
- mesures des courants et des tensions de sortie 175/188 Hz pour les dernières émissions,
- état de fonctionnement du générateur (en/hors service, impulsion en cours, fréquence d'émission...).

Les téléactions comme la mise en service (et encore moins l'émission) ne sont pas autorisées.

L'acquiescement de l'alarme est autorisé et doit être protégé par un mot de passe. Lorsque l'opérateur effectue cette opération, il doit être prévenu par le logiciel que cette dernière est une opération importante qui doit normalement se faire sur place.

Le logiciel de télésurveillance devra être mis en œuvre sur un système informatique de type PC sous un système d'exploitation standard avec une interface de type multifenêtrage. Dans le cas d'un générateur TCFM et d'un circuit-shunt d'un même constructeur, un même logiciel pourra être utilisé.

#### **5.2.7 Régulation par mesures des taux aval et amont (option)**

Principes de fonctionnement :

Le générateur pourra être équipé, en option, d'un dispositif permettant de réguler la tension de sortie 175 ou 188 Hz du générateur par rapport à deux consignes de taux aval et à une consigne de taux amont.

Ce dispositif a pour but :

- de limiter les perturbations 175/188 Hz créées par les remontées amont et les taux aval élevés générés par la présence simultanée d'une émission TCFM et de condensateurs HTA de compensation en service,
- de limiter les problèmes dus à une variation de la charge en cours d'émission,
- de limiter les problèmes lors d'émission en plusieurs tranches d'émission avec des charges très différentes sur chaque tranche d'émission,
- d'apporter une réponse dans certains cas particuliers de raccordement de " petits autoproduiteurs " (puissance raccordée totale < 3 MVA).

Dans tous les cas, l'installation de cette option devra faire l'objet d'une étude des charges 175 / 188 Hz vues par le générateur (P.c.c. HTB, condensateurs HTB et HTA, charges très différentes sur 2 transformateurs, perturbateurs potentiels ...) afin de déterminer au préalable si elle permet de résoudre le problème rencontré.

Les exigences concernant cette option sont :

- la régulation pourra être mise en ou hors service par l'exploitant sur place,
- régulation possible sur 3 tranches d'émission,
- régulation sur chaque impulsion,
- le générateur doit atteindre 95 % de la tension de consigne calculée par la régulation en moins de 100 ms.

Deux taux aval sont définis :

- le taux aval de consigne :  $T_{vc}$  ;
- le taux aval minimal de repli :  $T_{vm}$ .

Un taux amont est défini, le taux amont de consigne maximal :  $T_{am}$ .

Le principe de la régulation est le suivant :

Si le taux amont mesuré reste inférieur à  $T_{am}$ , la régulation s'effectue sur le taux aval par rapport à la consigne  $T_{vc}$ .

Si le taux amont mesuré devient supérieur à  $T_{am}$ , la régulation s'effectue sur le taux amont de sorte que le taux amont soit égal à  $T_{am}$  sous réserve que le taux aval reste supérieur à  $T_{vm}$ . Dans le cas où ce n'est pas possible, la régulation s'effectue sur le taux aval avec  $T_{vm}$  pour consigne : une LED indique un problème de régulation en face avant et une alarme est générée dans l'autodiagnostic.

Les consignes de taux aval sont réglables par pas de 0,1 % entre 1,2 % et 4 % en face avant. On doit avoir  $T_{vm} < T_{vc}$ .

La consigne de taux amont est réglable par pas de 0,1 % entre 0,3 % et 1 % en face avant.

Le constructeur peut proposer un paramétrage des taux de consignes par tranche d'émission.

Le générateur a en entrées TOR les interlocks des 3 CI (%CI1, %CI2, %CI3) correspondant à chaque tranche d'émission, ce qui lui permet d'identifier la tranche d'émission en cours et de prendre les bonnes valeurs de consigne dans le cas de consignes différentes suivant les tranches d'émission.

Le générateur a au minimum 5 entrées analogiques 100 V lui permettant de mesurer 5 tensions phase "taux aval" et a au minimum 1 entrée analogique 57,7 V lui permettant de mesurer une tension phase "taux amont". Les entrées "taux aval" doivent pouvoir être affectées à n'importe quelle tranche d'émission.

**Cas limites :**

- Si l'opérateur met la régulation hors service, le générateur émet avec la tension de consigne paramétrée par l'opérateur.
- En cas d'absence de tension 50 Hz sur une entrée TT HTA ou une entrée TT HTB concernant la tranche d'émission à émettre ou en cours, le générateur émet avec la dernière tension de consigne calculée par la régulation pour cette tranche d'émission. Ce cas peut se rencontrer en cas de fusion fusible, coupure du circuit tension et sera signalé par une LED.
- En cas d'absence de tension 175 / 188 Hz sur une entrée TT HTA (absence = tension < 0,5 %) concernant la tranche d'émission en cours d'émission, le générateur émet avec la dernière tension de consigne calculée par la régulation pour cette tranche d'émission.

**5.3 Sûreté de fonctionnement**

**5.3.1 Durée de vie**

La durée de vie du générateur est de 15 ans.

**5.3.2 Fiabilité, maintenabilité et disponibilité**

**5.3.2.1 Conditions de sollicitations des équipements**

On décrit les principales hypothèses liées aux sollicitations externes du générateur :

Sollicitations externes	Taux de sollicitations (s/h : sollicitations par heure) (d/h : défauts par heure)
Surtension aux bornes du générateur due à un défaut sur le réseau HTA	$1,5 \cdot 10^{-3}$ d/h
Emission TCFM (3 tranches d'émission)	8 s/h
Présence agent dans le poste	Probabilité / poste = 0,08

**5.3.2.2 Précision ou définition concernant les paramètres de SdF considérés**

On rappelle dans ce sous-chapitre les définitions des paramètres utilisés pour exprimer le besoin de sûreté de fonctionnement.

$\lambda_f$	Taux de non fonctionnement par heure (ou $1 / MTBF_f$ ).
$\lambda_i$	Taux de fonctionnement intempestif (ou $1 / MTBF_i$ ).
$\lambda_g$	(= $\lambda_f + \lambda_i$ ) Taux de défaillance global pour l'équipement considéré (ou $1 / MTBF_g$ ).
$\tau$	(ou MTTR : mean time to repair) Durée de réparation de l'équipement (hors déplacement).



### 5.3.2.3 Spécification technique du besoin de SdF (probabiliste) pour le générateur

Le générateur devra respecter les objectifs suivants :

### 5.3.2.4 Objectifs de Fiabilité

Les modes de défaillances du générateur sont les suivants :

- le refus de mise en service,
- la non-émission d'une impulsion commandée,
- l'émission intempestive d'une impulsion non commandée,
- le décalage à l'émission de plus de 50 ms d'une impulsion commandée,
- la non-signalisation d'un déclenchement sur défaut,
- le déclenchement intempestif sur défaut.

Les objectifs de fiabilité pour le générateur par rapport à ces différents modes de défaillance sont les suivants :

Mode de défaillance	Taux de défaillance (d/h : défaillance par heure)
Refus de mise en service	$\lambda f \leq 1.10^{-4}$ d/h
Non-émission d'une impulsion commandée	$\lambda f \leq 1.10^{-4}$ d/h
Emission intempestive d'une impulsion non commandée	$\lambda i \leq 1.10^{-6}$ d/h
Décalage à l'émission de plus de 50 ms d'une impulsion commandée	$\lambda f \leq 5.10^{-6}$ d/h
Non-signalisation d'un déclenchement sur défaut	$\lambda f \leq 1.10^{-6}$ d/h
Déclenchement intempestif sur défaut	$\lambda i \leq 1.10^{-6}$ d/h

### 5.3.2.5 Objectifs de Maintenabilité

Les différents équipements du générateur devront respecter l'objectif de maintenabilité suivant :

$$MTTR \leq 2 \text{ heures}$$

Le MTTR (ou  $\tau$ ) représente le temps moyen d'échange ou de réception (moyenne pondérée par les fréquences d'occurrences des défaillances) du générateur dans un environnement moyen et en dehors de toute considération liée au concept de maintenance (par exemple : temps d'accès aux pièces de rechanges ou temps de déplacement au poste).

Ainsi donc le MTTR prend en compte :

- la durée nécessaire à la localisation du défaut,
- la durée nécessaire à la réparation et aux réglages s'il y a lieu (à éviter autant que faire se peut),
- le temps de contrôle de bon fonctionnement (retour aux performances après réparation),
- la durée de remise en service du matériel.

**5.3.2.6 Documents à fournir**

Le constructeur doit présenter les études de fiabilité réalisées lors de la conception de son matériel.

**5.4 Exigences d'interfaces**

**5.4.1 Entrées / Sorties TOR**

**5.4.1.1 Liste des entrées / sorties TOR**

**Informations venant de l'automate TCFM**

Nom Entrée	Type	Abréviation bornier	Signification
Mise en service générateur	monostable	MESG	boucle fermée pendant toute la durée de service du générateur
Commande impulsion	monostable	CIMP	boucle fermée pendant la durée d'une impulsion
Commutation oscillateur	monostable	CO	boucle fermée = 188 Hz

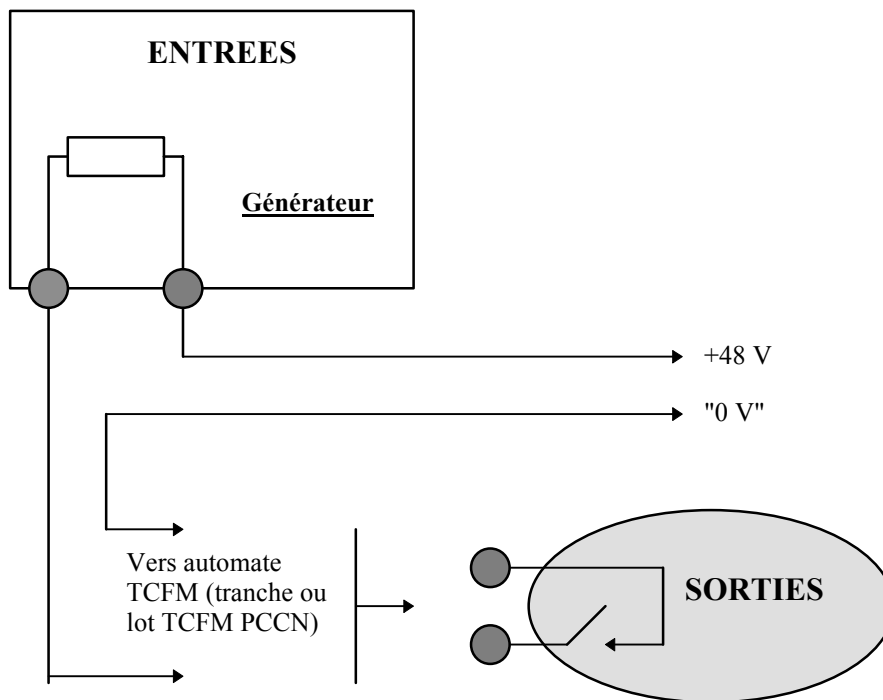
**Informations à destination de l'automate TCFM**

Nom Sortie	Type	Abréviation bornier	Signification
Générateur en service	monostable	GES	boucle fermée = générateur en service
Boucle générateur	monostable	BG	boucle ouverte pendant une émission = défaut générateur
Panne générateur	monostable	DFG	boucle fermée = défaut générateur
Répétition générateur	impulsion	RG	boucle fermée pendant 500 ms = demande de répétition
Changement de fréquence	monostable	CF	boucle fermée = 175 Hz
Commande CIA	monostable	CCIA	boucle fermée en mode manuel du générateur à la mise en service

Les dénominations des entrées / sorties employées ci-dessus sont normatives.

**5.4.1.2 Caractéristiques des contacts TOR acquis par le générateur**

Le schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le générateur est le suivant :



**Figure 19 Schéma de principe d'une entrée TOR acquise par le générateur**

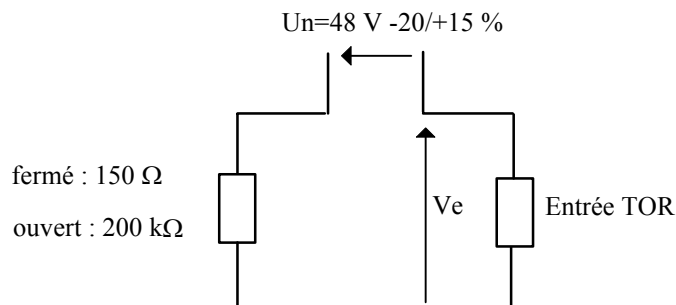
Les boucles sont alimentées soit par le générateur par une polarité 48 VDC, soit par une polarité 48 VDC " poste ".

Le temps de rebondissement des contacts est réputé inférieur à 10 ms. Les entrées TOR du générateur devront être munies d'un dispositif de filtrage des rebonds.

L'entrée du générateur aura les caractéristiques suivantes :

- consommation comprise entre 2 mA et 10 mA sous 48 VDC -20 % / +15 %,
- toute tension aux bornes de l'entrée supérieure à  $V_{e2}$  est qualifiée de façon certaine comme 1 logique. Toute tension aux bornes de l'entrée inférieure à  $V_{e1}$  est qualifiée de façon certaine comme 0 logique.

$V_{e1}$  et  $V_{e2}$  sont définis de la manière suivante :



**Figure 20 Caractéristiques d'entrée du générateur**

$$V_{e1} = \frac{U_n / I_{e,min}}{200k\Omega + U_n / I_{e,min}} \times (U_n + 15\%)$$

tension la plus grande pour un contact ouvert

Avec :

- $U_n$  la tension d'alimentation nominale : 48 V,
- $I_{e,min}$  le courant minimal de consommation de l'entrée.

$$V_{e2} = \frac{U_n / I_{e,max}}{150\Omega + U_n / I_{e,max}} \times (U_n - 20\%)$$

tension la plus faible pour un contact fermé

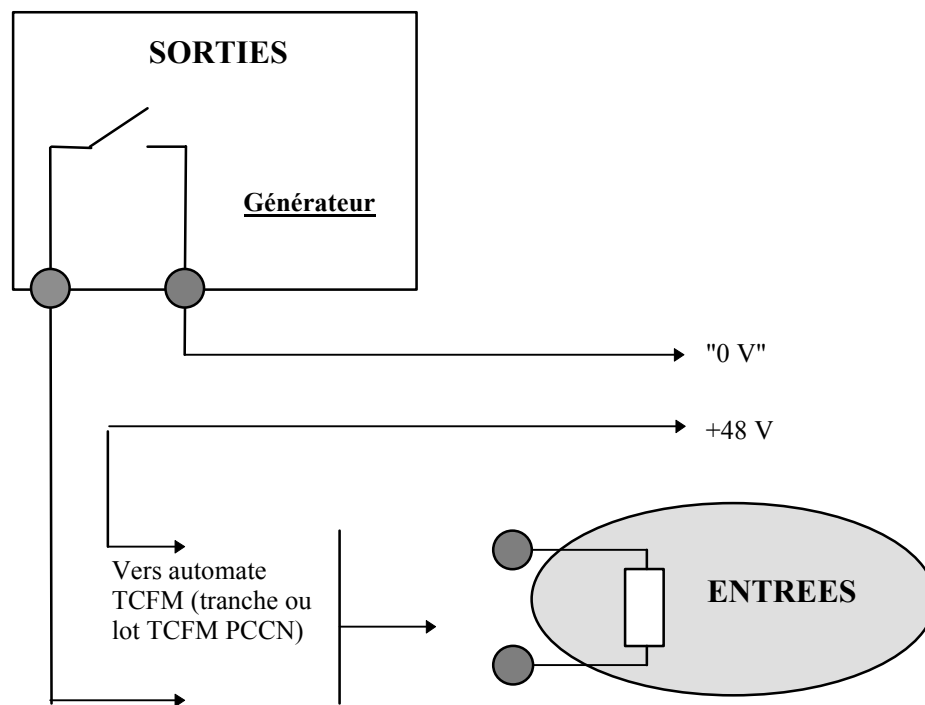
Avec :

- $I_{e,max}$  le courant maximal de consommation de l'entrée.

Le constructeur devra fournir sa plage de consommation d'entrée  $[I_{e,min}, I_{e,max}]$  et le seuil de commutation en tension auquel il compte se régler. Ces valeurs seront vérifiées lors des essais.

#### 5.4.1.3 Caractéristiques des sorties TOR fournies par le générateur

Le schéma de principe d'une signalisation produite par le générateur est le suivant :



**Figure 21 Schéma de principe d'une signalisation produite par le générateur**

Les boucles sont alimentées par une polarité provenant de la tranche TCFM ou du lot TCFM PCCN.

Les signalisations sont fournies sous forme de contacts libres de potentiel qui devront avoir les caractéristiques suivantes :

- courant nominal supérieur à 250 mA,
- temps de rebondissement inférieur à 10 ms,
- la sortie doit être " vue " comme un contact ouvert ou fermé dont la résistance est :
  - supérieure à 200 k $\Omega$  en position " ouverte ", filerie comprise.
  - inférieure à 150  $\Omega$  en position " fermée " filerie comprise (50  $\Omega$  maximum pour la sortie seule, plus 100  $\Omega$  maximum pour la filerie).

Les circuits de sortie doivent être aptes à tenir, sans qu'il soit nécessaire de changer une partie du matériel à l'issu de l'essai, un courant de court-circuit de 100 A pendant 30 ms.

#### 5.4.1.4 Connectique et filerie externes

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent. La section des conducteurs est de 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### 5.4.2 Entrées TOR supplémentaires pour l'option régulation des taux aval et amont

Pour cette option le générateur a les entrées TOR suivantes, qui proviennent soit des CI directement, soit de l'automate TCFM :

Nom Entrée	Type	Signification
%CI1	monostable	boucle fermée pendant toute la durée de fermeture des pôles d'émission du CI 1
%CI2	monostable	boucle fermée pendant toute la durée de fermeture des pôles d'émission du CI 2
%CI3	monostable	boucle fermée pendant toute la durée de fermeture des pôles d'émission du CI 3

Il est aussi possible que les %CI *i* ne soient pas disponibles, mais que les  $\overline{\%CI i}$  le soient. Dans ce cas le générateur doit pouvoir accepter les entrées  $\overline{\%CI i}$ .

#### 5.4.3 Entrées analogiques pour l'option régulation des taux aval et amont

Le générateur a 7 entrées analogiques : 6 pour les TT HTA et 1 pour les TT HTB.

La consommation maximale autorisée pour une entrée mesure du générateur connectée au secondaire d'un TT HTA ou d'un TT HTB est de 0,3 VA. Les tensions seront mesurées entre phases (100 V nominal) pour les TT HTA et entre phase et neutre (57,7V nominal) pour les TT HTB.

Les dispositions de la spécification HN 46-R-01 partie 5 s'appliquent pour le raccordement. La section des conducteurs est de 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### 5.4.4 Raccordement à l'alimentation 50 Hz

Le raccordement s'effectue par des câbles en cuivre de section 35 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 63 kVA et de 70 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 125 kVA.

#### **5.4.5 Raccordement au circuit-shunt TCFM**

Le raccordement s'effectue par des câbles en cuivre de section 16 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 63 kVA et de 35 mm<sup>2</sup> pour un générateur TCFM 125 kVA.

### **5.5 Essais d'acceptation de type**

#### **5.5.1 Conditions générales pour les essais**

##### **5.5.1.1 Configuration du générateur**

Le générateur sera réglé pour une tension de consigne 175 / 188 Hz de 1000 V.

##### **5.5.1.2 Préconditionnement**

Avant tout essai ou groupe d'essais effectué dans les conditions de référence, le matériel alimenté doit subir un préconditionnement de 3 heures dans les conditions de référence.

##### **5.5.1.3 Conditions atmosphériques normales d'essais**

Lorsqu'elles ne sont pas spécifiées, les conditions atmosphériques normales d'essais sont les suivantes (tolérances larges) :

- température de l'air ambiant : entre +15 °C et +35 °C,
- humidité relative : entre 20 % et 75 %,
- pression atmosphérique : entre 860 hPa et 1060 hPa.

Avant l'ensemble des essais, le matériel est placé durant 24 heures dans ces conditions.

#### **5.5.2 Examen des dispositions dimensionnelles et constructives**

Cet examen est la première étape de la procédure d'essais. Il consiste, dans un premier temps, à vérifier que le matériel proposé est conforme au dossier d'identification.

Dans un second temps, on examinera l'accessibilité du matériel.

#### **5.5.3 Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé**

##### **5.5.3.1 Degré de protection de l'enveloppe**

• **Objectif :**

Vérifier la protection apportée par l'enveloppe :

- pour les personnes : contre les contacts directs avec des parties sous tension,
- pour le matériel : contre la pénétration (corps solides étrangers ou d'eau) ainsi que contre les impacts mécaniques.

• **Documents de référence :**

NF EN 60529 (C 20-010), NF EN 50102 (C 20-015), EDF HN 46-R-01-5.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

IP 21, IK 07 (choc 2 joules).

### **5.5.3.2 Caractéristiques d'isolement**

#### **5.5.3.2.1 Continuité des masses**

Cet essai est effectué en préalable aux essais de rigidité diélectrique.

• **Documents de référence :**

NF EN 61131-2 (C 46-614).

• **Sévérité :**

L'intensité du courant de défaillance, d'une amplitude de 30 Adc, est appliquée entre tous points de la masse métallique du matériel et l'extrémité de la connexion rigide ou de la tresse métallique de raccordement à la terre de protection, prise sur une longueur de 2 m (on pourra se limiter aux quelques points de la masse métallique les plus éloignés en terme de résistance du raccordement à la terre).

• **Critères d'acceptation :**

La résistance maximale mesurée ne doit pas excéder 0,1  $\Omega$ .

#### **5.5.3.2.2 Résistances d'isolement**

• **Objectif :**

Vérifier l'isolement des circuits en conditions normales d'utilisation (on entend par " condition normale d'utilisation " une situation dans laquelle peut être indéfiniment placé le matériel sans qu'il soit porté atteinte à son intégrité).

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté.

• **Sévérité :**

Tension appliquée : 500 Vdc.

Durée d'application : 1 minute.

Les points d'application sont les mêmes que ceux définis pour l'essai de rigidité diélectrique à 50 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Résistance  $\geq 100 M\Omega$  en mode commun,  $\geq 100 k\Omega$  en mode différentiel aux bornes des contacts ouverts.

• **Remarque :**

Les mesures sont effectuées : 1°) en mode commun entre circuits et entre circuits et masse, et 2°) en mode différentiel entre bornes des contacts ouverts des sorties TOR.

Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

#### **5.5.3.2.3 Rigidité diélectrique à 50 Hz**

• **Objectif :**

Vérifier la rigidité diélectrique à 50 Hz de l'isolement.

• **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté. Si le générateur est équipé de contacteurs d'entrée pour l'alimentation 400 V des circuits puissance et de sortie pour les circuits 1000 V, les essais sont effectués contacteurs ouverts et fermés.

• **Sévérité :**

Circuits	Mode commun	Mode différentiel
1000 V	7 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
230/400 V	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Entrées TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet
Sorties TOR	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	500 Veff / 50 Hz / 1 mn(*)
Entrées analogiques	2 kVeff / 50 Hz / 1 mn	sans objet

(\*) Uniquement aux bornes des circuits à contact ouvert.

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

NOTE : dans le cas de circuits équipés de condensateurs d'antiparasitage entre les conducteurs et la masse, ceux-ci ne doivent pas être débranchés pendant l'essai. Si en ce qui concerne ces condensateurs, il est pratiquement impossible d'effectuer l'essai avec une tension alternative, on utilisera une tension continue égale à  $\sqrt{2}$  fois la valeur efficace spécifiée, l'intensité de la source étant limitée à 5 mA.

Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

**5.5.3.2.4 Tenue aux ondes de choc**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à supporter sans dommage des surtensions de valeurs élevées et de très courtes durées.

• **Documents de référence :**

NF EN 61180-1 (C 41-106).

• **Conditions particulières :**

Matériel non alimenté. L'impédance caractéristique du générateur d'essais est de 500  $\Omega$ . Si le générateur est équipé de contacteurs d'entrée pour l'alimentation 400 V des circuits puissance et de sortie pour les circuits 1000 V, les essais sont effectués contacteurs ouverts et fermés.

• **Sévérité :**

Circuits	Tension à vide du générateur	
	mode commun	mode différentiel
1000 VAC	12 kV	sans objet
230/400 VAC	5 kV	5 kV
Entrées TOR	5 kV	sans objet
Sorties TOR	5 kV	1 kV(*)
Entrées analogiques	5 kV	5 kV

(\*) Uniquement entre bornes des contacts ouverts.



On applique successivement 5 ondes de chocs négatives et 5 ondes de choc positives (1,2/50  $\mu$ s).

• **Critères d'acceptation :**

Absence de décharge disruptive : claquage, perforation, contournement.

En mode différentiel, pour les circuits 230/400 VAC, les décharges disruptives sont admises à condition que le bon fonctionnement du matériel soit vérifié à l'issue de l'essai.

Cet essai est à effectuer avant et après l'essai de chaleur humide.

#### 5.5.4 Intégrité

• **Objectif :**

L'objectif est de démontrer que le système est intègre, c'est-à-dire qu'en cas de panne interne il détecte cette panne, se place en position de repli et informe l'opérateur.

Les essais par injection de pannes dans le système procurent une contribution utile pour évaluer l'intégrité du système. Par ces essais on s'assure que le taux de couverture des autotests est significatif, que les pannes injectées ne conduisent pas à des défaillances de gravité élevée, que les pannes restent confinées, et que le système est apte à identifier l'unité matérielle incriminée.

Le constructeur peut proposer tout autre méthode pour démontrer l'intégrité de son système (exposé sur les techniques d'autotests employés, démonstration formelle...). En dernier ressort, EDF se réserve toutefois le droit d'accepter ou de refuser de prendre en compte les méthodes proposées.

• **Documents de référence :**

NF EN 61069-5 (C 46-640-5) annexe C.

• **Conditions particulières :**

Les pannes injectées sont prises parmi les suivantes (non exhaustif) :

- retrait de carte ou de module,
- ouverture de connexions de cartes,
- si nécessaire, ouverture de broches de circuit intégré ou forçage de ces broches pour représenter un 0 ou un 1 "logique".

La réaction du système est observée au niveau de la sortie TOR " Panne générateur ".

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

Le taux de couverture des autotests, exprimé comme le rapport du nombre des pannes détectées sur le nombre de pannes injectées, ne doit pas être généralement inférieur à 70 %. Lorsqu'une panne est détectée, l'unité concernée doit émettre une alarme et soit poursuivre sa mission (si le système est tolérant aux fautes) soit passer en position de repli en maintenant (verrouillage) ses sorties de commande TOR en position de repli. Le temps de détection d'une panne ne doit pas généralement excéder 3 minutes.

Lorsque la cause de panne disparaît (phénomène transitoire), l'unité concernée doit automatiquement revenir en mode de fonctionnement normal en moins de quelques minutes.

## **5.5.5 Circuits d'entrées/sorties TOR**

### **5.5.5.1 Circuits d'entrée TOR**

#### **5.5.5.1.1 Domaine nominal de fonctionnement**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Conditions particulières :**

Néant. On pourra se limiter à valider une seule entrée s'il est montré que toutes les entrées ont les mêmes caractéristiques.

• **Critères d'acceptation :**

Les caractéristiques définies au chapitre 5.4.1.2 seront vérifiées.

#### **5.5.5.1.2 Domaine limite de fonctionnement**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du matériel. Son fonctionnement n'est alors plus garanti (le matériel reste néanmoins intègre) mais doit pouvoir être rétabli lors du retour dans le domaine nominal.

Cet essai n'est réalisé que si le " mouillage " est assuré par un 48 VDC externe au générateur.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Conditions particulières :**

Néant.

• **Sévérité :**

Exploration de l'ensemble du domaine limite de fonctionnement de l'alimentation assurant le " mouillage " des boucles TOR, décrit ci-dessous :

- Niveau de la tension : 48 VDC + 20 % pendant une durée de 1 seconde.
- Composante alternative : composante alternative de fréquence égale à 100 Hz et de valeur efficace égale à 140 mV, et composante alternative de fréquence égale à 200 Hz et de valeur efficace égale à 25 mV superposée au 48 VDC.
- Variation graduelle : la tension descend à zéro en 60 secondes, cet état persiste 10 secondes, la tension remonte à 48V DC en 60 secondes.
- Annulation fugitive : le matériel est soumis à 20 annulations de 20 ms espacées de 1 seconde.
- Tenue aux inversion de polarités : application de la tension nominale de polarité inversée pendant 10 secondes.

• **Critères d'acceptation :**

Pour le niveau de tension, la composante alternative et l'annulation fugitive, le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu.

Pour la variation graduelle, le générateur doit émettre une signalisation de défaut par la sortie TOR " Panne générateur ". Retour aux conditions normales de fonctionnement à la fin de l'essai.

Pour l'inversion de polarités, aucun composant ne doit être détérioré hormis les éventuels fusibles de protection. Retour à un fonctionnement normal après remplacement des éventuels fusibles et rétablissement des polarités correctes d'alimentation.

#### **5.5.5.2 Circuits de sortie TOR**

##### **5.5.5.2.1 Domaine nominal de fonctionnement**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel le fonctionnement nominal du matériel est assuré.

• **Conditions particulières :**

Les sorties sont vues comme des contacts ouverts ou fermés. On pourra se limiter à valider une seule sortie s'il est montré que toutes les sorties ont les mêmes caractéristiques.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

On vérifiera les caractéristiques spécifiées au §5.4.1.3.

##### **5.5.5.2.2 Domaine limite de fonctionnement : essai de court-circuit**

• **Objectif:**

Vérifier que les sorties supportent un courant de court-circuit de 100 A pendant 30 ms sans dégradation du matériel.

• **Documents de référence :**

HN-46-R-01.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

100 A pendant 30 ms.

Note : les contacts de sortie sont positionnés fermés pour cet essai.

Aucune détérioration consécutive à l'essai ne doit être constatée. L'essai ne doit pas entraîner le changement d'un fusible ou autre composant du matériel. Le besoin d'un réarmement de disjoncteur est autorisé.

#### **5.5.6 Essais fonctionnels du générateur**

• **Objectif :**

Vérifier que le comportement fonctionnel du générateur est conforme.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

Ces essais consistent à vérifier que les fonctionnements en modes manuel et automatique (1 coup, 2 coups) du générateur sont conformes à la description faite au chapitre 5.2.3. On s'attachera aussi à vérifier que les signalisations par E/S TOR sont correctes.

Cet essai peut être réalisé en utilisant un automate TCFM agréé par EDF.

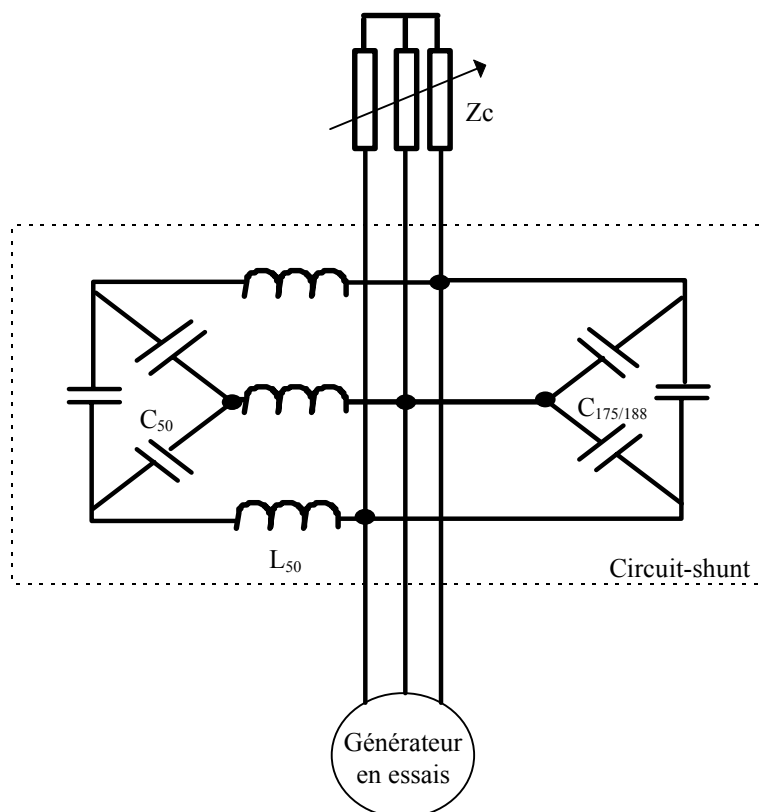
#### **5.5.7 Influence de la charge du générateur**

• **Objectif :**

Vérifier les capacités du générateur à émettre sur une charge comprise entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,8 arrière et 0,8 avant.

• **Conditions particulières :**

Le schéma d'essais est le suivant :



**Figure 22 Schéma d'essai pour la vérification des capacités du générateur à émettre sur une charge comprise entre  $Z_n$  et  $3 Z_n$**

Le générateur débite sur un circuit-shunt (20 MVA ou 40 MVA pour un générateur de 63 kVA, 40 MVA ou 40 MVA // 40 MVA pour un générateur 125 kVA) et sur une charge triphasée  $Z_c$  composée de résistances, capacités et inductances. Cette charge  $Z_c$  simule les TI et les réseaux HTA et HTB. L'inductance à mettre dans cette charge ne doit donc pas être inférieure à l'inductance équivalente d'un TI.

Le générateur sera alimenté par une tension d'alimentation triphasée de 400 VAC, - 10 % / +10 %.

Les grandeurs suivantes seront mesurées :

- tensions composées 175 /188 Hz,
- courants 175 / 188 Hz,
- puissances apparentes à 50 Hz (alimentation) et à 175 / 188 Hz,
- puissances active et réactive, ainsi que facteur de puissance à 175 / 188 Hz.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

Vérifier que le générateur fonctionne pour une tension d'alimentation dans son domaine nominal.

Le rendement du générateur doit être supérieur à 90 %.

Pour une tension 50 Hz d'alimentation comprise dans son domaine nominal, la tension 175 / 188 Hz établie aux bornes du générateur ne doit, en aucun cas, différer de la plage tension de consigne de plus de  $\pm 10$  %.

Le temps de montée (mesuré entre 5 % et 95 % de la valeur de la tension établie) d'une impulsion doit être inférieur à 75 ms.

Le temps de descente (mesuré entre 95 % et 5 % de la valeur de la tension établie) d'une impulsion doit être inférieur à 100 ms.

Le taux d'harmonique de la tension 175 / 188 Hz ne doit pas excéder 1 %.

La composante inverse de tension ne doit pas excéder 4 % de la composante directe du système des tensions 175 / 188 Hz.

La fréquence de télécommande doit être, dès les premiers 75 ms de chaque impulsion et pendant toute la durée de celle-ci, comprise entre :

- 174,95 et 175,05 Hz pour F1,
- 187,95 et 188,05 Hz pour F2.

La dispersion des temps de montée et de descente " automate TCFM  $\Rightarrow$  réseau HTA " par rapport aux impulsions de commande envoyées par l'automate TCFM doit être inférieure à 20 ms. Cette dispersion se mesure sur une trame lorsque le générateur débite sur une charge normale (constante), comme indiqué ci-dessous :

Soient  $T_{mi}, T_{mj}, T_{di}, T_{dj}$  les temps de montée et de descente " automate TCFM  $\Rightarrow$  réseau HTA " des impulsions i et j. On doit vérifier :

- $|T_{mi} - T_{mj}| \leq 20ms$
- $|T_{di} - T_{dj}| \leq 20ms$

• **Essais complémentaires :**

Un essai d'émission sur le circuit-shunt seul sera effectué, le générateur étant en mode manuel. On vérifiera que le générateur peut émettre sur un circuit-shunt seul. La valeur de tension atteinte pour une tension de consigne de 1000 V sera mesurée. La valeur de la fréquence de télécommande sera vérifiée.

L'influence du déséquilibre de la charge sera vérifiée. L'émission doit être possible pour une charge déséquilibrée de 20 %.

On vérifiera aussi que pour une charge de 0,8 Zn, le générateur ne déclenche pas.

## 5.5.8 Influence de l'alimentation 400 Vac

### 5.5.8.1.1 Domaine limite de fonctionnement : tenue aux surcharges

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du générateur. Son fonctionnement n'est alors plus garanti (le matériel reste néanmoins intègre) mais doit pouvoir être rétabli lors du retour dans le domaine nominal.

• **Sévérité :**

Tension efficace de 1,2 \* Un pendant 2 heures et générateur en régime nominal de fonctionnement.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **5.5.8.1.2 Annulation fugitive**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du générateur à maintenir son fonctionnement en présence de micro-coupures d'alimentation.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4.

• **Conditions particulières :**

Le matériel est initialement alimenté aux valeurs nominales (400 VAC, 50 Hz).

• **Sévérité :**

La durée d'annulation est de 200 ms.

Le matériel est soumis à 5 annulations espacées de 10 secondes.

L'essai est réalisé hors et pendant une impulsion.

• **Critères d'acceptation :**

Les circuits auxiliaires du générateur doivent continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai.

Lors de l'essai pendant une impulsion, le déclenchement du générateur est autorisé.

### **5.5.9 Essais aux conditions exceptionnelles de fonctionnement**

#### **5.5.9.1 Essais aux limites de l'impédance de charge**

##### **5.5.9.1.1 Essais avec une charge entre 3 Zn et 10 Zn**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du générateur.

• **Sévérité :**

Charge entre 3 Zn et 10 Zn.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

##### **5.5.9.1.2 Essais avec un facteur de puissance entre 0,5 et 0,8**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du générateur.

• **Sévérité :**

Charge entre Zn et 3 Zn avec un facteur de puissance entre 0,5 arrière et 0,8 arrière et entre 0,5 avant et 0,8 avant.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **5.5.9.1.3 Essais avec un déséquilibre de plus de 20 %**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive générateur.

• **Sévérité :**

Déséquilibre de la charge de 30 %.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **5.5.9.1.4 Essais avec un court-circuit biphasé/triphasé aux bornes 175 / 188 Hz**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive générateur.

• **Sévérité :**

Essai d'émission sur un court-circuit biphasé et sur un court-circuit triphasé.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **5.5.9.2 Essais de coupure d'une phase de l'alimentation 50 Hz**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive générateur.

• **Sévérité :**

Coupure d'une phase de l'alimentation alors que le générateur est en émission.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après l'essai. Une protection par déclenchement est autorisée.

#### **5.5.9.3 Essais de tenue au courant de court-circuit**

• **Objectif :**

Apprécier la tenue au courant de court-circuit du générateur.

• **Sévérité :**

Le générateur 63kVA devra pouvoir supporter, associé à un circuit-shunt équipé d'une PEI et d'un CIA, des courants de court-circuit correspondant à une valeur efficace de 12,5 kA sur le réseau HTA. Côté 1000 VAC, le coefficient d'asymétrie  $k\sqrt{2}$  à appliquer est de 2,5.

9 essais d'une seconde seront alors réalisés (3 essais avec l'asymétrie spécifiée sur chaque phase).

3 essais seront réalisés avec le générateur hors service.

3 essais seront réalisés avec le générateur en émission hors impulsion.

3 essais seront réalisés avec le générateur en émission en impulsion.

Les tolérances sur les valeurs d'essais sont les suivantes :

- -  $I^2t$  est fixée avec une tolérance de -0 / +10%,
- - la valeur crête est fixée avec une tolérance de -0 / +5%.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit être opérationnel après chaque essai de court-circuit d'une seconde. Une protection par déclenchement est autorisée.

Il ne devra résulter aucune détérioration des différents composants du générateur.

Cas particulier du générateur 125 kVA :

L'essai est identique avec une valeur efficace de 20 kA sur le réseau HTA et avec un circuit-shunt 40 MVA // 40 MVA équipé d'une PEI et d'un CIA spécialement dimensionnés.

**5.5.10 Influence de l'environnement sur le matériel**

**5.5.10.1 Susceptibilité aux perturbations électromagnétiques conduites**

**5.5.10.1.1 Onde oscillatoire amortie**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du générateur aux transitoires haute fréquence (commutation de relais auxiliaires ou manoeuvre de sectionneurs/disjoncteurs).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-12 (C 91-004-12), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Sévérité :**

Circuits	Tension d'épreuve	
	mode commun	mode différentiel
Alimentation 230 / 400 VAC	2,5 kV	1 kV
Circuits TOR	2,5 kV	1 kV(*)
Entrées analogiques	2,5 kV	1 kV

(\*) Sauf entre contacts ouverts des sorties à relais électromagnétiques : sans objet.

La fréquence de répétition des transitoires doit être comprise entre 10 et 60 par minute.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.



Conformément à la norme NF EN 61000-4-12 (C 91-004-12) et aux fréquences qu'elle préconise, l'essai est effectué pour les fréquences 100 kHz et 1 MHz.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

#### 5.5.10.1.2 Transitoires rapides en salves

• Objectif :

Vérifier l'immunité du matériel aux transitoires électriques rapides et répétitifs (coupure de charges inductives, rebondissement de contacts de relais électromécaniques).

• Documents de référence :

NF EN 61000-4-4 (C 91-004-4), EDF HN 46-R-01-6.

• Conditions particulières :

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

L'essai sera effectué de préférence par couplage capacitif. Pour les entrées alimentation, et pour les entrées / sorties où le câble de liaison employé lors de l'essai ne correspond pas rigoureusement au câble spécifié et employé en exploitation, l'injection sera effectuée en mode direct.

Les essais peuvent être effectués par couplage capacitif sur un même groupe galvanique d'entrées/sorties (toujours à condition que les câbles employés pour les essais correspondent rigoureusement aux câbles employés en exploitation).

• Sévérité :

Circuits	Tension d'épreuve
Alimentation 230 / 400 VAC	4 kV, fréquence de répétition 2,5 kHz
Circuits TOR	2 kV, fréquence de répétition 5 kHz
Entrées analogiques	4 kV, fréquence de répétition 2,5 kHz

• Critères d'acceptation :

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

#### 5.5.10.1.3 Immunité aux ondes de choc

• Objectif :

Vérifier l'immunité du matériel aux transitoires induits par un choc de foudre indirect.

• Documents de référence :

NF EN 61000-4-5 (C 91-004-5).

• Conditions particulières :

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Sévérité :**

Circuits	Tension d'épreuve, couplage entre :	
	Fils de ligne	Fil et terre
Alimentation 230/400 VAC	1 kV	2 kV
Circuits TOR	1 kV(*)	2 kV(*)
Entrées analogiques	1 kV	2 kV

(\*) si le câble comporte un blindage, la tension est appliquée sur le blindage comme indiqué par la norme (figure 13 ou figure 14 de la norme, suivant le raccordement du blindage).

La fréquence de répétition des transitoires est de une fois par minute au minimum.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.

**5.5.10.1.4 Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques.

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-6 (C 91-004-6).

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Sévérité :**

10 V (classe 3) pour toutes les entrées/sorties.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.

**5.5.10.1.5 Susceptibilité aux perturbations électromagnétiques rayonnées**

**5.5.10.1.5.1 Champ électromagnétique rayonné aux fréquences radioélectriques**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux champs électromagnétiques d'une source de radiations (en particulier d'émetteurs-récepteurs).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-3 (C 91-004-3), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Sévérité :**

1° essai : champ électromagnétique rayonné 80 MHz → 1 GHz

Le matériel est soumis à un champ électromagnétique rayonné d'intensité 10 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) par application des modalités de la norme NF EN 61000-4-3.

2° essai : champ électromagnétique rayonné radio téléphone 900 MHz 8 W GSM et 1,89 GHz ¼ W DECT

Le matériel est soumis à des impulsions radioélectriques à 900 MHz d'intensité 10 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) conformément à ce que préconise la norme.

Le matériel est soumis à des impulsions radioélectriques à 1,89 GHz d'intensité 1 V/m en champ modulé (80 %, 1 kHz) conformément à ce que préconise la norme.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

#### **5.5.10.1.6 Champ magnétique à la fréquence du réseau**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux champs magnétiques à fréquence industrielle.

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-8 (C 91-004-8), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Sévérité :**

Champ permanent : 10 A/m.

Champ de courte durée (1 s) : non applicable.

• **Critères d'acceptation :**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.

• Remarque :

Pour le champ 50 Hz permanent, la perturbation des afficheurs et/ou écrans n'est pas admise.

#### **5.5.10.2 Susceptibilité aux décharges électrostatiques**

• **Objectif :**

Vérifier l'immunité du matériel aux décharges électrostatiques (opérateur venant au contact ou objets situés à proximité).

• **Documents de référence :**

NF EN 61000-4-2 (C 91-004-2), EDF HN 46-R-01-6.

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

Les décharges sont appliquées sur toutes les parties accessibles par l'opérateur en mode normal d'exploitation.

• **Sévérité :**

Décharge au contact : 8 kV.

Décharge dans l'air : 15 kV.

• **Critères d'acceptation:**

Le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu pendant l'essai. La forme d'onde sera particulièrement vérifiée.

• Remarque :

Une perturbation temporaire des afficheurs et/ou écrans est admise, pour peu qu'elle soit auto-récupérable.

### **5.5.10.3 Influence climatique**

Remarque : les essais de froid et de chaleur sèche, en fonctionnement, sont généralement enchaînés dans une même étuve. Les variations de température pour amener le matériel au palier de température requis ne doivent pas excéder  $3 \pm 0,6^\circ\text{C}/\text{mn}$ .

#### **5.5.10.3.1 Froid (fonctionnement)**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à être utilisé à basse température.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-1 (C 20-701) essai Ad.

• **Conditions particulières :**

Alimentation nominale -10 %, charge 3 Zn avec un facteur de puissance égal à 1, régime de fonctionnement du tiers du régime nominal.

• **Sévérité :**

Domaine limite : -10 °C, 16 h.

• **Critères d'acceptation :**

A l'issue des 16 heures de fonctionnement à la température indiquée, et en maintenant cette température, on vérifie que le matériel continue de fonctionner comme prévu.

#### **5.5.10.3.2 Chaleur sèche (fonctionnement)**

• **Objectif :**

Vérifier l'aptitude du matériel à être utilisé à haute température. Mesurer les échauffements.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-2 (C 20-702) essai Bd.

• **Conditions particulières :**

Alimentation nominale +10 %, charge Zn avec un facteur de puissance égal à 1, régime de fonctionnement nominal.

• **Sévérité :**

Domaine limite : +55 °C, 16 h.

• **Critères d'acceptation :**

A l'issue des 16 heures de fonctionnement à la température indiquée, et en maintenant cette température, on vérifie que le matériel continue de fonctionner comme prévu.

Les températures des composants du générateur mesurées à la stabilisation doivent être inférieures aux limites thermiques de ces composants.

### **5.5.11 Influence du matériel sur l'environnement**

#### **5.5.11.1 Perturbations électromagnétiques rayonnées par le matériel**

• **Objectif :**

Apprécier le champ électromagnétique perturbateur maximum rayonné par le matériel.

• **Documents de référence :**

NF EN 55022 (C 91-022).

• **Conditions particulières :**

Charge Zn, facteur de puissance égal à 1, alimentation nominale, générateur en et hors émission.

• **Critères d'acceptation :**

Classe A de la norme : à 10 mètres, le champ ne doit pas dépasser 40 dB  $\mu$ V/m dans la bande 30 à 230 MHz, et ne doit pas dépasser 47 dB  $\mu$ V/m dans la bande 230 à 1000 MHz.

#### **5.5.11.2 Essais de bruit**

• **Modalités :**

Des mesures de pression acoustique sont effectuées à 1 m de distance de chacune des parois du générateur et à mi-hauteur de celui-ci.

Le niveau de bruit sera mesuré à 175 et 188 Hz pour des courants nominaux à 175 et 188 Hz.

• **Critères d'acceptation :**

Le niveau de bruit du générateur ne devra, en aucun cas, dépasser 70 dB(A) à 1 mètre de celui-ci.

### **5.5.12 Appréciation du comportement dans le temps**

Les essais de comportement dans le temps forment une succession cohérente d'épreuves qui doivent être effectuées dans l'ordre suivant sur un même équipement : 1°) essais de stockage, 2°) cycles de chaleur humide, 3°) endurance

#### **5.5.12.1 Essais de stockage**

• **Objectif :**

Essai destiné à vérifier l'aptitude du matériel à être stocké entre -25°C et +70°C.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-4 (annexe A) et HN 46-R-01-6, NF EN 60068-2-1 (C 20-701) essai Ab, NF EN 60068-2-2 (C 20-702) essai Bb.

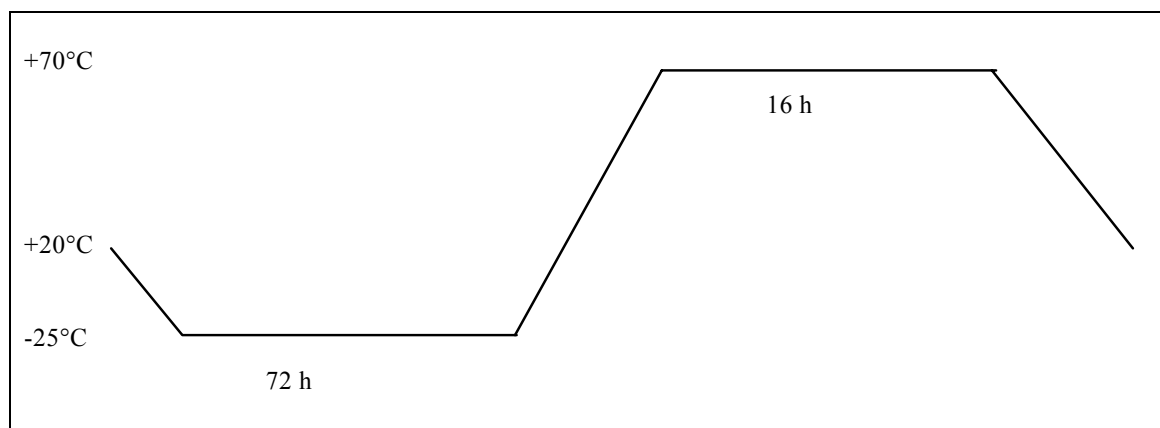
• **Conditions particulières :**

Générateur hors fonctionnement, non emballé. Le générateur est ouvert (porte ouverte mais non démontée).

• **Sévérité :**

Température basse : -25 °C.

Température haute : +70 °C.



Les transferts devront se faire avec une pente inférieure à 1°C par minute.

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, le générateur doit continuer à fonctionner comme prévu.

**5.5.12.2 Essai de robustesse au cycle de chaleur humide**

• **Objectif :**

Essai destiné à apprécier le comportement dans le temps du matériel.

• **Documents de référence :**

EDF HN 46-R-01-6, CEI 68-2-30 (NF C 20-730) essai Db.

• **Conditions particulières :**

Equipement non alimenté.

• **Sévérité :**

Température : 12 heures à +55°C, 12 heures à +25°C.

Nombre de cycles : 2.

Conditions climatiques : sous conditions de contrôle prévues dans la CEI 68-2-30 (NF C 20-730).

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, le générateur est laissé 24 heures dans les conditions atmosphériques normales d'essais. Suite à ces 24 heures, il doit continuer de fonctionner comme prévu et les qualités diélectriques du matériel sont vérifiées (rigidité diélectrique, tenue à l'onde de choc, résistance d'isolement).

• **Remarque :**

Un examen visuel détaillé est à effectuer après l'essai afin de s'assurer de l'absence de corrosion nuisible.

### **5.5.12.3 Essais d'endurance**

• **Objectif :**

Essai de "déverminage" de l'équipement, et de vérification du bon dimensionnement thermique.

• **Sévérité :**

Alimentation nominale +10 %, charge Zn avec facteur de puissance égal à 1, température de +55°C.

Durée de l'essai : 1000 heures.

Le générateur fonctionne à son régime nominal.

• **Critères d'acceptation :**

Pendant cet essai, le générateur doit fonctionner correctement. Un examen détaillé du générateur sera effectué après l'essai.

### **5.5.13 Essais de l'option régulation par mesures des taux aval et amont**

#### **5.5.13.1 Essais fonctionnels**

• **Objectif :**

Vérifier le comportement du générateur équipé de l'option régulation par mesures des taux aval et amont.

• **Conditions particulières :**

Régulation sur 3 tranches d'émission.

Les essais sont effectués de deux manières :

- soit le générateur émet sur une charge fixe et des variations des taux sont simulés (simulation des entrées analogiques),
- soit le générateur émet sur charge variable et les taux correspondent à cette charge.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

Les points suivants seront vérifiés :

- la régulation s'effectue sur chaque impulsion,
- la régulation peut s'effectuer sur 3 tranches d'émission,
- la tension de sortie du générateur doit suivre les variations des taux aval et amont, ces variations étant effectuées de manière indépendante (voir § 5.2.7),
- les cas limites du chapitre 5.2.7 seront aussi vérifiés.

#### **5.5.13.2 Domaine limite des entrées mesures**

• **Objectif :**

Vérifier le domaine dans lequel une excursion est possible sans dégradation définitive du générateur.

• **Sévérité et critères d'acceptation :**

L'essai est destiné dans un premier temps à vérifier le comportement des entrées mesures en cas de surcharge. On applique successivement les contraintes suivantes :

- une tension efficace 50 Hz de  $1,2 * 100$  V, pendant 2h,
- une tension efficace 50 Hz de  $1,9 * 100$  V, pendant 30s.

Pendant l'essai de tenue, aucune anomalie ne doit être détectée.

Dans un deuxième temps, on vérifiera l'influence des harmoniques en superposant à la tension 50 Hz des harmoniques :

- 7 % d'H3,
- 4 % d'H4,
- 12 % d'H5,
- simultanément 3 % d'H3, 1 % d'H4, 6 % d'H5.

Le fonctionnement de la régulation doit être correct avec les niveaux d'harmoniques ci-dessus.



## **6 Section : Emetteur de télécommande intégré**

### **6.1 Introduction**

L'Emetteur de Télécommande Intégré (ETI) regroupe dans une cabine un générateur (conforme à la section 5), un circuit-shunt (conforme à la section 3) et une tranche de relayage TCFM ou un lot TCFM PCCN (voir HN 45-S-57.5).

L'ETI est prévu avec un générateur de 63 kVA et un circuit-shunt de 20 ou 40 MVA.

### **6.2 Dispositions constructives**

La cabine devra répondre aux exigences suivantes :

- L'ensemble doit présenter des qualités d'esthétique industrielle et pour des raisons d'intégration à l'environnement, pouvoir recevoir un revêtement disponible dans une palette de couleurs assez large ;
- Les matériaux constitutifs de l'enveloppe doivent pouvoir résister aux attaques des éléments atmosphériques auxquelles ils pourront normalement être soumis (niveau de pollution moyen) ;
- L'indice de protection de la cabine est IP33 suivant la norme NF EN 60529 (C 20-010) et l'indice de protection contre les chocs mécaniques est IK08 suivant la norme NF EN 50102 (C 20-015) ;
- Le toit doit présenter une étanchéité parfaite et une pente permettant l'écoulement des eaux pluviales et doit pouvoir supporter un enneigement correspondant à une contrainte de 200 kg au m<sup>2</sup> ;
- Le plancher doit prévenir de toute intrusion des végétaux et des animaux et doit pouvoir supporter sans déformation le poids d'un homme ;
- Etant au contact du sol, une protection contre la corrosion doit être prévue ;
- La cabine doit pouvoir être transportée par la route sans convoi exceptionnel (largeur < à 2,5 m).

Les dispositions constructives suivantes doivent être prises :

- Les portes doivent s'ouvrir vers l'extérieur avec un angle de 180 degrés ;
- Possibilité de changer les différents éléments.

La disposition intérieure des différents matériels est laissée aux choix du constructeur, tout en respectant les impératifs suivants :

- L'accès à chaque appareil doit être aisé pour en permettre la déconnexion et la dépose par des opérateurs sans moyens de manutention particuliers ;
- Le chauffage électrique doit être fourni dans l'équipement de la cabine et dimensionné en fonction du type d'enveloppe.

L'enveloppe ainsi que tous les éléments contenus dans celle-ci doivent être réunis entre eux et mis à la terre.

On assure la continuité de la porte et des panneaux mobiles à l'aide de tresses reliées à l'enveloppe.

### **6.3 Essais de conformité aux normes**

Les différents éléments constituant l'ETI devront répondre aux exigences précisées dans les chapitres précédents. Les essais complémentaires suivants seront réalisés sur la cabine équipée.

#### **6.3.1 Examen des dispositions dimensionnelles et constructives**

Cet examen est la première étape de la procédure d'essais. Il consiste, dans un premier temps, à vérifier que le matériel proposé est conforme au dossier d'identification.

Dans un second temps, on examinera l'accessibilité du matériel.

#### **6.3.2 Sécurité vis-à-vis du personnel et du procédé : degré de protection de l'enveloppe**

• **Objectif :**

Vérifier la protection apportée par l'enveloppe :

- pour les personnes : contre les contacts directs avec des parties sous tension,
- pour le matériel : contre la pénétration (corps solides étrangers ou d'eau) ainsi que contre les impacts mécaniques.

• **Documents de référence :**

NF EN 60529 (C 20-010), NF EN 50102 (C 20-015), EDF HN 46-R-01-5.

• **Sévérité :**

IP 33, IK 08 (choc 5 joules).

On vérifiera, de plus, que l'enveloppe ne présente aucun orifice susceptible de permettre l'introduction d'une bille métallique de 12,5 mm de diamètre, ceci pour éviter la pénétration des petits animaux.

L'enveloppe doit, après les chocs mécaniques, conserver le degré de protection IP33. Le bon fonctionnement du matériel, de la porte et des panneaux ne devra pas être altéré.

#### **6.3.3 Appréciation du comportement dans le temps : essai de brouillard salin**

• **Documents de référence :**

CEI 68-2-11 (NF C 20-711).

• **Conditions particulières :**

Equipement non alimenté.

• **Sévérité :**

Les modalités sont conformes à la norme CEI 68-2-11 (NF C 20-711) en vigueur. La durée d'exposition est de 96 heures.

• **Critères d'acceptation :**

Après l'essai, l'ETI doit continuer de fonctionner comme prévu.

• **Remarque :**

Un examen visuel détaillé est à effectuer après l'essai afin de s'assurer de l'absence de corrosion nuisible.

## **7 Section : Module fonctionnel de réception des ordres de télécommande centralisée à fréquence musicale à 175 ET 188 Hz**

### **7.1 Généralités**

Le prix de revient de l'énergie électrique varie en fonction des possibilités de production (nucléaire, hydraulique, charbon, fuel) et de la consommation de la clientèle (pointe de jour et creux de nuit, pointe d'hiver et creux d'été). Devant ces variations, EDF a cherché depuis longtemps à refléter dans ses prix de vente le prix de revient réel de l'électricité. L'objectif visé est de mieux maîtriser la courbe de charge.

La TCFM (Télécommande Centralisée à Fréquence Musicale) est le moyen préférentiel qu'EDF utilise pour permettre la mise en œuvre de tarifs (tempo, EJP, heures pleines/heures creuses, ...) structurés en périodes correspondant à des prix du kWh différents.

Outre ce rôle de tarification, la TCFM permet des applications de service à la clientèle. En particulier la commande de charges associées aux tarifs et les usages collectifs comme l'éclairage public.

#### **7.1.1 Domaine d'application**

Le présent document décrit le module fonctionnel de réception des ordres de Télécommande Centralisée à Fréquence Musicale (TCFM).

Cette spécification est utilisée en référence dans les spécifications techniques des équipements exploitant les ordres de TCFM, tels que compteurs, relais destinés au comptage, boîtiers signal de veille, ...

La présente spécification définit les caractéristiques fonctionnelles du module fonctionnel de réception ainsi que les essais fonctionnels d'acceptation de type auxquels il doit satisfaire.

#### **7.1.2 Principe du système de télécommande centralisée**

La TCFM utilise un code qui comprend une impulsion de démarrage (ID) et des impulsions de commande. Les émissions sur le réseau HTA sont synchronisées dans le temps par rapport à la fréquence mesurée du réseau. Les durées sont donc exprimées en **secondes réseau (sr)** :

**1 sr = 50 périodes de la tension du réseau.**

Ce code est élaboré au poste-source par l'automate TCFM (en baie ou en PA ou par le lot TCFM PCCN) et est généré sur le réseau par l'intermédiaire de la station d'émission TCFM (générateur 175/188 Hz, circuit shunt résonant, commutateurs d'injection « C.I. » et transformateurs d'injection « T.I. »). Il est interprété par les relais-récepteurs TCFM (relais-récepteurs à quatre groupes d'ordres, boîtier signal de veille, compteurs électroniques, ...).

Le schéma suivant présente une vue d'ensemble de la TCFM :

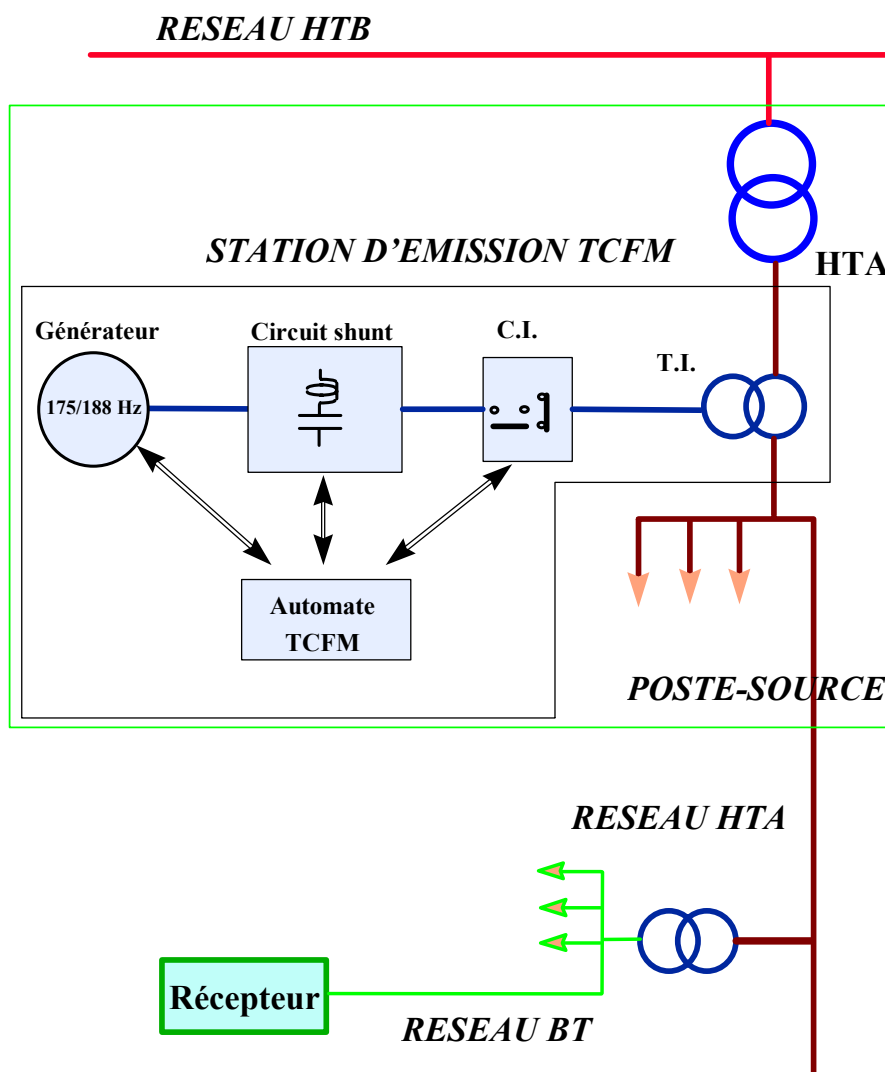


Figure 23 Vue d'ensemble de la station TCFM

### 7.1.3 Structure des codes de télécommande

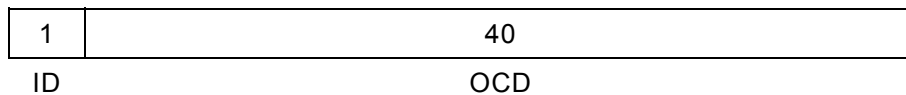
Il est prévu deux codes de télécommande :

- le code de télécommande à 175 Hz (actuellement utilisé),
- le code de télécommande à 188 Hz.

#### 7.1.3.1 Code de télécommande à 175 Hz

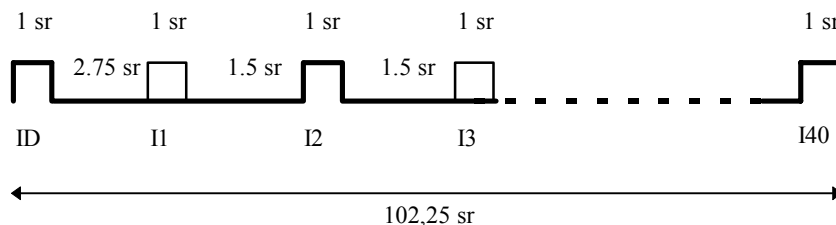
Le code de télécommande actuel est composé de 41 impulsions, dont en tête, une impulsion dite de démarrage, suivie de 40 impulsions d'ordre.

A chaque impulsion d'ordre est associée un ordre : au niveau du récepteur "précodé", la présence dans le message de l'impulsion pour laquelle il a été programmé provoque l'exécution de l'ordre correspondant. Le codage est dit "direct" (par opposition au codage combinatoire, bien que EJP et *tempo* soient plus proches d'un codage combinatoire...).



ID : Impulsion de Démarrage  
OCD : Ordres à Codage Direct

Le chronogramme suivant résume la séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz :



**Figure 24 Chronogramme de la séquence d'émission du code d'impulsions à 175 Hz**

Les traits épais correspondent à la valeur 0/1 de l'impulsion dans le code.

Les durées des impulsions et des intervalles entre impulsions sont calculées par l'automate TCFM par rapport à la fréquence du réseau (en secondes réseau).

La durée nominale de chaque impulsion est de 1 sr.

L'intervalle nominal entre le début de l'impulsion de démarrage et le début de l'impulsion de commande I1 est de 3,75 sr ; cet intervalle permet d'éviter des fausses manœuvres en cas de démarrage intempestif du relais sur une impulsion autre que la véritable impulsion de démarrage.

Le pas nominal des impulsions de commande suivantes est de 2,5 sr.

La durée nominale d'un cycle d'émission est de 102,25 sr, quelles que soient les impulsions émises.

Le tableau suivant donne le libellé des ordres du code de télécommande 175 Hz :

Ordre 175 Hz	Fonction par défaut	Libellé
1	Heures creuses du Double Tarif code A	HC DT A
2	Heures pleines du Double Tarif code A	HP DT A
3	Heures creuses du Double Tarif code B et C	HC DT BC
4	Heures pleines du Double Tarif code C	HP DT C
5 et pas 15	Alerte EJP	ALERTEJJP
6	Heures pleines du Double Tarif code B	HP DT B
7	Extinction EP2	EXTINEP2
8	Heures creuses du Double Tarif code D	HC DT D
9	Heures pleines du Double Tarif code D	HP DT D
10	Extinction EP1	EXTINEP1
11	Heures creuses du Double Tarif code E	HC DT E
12	Heures pleines du Double Tarif code E	HP DT E
13	Allumage EP1	ALLUMEP1
14	Heures Creuses Tarif Vert ( <i>utilisation en extinction</i> )	HCVERT
15 et pas 5	Fin EJP	FINEJJP
16	Allumage EP2	ALLUMEP2
17	Heures pleines Tarif Vert ( <i>utilisation en extinction</i> )	HPVERT
18	Demain Bleu	DEMBLEU
19	Réservé éclairage public	EP ?
20	Pointe Tarif Vert ( <i>utilisation en extinction</i> )	PTEVERT
21	Demain Blanc	DEMBLANC
22	Réservé éclairage public	EP ?
23	Heures Creuses Rouge	HCROUGE
24	Demain Rouge	DEMROUGE
25	Réservé éclairage public	EP ?
26	Heures Pleines Rouge	HPROUGE
27	GGF BIP Mise en Service Chaudière Electrique	CHELECES
28	Réservé éclairage public	EP ?
29	Pas d'annonce de la couleur du lendemain	DEMAIN??
30	GGF BIP Arrêt Chaudière Electrique	CHELECHS
31	Réservé éclairage public	EP ?
32	Heures Creuses Codage Y	HCCODEY
33	Jour Bleu	BLEU
34	Réservé éclairage public	EP ?
35	Heures Pleines Codage Y	HPCODEY
36	Jour Blanc	BLANC
37	Réservé éclairage public	EP ?
38	Heures Pleines Codage Y	HPCODEY
39	Jour Rouge	ROUGE
40	Réservé éclairage public	EP ?
5 + 15	Préavis ou confirmation EJP	EJP

### 7.1.3.2 Code de télécommande à 188 Hz

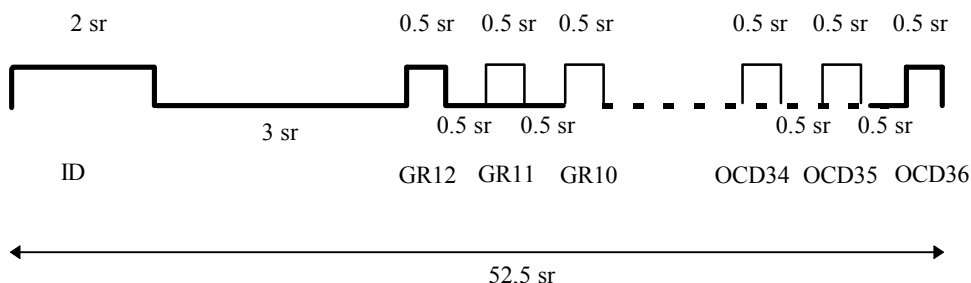
#### 7.1.3.2.1 Code de télécommande "ordres immédiats"

Ce code de télécommande est composé de trois impulsions, dont en tête, une impulsion de démarrage, comme dans le cas du code de télécommande à 175 Hz. Les deux impulsions



Ces 36 ordres, à codage direct, sont confirmables à chaque émission du groupe d'ordres correspondant. Le code complet à 188 Hz comprend donc une table de confirmation par groupe d'ordre, soit 6 tables de confirmation au maximum gérées de manière indépendante.

Le chronogramme suivant résume la séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz :



**Figure 26 Chronogramme de la séquence d'émission du code complet d'impulsions à 188 Hz**

Les traits épais correspondent à la valeur 0/1 de l'impulsion dans le code.  
 La durée nominale de l'impulsion de démarrage est de 2 sr.  
 La durée nominale des autres impulsions est de 0,5 sr.

L'intervalle nominal entre le début de l'impulsion de démarrage et le début de GR12 est de 5 sr.

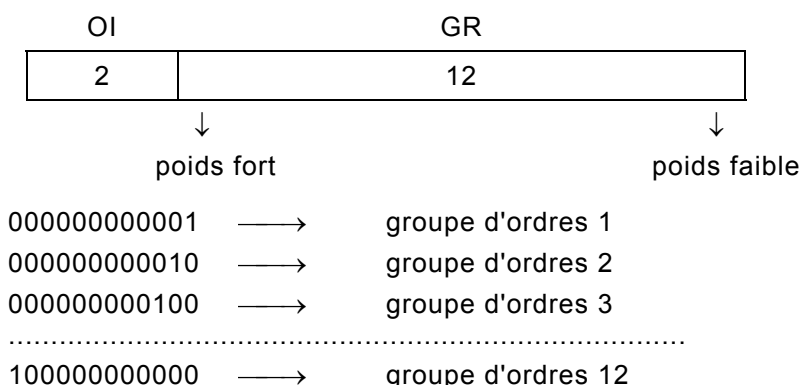
Le pas nominal des impulsions suivantes est de 1 sr.

La durée nominale d'un cycle d'émission est de 52,5 sr, quelles que soient les impulsions émises.

### 7.1.3.3 Convention de repérage des impulsions

Les conventions de repérage sont les suivantes :

- Pour tous les champs correspondant à un codage direct, en 175 Hz ou en 188 Hz, l'indice de repérage d'une impulsion correspond à son rang d'apparition sur le réseau relatif à son champ.  
 Exemples :
  - l'impulsion OCD1 en 188 Hz concerne la première impulsion du champ OCD,
  - l'impulsion 40 en 175 Hz correspond à la dernière impulsion.
- Pour le champ GROUPE D'ORDRES à 188 Hz, la figure suivante résume la convention de repérage :





## 7.2 Exigences fonctionnelles

Dans tout ce qui suit, les valeurs des tensions à 175/188 Hz sont exprimées en pourcentage de 220 V (taux en %) et en tension efficace à 175 Hz (tension en V). Les valeurs des tensions harmoniques sont exprimées en % de 230 V fixe.

Le module de réception des ordres de TCFM assure deux fonctions :

- le filtrage de la tension du réseau à la fréquence ( $F_0$ ) de télécommande (filtre passe-bande) ;
- la reconnaissance des ordres reçus (selon programmation) par décodage des impulsions.

Ces fonctions sont réalisées respectivement par les deux sous-ensembles suivants : le **sélecteur de fréquence** et le **sélecteur d'ordre**.

### 7.2.1 Conditions d'utilisation

La tension nominale 50 Hz d'alimentation du module est  $U_n = 230$  V.

Conformément à la spécification HN 44-S-80 cette tension varie normalement entre 191 V et 253 V.

Sa fréquence est comprise entre 49 et 51 Hz.

La dérivée de fréquence du réseau est inférieure ou égale à 0,1 Hz par seconde.

A la tension d'alimentation  $U_n$  peut être superposé :

- 7 % d'harmonique 3 (H3),
- ou 4 % d'harmonique 4 (H4),
- ou 12 % d'harmonique 5 (H5),
- ou simultanément : 3 % d'H3, 1 % d'H4 et 6 % d'H5, les phases relatives de chacune de ces tensions pouvant être quelconques.

### 7.2.2 Sélecteur de fréquence

Le filtre passe-bande a les caractéristiques suivantes :

- taux de déclenchement respectant les critères de prise en compte et de non-prise en compte définis au §7.2.3 pour une trame de fréquence de télécommande comprise entre  $F_0 - 0,5$  Hz et  $F_0 + 0,5$  Hz ;
- taux de déclenchement supérieur à 2 % (4,4 V) pour une trame de fréquence de télécommande de fréquence  $F_0 - 5$  Hz et  $F_0 + 5$  Hz ;
- taux de déclenchement supérieur à 5 % (11 V) pour une trame de fréquence de télécommande de fréquence  $F_0 - 10$  Hz et  $F_0 + 10$  Hz.

Cas particulier de l'injection demi-taux :

- la limite du taux de déclenchement est ramenée à 1 % (2,2 V) pour une trame de fréquence de télécommande de fréquence  $F_0 - 5$  Hz et  $F_0 + 5$  Hz ;
- la limite du taux de déclenchement est ramenée à 2,5 % (5,5 V) pour une trame de fréquence de télécommande de fréquence  $F_0 - 10$  Hz et  $F_0 + 10$  Hz.

### **7.2.3 Sélecteur d'ordres**

#### **7.2.3.1 Sélecteur d'ordres 175 Hz**

##### **7.2.3.1.1 Critères de prise en compte des impulsions**

Le module réglé sur l'un des codages pour lequel il est conçu doit prendre en compte les impulsions de démarrage et de commande ayant les caractéristiques suivantes :

- amplitude du signal 175 Hz comprise entre  $U_f = 0,9 \%$  (1,98 V) et 5 % (11 V),
- durée de l'impulsion comprise entre 0,75 sr et 1,35 sr,
- front montant de l'impulsion de commande situé dans la zone définie à  $\pm 0,25$  sr près à partir du front montant théorique de l'impulsion de commande attendue (front calculé à partir du front montant de l'impulsion de démarrage reçue).

##### **7.2.3.1.2 Critères de non-prise en compte des impulsions**

Le module réglé sur l'un des codages pour lequel il est conçu ne doit pas prendre en compte une impulsion, de démarrage ou de commande, ayant l'une ou l'autre des caractéristiques suivantes :

- amplitude du signal 175 Hz inférieure ou égale à  $U_{nf} = 0,6 \%$  (1,32 V),
- durée de l'impulsion inférieure ou égale à 0,6 sr ou supérieure à 1,5 sr,
- front montant de l'impulsion de commande situé hors de la zone définie à  $\pm 0,35$  sr près à partir du front montant théorique de l'impulsion de commande attendue (front calculé à partir du front montant de l'impulsion de démarrage reçue).

##### **7.2.3.1.3 Traitement des coupures**

Une coupure est ici définie comme une absence ou une baisse de tension 50 Hz en dessous du seuil de fonctionnement propre à l'équipement (seuil lui-même inférieur à 191 V), de plus de 100 ms.

Pour les coupures de durée inférieure ou égale à 500 ms, les critères de prise en compte et de rejet des impulsions sont identiques à ceux définis précédemment pour le cas général (voir ci-dessus).

Pour des coupures de durée supérieure à 500 ms, deux comportements sont autorisés :

- les critères de prise en compte et de rejet des impulsions sont identiques à ceux définis précédemment dans le cas général,
- la trame est rejetée.

Nota : pour tenir compte des contraintes technologiques, il est admis :

- qu'une absence de signal 175 Hz pendant une durée inférieure ou égale à 200 ms, située à l'intérieure d'une impulsion, puisse être ignorée par le récepteur ;
- qu'une trame ne soit pas prise en compte si la remise sous tension après une coupure de moins de 500 ms intervient moins de 200 ms avant le début de l'impulsion de démarrage ou au début de l'impulsion de démarrage ;
- qu'une impulsion ne soit pas prise en compte si la remise sous tension après une coupure de moins de 500 ms intervient moins de 200 ms avant le début de l'impulsion ou au début de l'impulsion ;
- qu'une trame ne soit pas prise en compte si la remise sous tension après une coupure de plus de 500 ms intervient moins de 5 s avant le début de l'impulsion de démarrage.

### **7.2.3.2 Sélecteur d'ordres 188 Hz**

#### **7.2.3.2.1 Critères de prise en compte des impulsions**

Le module réglé sur l'un des codages pour lequel il est conçu doit prendre en compte les impulsions de démarrage et de commande ayant les caractéristiques suivantes :

- amplitude du signal 188 Hz comprise entre  $U_f = 0,9 \%$  (1,98 V) et  $5 \%$  (11 V),
- durée de l'impulsion de démarrage comprise entre 1,85 sr et 2,3 sr,
- durée de l'impulsion de commande comprise entre 0,35 sr et 0,8 sr,
- front montant de l'impulsion de commande situé dans la zone définie à  $\pm 0,2$  sr près à partir du front montant théorique de l'impulsion de commande attendue (front calculé à partir du front montant de l'impulsion de démarrage reçue).

#### **7.2.3.2.2 Critères de non-prise en compte des impulsions**

Le module réglé sur l'un des codages pour lequel il est conçu ne doit pas prendre en compte une impulsion, de démarrage ou de commande, ayant l'une ou l'autre des caractéristiques suivantes :

- amplitude du signal 188 Hz inférieure ou égale à  $U_{nf} = 0,6 \%$  (1,32 V),
- durée de l'impulsion de démarrage inférieure ou égale à 1,75 sr ou supérieure à 2,4 sr,
- durée de l'impulsion inférieure ou égale à 0,25 sr ou supérieure à 0,9 sr,
- front montant de l'impulsion de commande situé hors de la zone définie à  $\pm 0,3$  sr près à partir du front montant théorique de l'impulsion de commande attendue (front calculé à partir du front montant de l'impulsion de démarrage reçue).

#### **7.2.3.2.3 Traitement des coupures**

Pour toute coupure secteur dans une trame 188 Hz, celle-ci est rejetée.

#### **7.2.3.3 Conditions de non-exécution de fausses manœuvres**

Le module ne doit pas prendre en compte une impulsion à la fréquence de télécommande de durée inférieure ou égale à 50 ms et d'amplitude inférieure ou égale à  $10 \%$  (22 V).

Le module ne doit pas considérer la mise sous tension comme une impulsion de démarrage.

#### **7.2.3.4 Cas particulier de l'injection demi-taux**

Dans ce cas :

- L'impulsion est prise en compte si l'amplitude du signal 175/188 Hz est comprise entre  $U_f = 0,55 \%$  (1,21 V) et  $2,5 \%$  (5,5 V),
- L'impulsion n'est pas prise en compte si l'amplitude du signal 175/188 Hz est inférieure ou égale à  $U_{nf} = 0,3 \%$  (0,66 V).

### **7.3 Essais fonctionnels d'acceptation de type**

#### **7.3.1 Conditions de référence**

La tension 50 Hz de référence est  $U_n$ .

Quand des valeurs de grandeurs d'influence sont spécifiées, elles doivent s'entendre avec les tolérances suivantes :

- $\pm 0,5 \%$  pour l'amplitude de la tension à 50 Hz,
- $\pm 0,5 \%$  pour l'amplitude des tensions à la fréquence de télécommande et des harmoniques du 50 Hz,
- $\pm 0,01$  Hz pour les fréquences,

- $\pm 5$  ms pour les temps.

Tous les essais sont à effectuer dans les conditions de référence sauf pour les valeurs particulières précisées dans le chapitre décrivant l'essai.

Chaque essai est effectué sur un échantillon minimum de 10 modules. Aucun défaut de fonctionnement n'est acceptable.

### 7.3.2 Essais d'influence de la durée et du taux des impulsions

Les modules en essais sont soumis sous  $U_n$  à 50 Hz à des trames dont les impulsions ont des caractéristiques en taux et en durée présentées dans les tableaux suivants. Les impulsions sont correctement positionnées dans la trame (pas de décalage).

Modules 175 Hz :

Taux	Durées des impulsions (msr)				
	550	750	1000	1350	1550
7 % (15,4 V)	NF	X	X	X	NF
5 % (11 V)	NF	F	F	F	NF
3 % (6,6 V)	NF	F	F	F	NF
2 % (4,4 V)	NF	F	F	F	NF
1,5 % (3,3 V)	NF	F	F	F	NF
1,2 % (2,64 V)	NF	F	F	F	NF
0,9 % (1,98 V)	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	NF	NF	NF	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement  
 X : indéterminé

Modules 188 Hz, impulsion de démarrage :

Taux	Durées impulsions (msr)				
	1700	1850	2000	2300	2450
7 % (15,4 V)	NF	X	X	X	NF
5 % (11 V)	NF	F	F	F	NF
3 % (6,6 V)	NF	F	F	F	NF
2 % (4,4 V)	NF	F	F	F	NF
1,5 % (3,3 V)	NF	F	F	F	NF
1,2 % (2,64 V)	NF	F	F	F	NF
0,9 % (1,98 V)	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	NF	NF	NF	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement  
 X : indéterminé

Modules 188 Hz, impulsions d'ordre :

Taux	Durées (msr)				
	200	350	500	800	950
7 % (15,4 V)	NF	X	X	X	NF
5 % (11 V)	NF	F	F	F	NF
3 % (6,6 V)	NF	F	F	F	NF
2 % (4,4 V)	NF	F	F	F	NF
1,5 % (3,3 V)	NF	F	F	F	NF
1,2 % (2,64 V)	NF	F	F	F	NF
0,9 % (1,98 V)	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	NF	NF	NF	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement  
 X : indéterminé

Cas particulier du demi-taux :

Les correspondances suivantes sont à appliquer :

Taux plein	7 %	5 %	3 %	2 %	1,5 %	1,2 %	0,9 %	0,55 %
Demi-taux	3,5 %	2,5 %	1,5 %	1 %	0,75 %	0,6 %	0,55 %	0,25 %

**7.3.3 Essais d'influence de la fréquence de la tension d'alimentation**

Les modules en essais sont soumis sous Un à des trames (caractéristiques en taux et en durée des impulsions données dans les tableaux ci-dessous) sous différentes fréquences de la tension d'alimentation. Les impulsions sont correctement positionnées dans la trame (pas de décalage).

Modules 175 Hz :

Taux de 175 Hz		Durée impulsion (msr)				
		550	750	1000	1350	1550
2 % (4,4 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	49,5 Hz	NF	F	F	F	NF
	50,5 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,95 % (2,09 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	49 Hz	NF	NF	NF	NF	NF
	51 Hz	NF	NF	NF	NF	NF

■ : essai non prévu      F : fonctionnement      NF : non-fonctionnement

Modules 188 Hz, impulsion de démarrage :

Taux de 188 Hz		Durée impulsion (msr)				
		1700	1850	2000	2300	2450
2 % (4,4 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	49,5 Hz	NF	F	F	F	NF
	50,5 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,95 % (2,09 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	49 Hz	NF	NF	NF	NF	NF
	51 Hz	NF	NF	NF	NF	NF

■ : essai non prévu      F : fonctionnement      NF : non-fonctionnement

Modules 188 Hz, impulsion d'ordre :

Taux de 188 Hz		Durée d'impulsion (msr)				
		200	350	500	800	950
2 % (4,4 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	49,5 Hz	NF	F	F	F	NF

	50,5 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,95 % (2,09 V)	49 Hz	NF	F	F	F	NF
	51 Hz	NF	F	F	F	NF
0,55 % (1,21 V)	49 Hz	NF	NF	NF	NF	NF
	51 Hz	NF	NF	NF	NF	NF

■ : essai non prévu      F : fonctionnement      NF : non-fonctionnement

Cas particulier du demi-taux :

Les correspondances suivantes sont à appliquer :

Taux plein	2 %	1 %	0,95 %	0,55 %	0,5 %
Demi-taux	1 %	0,65 %	0,6 %	0,25 %	0,2 %

**7.3.4 Essais d'influence de la position des impulsions**

Les modules sont soumis sous  $U_n$  à des trames dont les impulsions ont un taux de 1,5 % (3,3 V) et des durées nominales. Les fronts montants des impulsions d'ordre sont décalés par rapport au front montant de l'impulsion de démarrage, avec différentes fréquences de la tension d'alimentation, suivant les tableaux ci-dessous.

Pour ces essais, on prendra en priorité des impulsions d'ordre éloignées de l'impulsion de démarrage (par exemple le tarif *tempo* pour le 175 Hz).

Dans le cas d'un décalage positif, une seule impulsion d'ordre est décalée (retard de cette impulsion).

Dans le cas d'un décalage négatif, toutes les impulsions d'ordre sont décalées (retard de l'impulsion de démarrage).

Modules 175 Hz :

Fréquence	Décalage impulsion(s) d'ordre (msr)					
	-350	-250	-100	+100	+250	+350
49 Hz	NF	F	F	F	F	NF
50 Hz	NF	F	F	F	F	NF
51 Hz	NF	F	F	F	F	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement

Modules 188 Hz :

Fréquence	Décalage impulsion(s) d'ordre (msr)					
	-300	-200	-100	+100	+200	+300
49 Hz	NF	F	F	F	F	NF
50 Hz	NF	F	F	F	F	NF
51 Hz	NF	F	F	F	F	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement

Cas particulier du demi-taux :

On prend un taux de 0,75 % (1,65 V).

### 7.3.5 Essais d'influence du niveau de la tension d'alimentation

Les modules sont soumis sous une tension d'alimentation à 50 Hz définie ci-dessous à des trames de durée et position des impulsions nominales.

Modules 175 et 188 Hz :

Taux	Tension d'alimentation	
	191 V	253 V
1,5 % (3,3 V)	F	F
0,9 % (1,98 V)	F	F
0,55 % (1,21 V)	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement

Cas particulier du demi-taux :

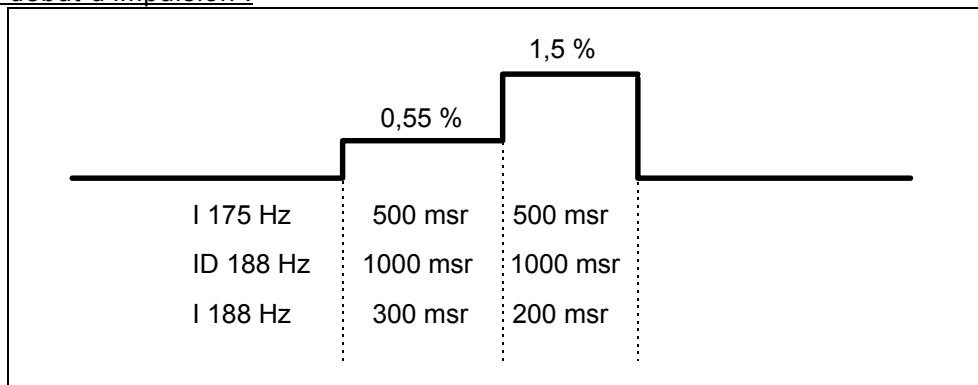
Les correspondances suivantes sont à appliquer :

Taux plein	1,5 %	0,9 %	0,55 %
Demi-taux	0,75 %	0,55 %	0,25 %

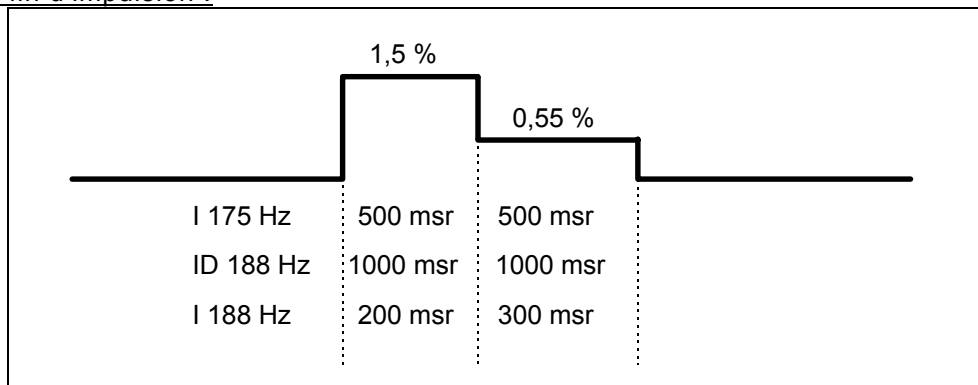
### 7.3.6 Essais de caractérisation des seuils de début et de fin d'impulsion

Dans les conditions d'alimentation de référence, les modules sont soumis à des trames dont les impulsions ont la forme suivante :

Seuil de début d'impulsion :



Seuil de fin d'impulsion :



Les modules ne doivent pas fonctionner.

**Figure 27 Essais de caractérisation des seuils de début et de fin d'impulsion**

Cas particulier du demi-taux :

Les correspondances suivantes sont à appliquer :

Taux plein	1,5 %	0,55 %
Demi-taux	0,75 %	0,25 %

Nota : le but de cet essai est :

- de s'assurer que le seuil de prise en compte d'une impulsion est supérieur à  $U_{nf}$ ,
- de s'assurer que le seuil de prise en compte de la fin d'impulsion est supérieur à  $U_{nf}$

**7.3.7 Essais d'influence des harmoniques**

Les modules sont soumis à des trames dont les impulsions ont des durées et des positions nominales. La fréquence d'alimentation est 50 Hz.

Modules 175 et 188 Hz :

On vérifie pour 7 % de H3, 4 % de H4, 12 % de H5 et 3 % H3 + 1 % H4 + 6 % H5 les combinaisons suivantes :

Taux	Tension d'alimentation		
	191 V	230 V	253 V
5 % (11 V)	F	F	F
1,5 % (3,3 V)	F	F	F
0,55 % (1,21 V)	NF	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement

Note : la phase entre une harmonique et le fondamental est quelconque.

Cas particulier du demi-taux :

Les correspondances suivantes sont à appliquer :

Taux plein	5 %	1,5 %	0,55 %
Demi-taux	2,5 %	0,75 %	0,25 %

**7.3.8 Essais d'influence de la fréquence de télécommande**

Les modules sont soumis à des trames sous  $U_n$  à 50 Hz, avec des impulsions nominales en durée et en position, suivant le tableau ci-dessous :

Modules 175 et 188 Hz :

Taux	Fréquence de télécommande					
	Fo-0,5 Hz	Fo+0,5 Hz	Fo-5 Hz	Fo+5 Hz	Fo-10 Hz	Fo+10 Hz
0,55 % (1,21 V)	NF	NF	-	-	-	-
0,9 % (1,98 V)	F	F	-	-	-	-
1,3 % (2,86V)	-	-	NF	NF	-	-
4,9 % (10,78V)	-	-	-	-	NF	NF

F : fonctionnement  
 NF : non-fonctionnement

Cas particulier du demi-taux :

Les correspondances suivantes sont à appliquer :



Taux plein	4,9 %	1,3 %	0,9 %	0,55 %
Demi-taux	2,45 %	0,65 %	0,55 %	0,25 %

De plus, on effectuera l'essai suivant :

Un module à 175 Hz (réciproquement 188 Hz) ne doit effectuer aucune fausse manoeuvre sur réception d'une trame à 188 Hz (réciproquement 175 Hz) de durées d'impulsions nominales et de taux 5 % (11 V).

Cas du demi-taux : on prendra 2,5 % (5,5 V).

### 7.3.9 Essais d'influence des coupures secteur

Les modules sont soumis sous  $U_n$  50 Hz à des trames perturbées par une coupure de 500 ms située comme définie ci-dessous. Les impulsions ont des durées et positions nominales. Le taux est de 1,5 % (3,3 V).

Modules 175 Hz :

Position de la coupure	Comportement attendu
Fin de la coupure 200 ms avant le début de ID	Prise en compte de la trame
Fin de la coupure 100 ms avant le début de ID	Prise en compte ou rejet de la trame*
Coupure démarrant 250 ms avant le début de ID	Prise en compte ou rejet de la trame*
Coupure démarrant 100 ms avant le début de ID	Rejet de la trame
Coupure centrée au milieu de ID	Rejet de la trame
Coupure démarrant 250 ms avant la fin de ID	Prise en compte de la trame
Coupure démarrant 100 ms après le front descendant de ID	Prise en compte de la trame
Coupure finissant 200 ms avant le front montant de Ix	Prise en compte de Ix
Coupure finissant 100 ms avant le front montant de Ix	Prise en compte ou rejet de Ix*
Coupure démarrant 250 ms avant le début de Ix	Prise en compte ou rejet de Ix*
Coupure centrée au milieu de Ix	Rejet de Ix
Coupure démarrant 250 ms avant la fin de Ix	Prise en compte de Ix

\* : se référer au nota du chapitre 7.2.3.1.3.

Autre essai : les modules sont soumis à une coupure de 10 s qui se termine 5 s avant le début d'une trame. Les modules doivent fonctionner.

Modules 188 Hz :

Position de la coupure	Comportement attendu
Fin de la coupure 200 ms avant le début de ID	Prise en compte de la trame
Fin de la coupure 100 ms avant le début de ID	Prise en compte ou rejet de la trame*
Coupure en cours de trame	Rejet de la trame
Coupure démarrant à la fin de I(50) de la trame	Prise en compte de la trame

\* : se référer au nota du chapitre 7.2.3.1.3.

Autre essai : les modules sont soumis à une coupure de 10 s qui se termine 5 s avant le début d'une trame. Les modules doivent fonctionner.

Cas particulier du demi-taux :

On prend un taux de 0,75 % (1,65 V).

### 7.3.10 Essais des conditions de fausses manoeuvres

Les modules sont soumis à une trame sous  $U_n$  50 Hz avec une impulsion (à prendre normalement en compte) à 175/188 Hz de durée 50 ms et de taux 10 % (22 V). Les modules ne doivent pas prendre en compte l'impulsion.

Pour le demi-taux, on ramène le taux à 5 % (11 V).