

# **SPECIFICATION TECHNIQUE EDF**

OCTOBRE 2001

**HN 52-S-25**

---

**Impédances de compensation pour la  
mise à la terre du neutre des réseaux  
HTA aériens et mixtes**

<b>Titre</b>	<b>Impédances de compensation pour la mise à la terre du neutre des réseaux HTA aériens et mixtes</b>
<b>Nombre de pages</b>	59 pages
<b>Type</b>	Spécification d'entreprise
<b>Document(s) associé(s)</b>	HM-24/96/050/B (Mars 1997) HM-24/96/050/C (Mars 2001)
<b>Résumé</b>	<p>L'utilisation du régime de neutre compensé sur les réseaux HTA aériens et mixtes nécessite l'installation dans les postes sources HTB/HTA d'impédances de compensation (IC). Ces IC ont pour fonction de compenser le courant capacitif résiduel du réseau, afin de maîtriser le courant circulant au lieu d'un défaut phase terre et ainsi la surtension associée. Les bornes de lignes de l'IC sont raccordées aux conducteurs de ligne HTA, dans le poste source HTB / HTA, et la borne de terre est raccordée à la prise de terre du poste source.</p> <p>La présente spécification fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les deux modèles d'Impédance de Compensation (IC) pour la mise à la terre du neutre HTA : modèle 100 - 600 A et modèle 100 - 1000 A.</p>
<b>Auteurs</b>	Stéphane Escalier, Marc Le Blon (DRD-ERMEL) Jean Raymongue (DRD-ER-FCR) Alain Pinget (DRD-ERMEL-CIMA) Michel Clément (DEGS-CETE) Robert Jeanjean (DRD-IPN)
<b>Classe AFNOR/UTE C</b>	52
<b>Direction responsable</b>	EDF - GDF SERVICES Délégation Réseaux Electricité - Mission Expertise Réseaux 20 Place de la Défense 92050 PARIS La Défense Cedex
<b>Editeur</b>	Direction de la Stratégie et du Développement EDF R&D Centre de Normalisation 1, avenue du Général de Gaulle 92141 Clamart Cedex Tél. : 01 47 65 55 30 Fax : 01 47 65 53 33
<b>Distributeur</b>	Direction de la Stratégie et du Développement EDF R&D Centre de Normalisation 1, avenue du Général de Gaulle 92141 Clamart Cedex Tél. : 01 47 65 55 30 Fax : 01 47 65 53 33 adresse site internet : norm.edf.fr
<b>Accessibilité</b>	Libre

## SOMMAIRE

1 Avant-propos et domaine d'application .....	5
2 Références normatives .....	5
2.1 <i>Spécifications techniques d'entreprise</i> .....	5
2.2 <i>Normes et documents établis par l'UTE</i> .....	5
2.3 <i>Publications de la CEI</i> .....	6
2.4 <i>Autres normes</i> .....	7
3 Définitions, symboles et abréviations .....	7
3.1 <i>Impédance de compensation, système d'accord automatique</i> .....	7
3.2 <i>Tension résiduelle et tension homopolaire</i> .....	7
3.3 <i>Courant résiduel et courant homopolaire</i> .....	7
3.4 <i>Tension composée, tension simple</i> .....	7
3.5 <i>Tension assignée</i> .....	7
3.6 <i>Impédance homopolaire, impédance de l'IC</i> .....	8
3.7 <i>Courant de neutre de l'IC</i> .....	8
3.8 <i>Courant capacitif résiduel du réseau</i> .....	8
3.9 <i>Courant de désaccord, courant de défaut</i> .....	8
3.10 <i>Pleine tension homopolaire</i> .....	8
3.11 <i>Courant de neutre assigné</i> .....	9
3.12 <i>Manoeuvre, temps de manoeuvre</i> .....	9
3.13 <i>Réglage de l'IC, accord de l'IC</i> .....	9
3.14 <i>IC à réglage continu, à réglage discret</i> .....	9
3.15 <i>Autres définitions</i> .....	9
4 Dispositions fonctionnelles.....	9
5 Caractéristiques assignées .....	10
5.1 <i>Grandeurs assignées</i> .....	10
5.2 <i>Régime de fonctionnement normalisé</i> .....	10
5.3 <i>Caractéristiques du réglage</i> .....	10
5.4 <i>Caractéristiques électriques</i> .....	12
6 Dispositions constructives.....	15
6.1 <i>Conditions de service</i> .....	15
6.2 <i>Encombrement et masse de l'IC</i> .....	16
6.3 <i>Raccordement de l'IC</i> .....	16
6.4 <i>Caractéristiques de l'enveloppe</i> .....	16

6.5	<i>Protections contre les défauts internes</i> .....	17
6.6	<i>Niveau de bruit</i> .....	18
7	<i>Contrôle commande de l'IC</i> .....	18
7.1	<i>Emplacement du contrôle commande de l'IC</i> .....	19
7.2	<i>Sélection du mode de commande de l'IC</i> .....	19
7.3	<i>Bornes et contacts d'entrée - sortie et filerie</i> .....	20
7.4	<i>Alimentation du contrôle commande et du circuit de puissance</i> .....	20
7.5	<i>Définition des signaux du contrôle commande de l'IC</i> .....	20
8	<i>Fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité (FMDS)</i> .....	22
8.1	<i>Fiabilité et disponibilité</i> .....	22
8.2	<i>Maintenabilité</i> .....	24
8.3	<i>Comportement en cas de panne</i> .....	25
9	<i>Plaque signalétique</i> .....	25
10	<i>Documentation</i> .....	26
11	<i>Contrôles et essais</i> .....	26
11.1	<i>Généralités</i> .....	26
11.2	<i>Vérification des dispositions constructives et essai du dispositif de manoeuvre</i> .....	27
11.3	<i>Mesure de Lw et R sous tension homopolaire réduite</i> .....	28
11.4	<i>Mesure de Lw et R sous la pleine tension homopolaire</i> .....	28
11.5	<i>Mesure du taux de courants harmoniques généré</i> .....	29
11.6	<i>Mesure des caractéristiques électriques du transformateur d'accord</i> .....	29
11.7	<i>Mesure des pertes et du courant à vide</i> .....	29
11.8	<i>Essais de tenue aux efforts électrodynamiques</i> .....	29
11.9	<i>Essais d'échauffement</i> .....	30
11.10	<i>Essais diélectriques</i> .....	32
11.11	<i>Essais d'endurance mécanoclimatique du dispositif de manoeuvre</i> .....	33
11.12	<i>Essais du contrôle commande de l'impédance de compensation</i> .....	36
11.13	<i>Essais du revêtement des surfaces extérieures</i> .....	52
Annexe A (normative)	<i>Echanges des ordres et des signalisations entre le système d'accord automatique et l'impédance de compensation</i> .....	54
Annexe B (normative)	<i>Contenu de la documentation technique fournie par le constructeur</i> .....	57

## 1 Avant-propos et domaine d'application

L'utilisation du régime du neutre compensé sur les réseaux HTA aériens et mixtes nécessite l'installation dans les postes sources HTB / HTA d'impédances de compensation.

La présente spécification fixe les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les deux modèles d'Impédances de Compensation (IC) pour la mise à la terre du neutre HTA des réseaux aériens et mixtes 20 kV : modèle 100 - 600 A et modèle 100 - 1000 A.

Ces IC ont pour fonction de compenser le courant capacitif résiduel du réseau, afin de réduire le courant circulant au lieu d'un défaut phase terre. Les bornes de lignes de l'IC sont raccordées aux conducteurs de ligne HTA, dans le poste source en sortie du transformateur HTB / HTA, et la borne de terre est raccordée à la prise de terre du poste source. L'inductance de ces IC peut être réglable continûment ou par échelons.

Ces IC peuvent également être utilisées telles quelles sur les réseaux 15 kV.

## 2 Références normatives

### 2.1 Spécifications techniques d'entreprise

HN 27-S-02 : janvier 1984, *Huiles minérales isolantes non inhibées pour transformateurs et appareils de connexion* ; avril 1987, Additif 1

HN 33-S-34 : janvier 1977, *Câbles basse tension protégés contre les perturbations électromagnétiques*

HN 45-S-25 : janvier 1977, *Relais électriques à courant continu tout-ou-rien instantanés à contacts*

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 20 : novembre 1993, *Transformateurs triphasés haute tension / basse tension de distribution publique immergés dans l'huile minérale*

HN 52-S-07 : juillet 1975, *Mesure des décharges partielles sur les transformateurs de puissance*

HN 46-S-58 : janvier 2001, *Mise à la terre du neutre des réseaux aériens et mixtes - Neutre compensé - Système d'accord automatique pour impédance de compensation*

Janvier 1991, *Carnet de prescription au personnel. Prévention du risque électrique*

Édition 1996, *Directives Techniques pour l'Étude et la Construction des Postes « d » 90 / 20 kV et 63 / 20 kV*

### 2.2 Normes et documents établis par l'UTE

NF X 06-501 : 1984, *Applications de la statistique - Introduction à la fiabilité*

NF C 15-100 : mai 1991, *Installations électriques à basse tension : Règles*

NF C52-100 : 1990, *Transformateurs de puissance*

NF EN 60551 : 1993, *Détermination des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance*

NF C 20-130 : juillet 1988, *Cosses nues à sertir*

NF C 30-202 : janvier 1987, *Système de désignation des conducteurs et câbles* ; octobre 1990, Additif

NF C 42-502 : février 1974, *Transformateurs de courant: caractéristiques*

C 33-051 : septembre 1996, *Câbles isolés et leurs accessoires pour réseaux d'énergie - Connecteurs séparables comportant un écran externe et dispositifs associés de tension assignée 6/10/12 kV à 18/30/36 kV*

NF C 46-101 : octobre 1984, *Mesure et commande dans les processus industriels. Signaux analogiques à courants continus*

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

NF X 50-500 : 1978, *Durée de vie et durabilité des biens - Vocabulaire*

EN 55022 : décembre 1994, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations radioélectriques produites par les appareils de traitement de l'information*

NF C 60-200 : avril 1989, *Fusibles basse tension - 1<sup>ère</sup> partie : Règles générales* ; septembre 1994 : Additif

NF X 60-500 : 1988, *Terminologie relative à la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité*

NF X 60-510 : 1986, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets*

NF X 60-520 : 1988, *Prévisions des caractéristiques de fiabilité, maintenabilité et disponibilité*

NF EN 60529 : octobre 1992, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

NF X 60 010 : juin 1984, *Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables*

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

NF C 63-211 : août 1970, *Coupe-circuit à fusibles pour courant alternatif de tension nominale égale à 500 V- Règles complémentaires : Coupe-circuit à percuteur intérieur - Percuteurs indépendants*

NF J 17-082 : juillet 1974, *Peintures marines - Mesure de l'adhérence par traction*

NF X 41-002 : août 1975, *Essai au brouillard salin*

NF T 30-049 : avril 1985, *Peintures et vernis - Revêtements à usage extérieurs. Essais de vieillissement artificiel*

### 2.3 Publications de la CEI

CEI 60068-2-1 : édition 1990, *Essais A : froid*

CEI 60068-2-2 : édition 1974, *Essais B : chaleur sèche*

CEI 60068-2-6 : édition 1982, *Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14 : édition 1984, *Essai N : variations de température*

CEI 60068-2-30 : édition 1980, *Essai Db et guide : Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*

CEI 60076 : *Transformateurs de puissance*

CEI 60076-1 : 1993, *Généralités*

CEI 60076-2 : 1993, *Échauffements*

CEI 60076-3 : 1980, *Niveaux d'isollements et essais diélectriques*

CEI 60076-4 : 1976, *Prises et connexions*

CEI 60076-5 : 1976, *Tenue au court-circuit*

CEI 60255-22-1 : édition 1988, *Essais d'influence électrique concernant les relais de mesure et dispositifs de protection - première partie : essais à l'onde oscillatoire amortie à 1 MHz*

CEI 60289 : 1988, *Bobines d'inductances*

CEI 60529 : 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes*

CEI 60617-1 : 1985, *Symboles graphiques pour schémas*

CEI 60726 : 1982, *Transformateurs de puissance de type sec*

CEI 60815 : 1986, *Guide pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 61000-4-2 : édition 1995, *Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

CEI 61000-4-3 : édition 1995, *Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4 : édition 1995, *Essais d'immunité aux transitoires rapides en salves*

CEI 61000-4-5 : février 1995, *Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-6 : mars 1996, *Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-12 : édition 1995, *Essai d'immunité aux ondes oscillatoires*

CEI 61131-2 : édition 1992, *Automates programmables*

#### 2.4 *Autres normes*

ISO 4628/3 : 1982, *Troisième partie : Désignation du degré d'enrouillement*

ASTM D 968 : 1981, *Test method for abrasion resistance of organic coatings by the falling abrasive tester*

EN ISO 24624 : *Peintures et vernis. Essais de traction*

### 3 **Définitions, symboles et abréviations**

#### 3.1 *Impédance de compensation, système d'accord automatique*

Dans la suite de ce document, l'impédance de compensation est désignée par l'abréviation « IC » et le système d'accord automatique pour impédance de compensation est désigné par « SAA ».

#### 3.2 *Tension résiduelle et tension homopolaire*

On appelle tension résiduelle  $V_{res}$  d'un système triphasé de tensions simples  $V_1, V_2, V_3$  (tension entre une phase et la terre) la somme vectorielle de ces trois tensions.

On appelle tension homopolaire  $V_0$  d'un système triphasé de tensions simples  $V_1, V_2, V_3$  (tension entre une phase et la terre) la somme vectorielle de ces trois tensions divisée par 3. Elle correspond à la tension entre le neutre du réseau et la terre.

#### 3.3 *Courant résiduel et courant homopolaire*

On appelle courant résiduel  $I_{res}$  d'un système triphasé de courant  $I_1, I_2, I_3$  (courant de phases) la somme vectorielle de ces trois courants.

On appelle courant homopolaire  $I_0$  d'un système triphasé de courant  $I_1, I_2, I_3$  (courant de phases) la somme vectorielle de ces trois courants divisée par 3.

#### 3.4 *Tension composée, tension simple*

La tension composée  $U$  d'un réseau est la tension qui existe entre deux phases quelconques du réseau. Elle s'exprime en kilovolts (kV).

La tension simple  $V$  d'un réseau est la tension qui existe entre une phase quelconque et le neutre du réseau. Elle s'exprime en kilovolts (kV).

#### 3.5 *Tension assignée*

Tension à la fréquence du réseau, appliquée entre les bornes de ligne de l'IC.

Notation :  $U_N$

### 3.6 Impédance homopolaire, impédance de l'IC

L'impédance homopolaire  $Z_0$  est l'impédance par phase à la fréquence assignée; elle est égale à trois fois la valeur  $Z$  mesurée entre les bornes de ligne de l'IC connectées ensemble et la borne de terre (CEI 60289 chapitre 35.5).

Notation :

- impédance homopolaire  $Z_0$
- impédance de l'IC  $Z$

On représente l'IC en schéma homopolaire par l'impédance  $Z = Z_0/3$ , mesurée entre les bornes de lignes connectées ensemble et la borne de terre.

Cette impédance est constituée d'une résistance  $R$  et d'une réactance  $X$  en parallèle avec :

$$X = L\omega$$

où  $L$  représente l'inductance et  $\omega$  la pulsation à la fréquence du réseau ( $\omega = 2\pi fN$ ).

### 3.7 Courant de neutre de l'IC

Courant circulant dans le (ou les) enroulement(s) principal(aux) de l'impédance variable, entre le neutre créé et la terre. Ce courant se décompose en une composante résistive  $I_R$  et une composante inductive  $I_L$ .

Notations :

- Courant résistif de neutre  $I_R$
- Courant inductif de neutre  $I_L$
- Courant de neutre  $I$

On a  $I^2 = I_R^2 + I_L^2$

### 3.8 Courant capacitif résiduel du réseau

Le courant capacitif résiduel  $I_C$  du réseau est caractéristique de la capacité totale à la terre du réseau  $3C_0$ , où  $C_0$  est la capacité existant entre une phase du réseau et la terre.  $I_C$  est le module du courant dans cette capacité lorsque la tension simple du réseau est appliquée à ses bornes. Il s'exprime en ampères (A).

Sa définition est :  $I_C = 3C_0\omega V$

### 3.9 Courant de désaccord, courant de défaut

Le courant de désaccord  $I_{des}$  est la différence entre le courant inductif de neutre et le courant capacitif résiduel.

$$I_{des} = I_L - I_C$$

Le courant de défaut  $I_{DEF}$  est le courant total circulant au droit d'un défaut monophasé en réseau. Son module est égal à la somme en quadrature du courant résistif de neutre avec le courant de désaccord.

$$I_{DEF} = \sqrt{I_R^2 + I_{des}^2}$$

### 3.10 Pleine tension homopolaire

Tension homopolaire apparaissant aux bornes de l'IC lorsque celle-ci est alimentée à sa tension assignée et dans les conditions d'un défaut phase-terre franc.

La pleine tension homopolaire vaut  $V_N = U_N / \sqrt{3}$ .

### 3.11 Courant de neutre assigné

Courant circulant dans le (ou les) enroulement(s) principal(aux) de l'impédance variable, entre le neutre créé et la terre, à la pleine tension homopolaire et pour la plus faible valeur de l'impédance (CEI 60289 chapitres 35.3 et 44.2).

Notation :  $I_N$

### 3.12 Manoeuvre, temps de manoeuvre

On appelle manoeuvre, une succession d'opérations élémentaires qui permet de changer la valeur de la réactance  $L\omega$  de l'IC d'un réglage initial à un réglage final.

Une manoeuvre est destinée :

- soit à corriger l'accord suite à une variation du courant capacitif résiduel du réseau,
- soit à permettre au système d'accord automatique d'évaluer périodiquement l'accord, pour éventuellement le corriger.

NOTE – La réalisation ou non d'une manoeuvre dépend du type de SAA utilisé.

On appelle temps de manoeuvre, le temps global nécessaire pour la réalisation de n'importe quelle manoeuvre après réception de l'ordre.

### 3.13 Réglage de l'IC, accord de l'IC

L'IC dispose d'une fonction impédance variable. Son réglage est déterminé par la valeur sélectionnée de son inductance L. On appelle position de réglage de l'IC, la valeur du courant inductif de neutre  $I_L$  circulant lors d'un défaut monophasé franc en réseau.

On dit que l'IC est à l'accord, lorsque la position de réglage de l'IC minimise le courant de désaccord lors d'un défaut monophasé en réseau.

On appelle manoeuvre de réglage, la manoeuvre de l'IC consistant à la placer à l'accord.

### 3.14 IC à réglage continu, à réglage discret

Une IC à réglage continu est une IC pour laquelle tous les réglages de compensation entre les deux positions extrêmes sont possibles.

Une IC à réglage discret est une IC pour laquelle seul un nombre fixe de positions de réglage est possible.

### 3.15 Autres définitions

Se référer à la CEI 60076.1.

## 4 Dispositions fonctionnelles

Une IC comporte les fonctions suivantes :

- une fonction de création de point neutre, à partir du raccordement sur les trois conducteurs de ligne HTA dans le poste source, en sortie du transformateur HTB/HTA ;
- une fonction impédance variable, placée entre le neutre (de la fonction création de point neutre) et la terre ;
- une fonction contrôle commande, servant d'interface entre :
  - la commande de la position de l'IC,
  - et le système d'accord automatique (SAA) ou le contrôle commande du poste ;
- une fonction commande manuelle de la position de l'IC, appelée aussi « commande sur place » ;
- une fonction transformateur d'accord.

## 5 Caractéristiques assignées

### 5.1 Grandeurs assignées

#### 5.1.1 Fréquence assignée

La fréquence assignée est:  $f_N = 50$  Hz

#### 5.1.2 Tension assignée

La tension assignée est:  $U_N = 21,4$  kV

#### 5.1.3 Courant de neutre assigné

Le courant de neutre assigné est:  $I_N = 600$  A ou  $I_N = 1000$  A.

### 5.2 Régime de fonctionnement normalisé

Afin d'assurer la bonne tenue en service de ces appareils, on définit un régime de fonctionnement qui représente le régime le plus sévère auquel l'appareil peut être soumis lors de défauts sur le réseau HTA. Ce régime suppose une température ambiante de 40°C et est constitué par la succession des 2 stades suivants représentant un cycle :

**Stade a** : L'IC est en régime permanent, en l'absence de tout défaut.

Elle est alimentée par la tension assignée  $U_N$ , avec une tension homopolaire permanente égale à 6 % de  $U_N/\sqrt{3}$  à ses bornes. L'échauffement de l'IC dû au passage du courant généré par cette tension permanente ne doit pas dépasser les valeurs prescrites par la CEI 60076-2 chapitre 4.

**Stade b** : Partant du stade a, l'IC est placée dans les conditions d'un défaut franc phase terre en réseau, pendant 10 s. La pleine tension homopolaire apparaît alors aux bornes de l'IC.

L'IC doit pouvoir supporter la répétition de ce régime toutes les 3 heures, quel que soit le réglage de IL.

### 5.3 Caractéristiques du réglage

#### 5.3.1 Plage de réglage de l'impédance de l'IC

On représente l'IC en schéma homopolaire par une impédance  $Z$ , constituée d'une résistance  $R$  et d'une réactance  $X$  en parallèle.

Dans sa plage de température de fonctionnement, les conditions suivantes sont vérifiées :

**Tableau 1: Plage de réglage de l'impédance de l'IC**

Modèle d'IC	Réactance X		Résistance R (quel que soit le réglage)
	Valeur minimale du réglage	Valeur maximale du réglage	
$I_N = 600$ A	20,6 $\Omega$ (à $\pm 5\%$ )	124 $\Omega$ (à $\pm 20\%$ )	$R < 618 \Omega$
$I_N = 1000$ A	12,4 $\Omega$ (à $\pm 5\%$ )	124 $\Omega$ (à $\pm 20\%$ )	$R < 618 \Omega$

Ces conditions sur la résistance  $R$  et la réactance  $X$  concernent les valeurs mesurées sous tension homopolaire réduite (voir § 11.3) et sous la pleine tension homopolaire (voir § 11.4), à la fréquence assignée.

Le constructeur peut, s'il le souhaite, proposer une plage de réglage plus étendue, contenant celle indiquée dans le tableau ci-dessus.

Pour les différentes positions de réglage, l'écart entre la valeur mesurée sous tension homopolaire réduite et celle mesurée sous la pleine tension homopolaire ne doit pas dépasser 5 % pour la réactance X et 20 % pour la résistance R.

### 5.3.2 Plage de réglage du courant de neutre

L'IC est alimentée par la tension assignée et placée dans sa plage de température de fonctionnement. Lors d'un défaut franc phase-terre (stade b du régime de fonctionnement normalisé), on a :

**Tableau 2 : Plage de réglage du courant de neutre**

Modèle d'IC	Courant inductif de neutre $I_L$		Courant résistif de neutre $I_R$
	Valeur minimale du réglage	Valeur maximale du réglage	(quel que soit le réglage)
$I_N = 600 \text{ A}$	100 A (à $\pm 20\%$ )	600 A (à $\pm 5\%$ )	$I_R > 20 \text{ A}$
$I_N = 1000 \text{ A}$	100 A (à $\pm 20\%$ )	1000 A (à $\pm 5\%$ )	$I_R > 20 \text{ A}$

Ces conditions sur le courant de neutre concernent les valeurs mesurées sous tension homopolaire réduite (voir § 11.3) et sous la pleine tension homopolaire (voir § 11.4), à la fréquence assignée.

Le constructeur peut, s'il le souhaite, proposer une plage de réglage plus étendue, contenant celle indiquée dans le tableau ci-dessus.

Pour les différentes positions de réglage, l'écart entre la valeur mesurée sous tension homopolaire réduite et celle mesurée sous la pleine tension homopolaire ne doit pas dépasser 5 % pour le courant inductif de neutre  $I_L$  et 20% pour le courant résistif de neutre  $I_R$ .

L'écart entre la valeur affichée<sup>1</sup> de courant de neutre et la valeur réelle sous la pleine tension homopolaire, pour les différents réglages, doit être inférieur à 5 %.

### 5.3.3 Courants de défaut et de désaccord admissibles

#### 5.3.3.1 Courant de défaut

Après réglage de l'IC, le courant de défaut ne doit pas dépasser 40 A.

$$I_{DEF} < 40 \text{ A} \text{ relation (1)}$$

#### 5.3.3.2 Courant de désaccord pour une IC à réglage continu

La relation (1) doit rester vérifiée pour un courant de désaccord maximal de 25 A, afin de limiter le nombre de manoeuvres de l'impédance de compensation.

$$I_{DEF} < 40 \text{ A} \text{ lorsque } I_{des} \leq 25 \text{ A}$$

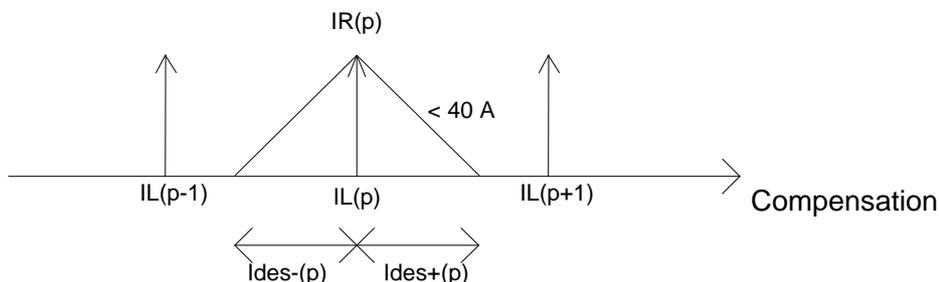
#### 5.3.3.3 Courant de désaccord pour une IC à réglage discret

Pour toute position de réglage, le courant de désaccord doit être tel que la relation (1) reste vérifiée. Au delà de 40 A de courant de défaut, un changement de position de réglage est nécessaire.

Pour limiter le nombre de manoeuvres de l'IC, la relation (1) doit rester vérifiée, pour un courant de désaccord inférieur ou égal aux deux tiers de l'espacement entre, d'une part, la position de réglage sélectionnée et, d'autre part, soit sa position immédiatement inférieure, soit sa position immédiatement supérieure.

<sup>1</sup> La valeur affichée de courant de neutre, pour les différents réglages, est celle affichée par le constructeur sur la plaque signalétique de l'appareil et dans le Dossier d'Identification.

Ceci est explicité par le diagramme de la figure 1, où p représente la position de réglage sélectionnée, p-1 la position de réglage inférieure voisine et p+1 la position de réglage supérieure voisine.



**Figure 1 - Espacement des pas sur une IC à réglage discret**

Les conditions suivantes sont vérifiées :

$$I_{DEF} < 40 \text{ A} \quad \text{pour} \quad I_{des+(p)} \leq \frac{2}{3} [I_{L(p+1)} - I_{L(p)}]$$

$$\text{et pour} \quad I_{des-(p)} \leq \frac{2}{3} [I_{L(p)} - I_{L(p-1)}]$$

### 5.3.4 Caractéristiques du dispositif de manoeuvre et contraintes sur manoeuvre

#### 5.3.4.1 Temps de manoeuvre maximum

**Tableau 3 : Temps de manoeuvre maximum de l'IC**

Modèle d'IC	Temps de manoeuvre maximum pour une IC à réglage continu	Temps de manoeuvre maximum pour une IC à réglage discret
IN = 600 A	4 minutes	10 secondes
IN = 1000 A	5 minutes et 30 secondes	10 secondes

#### 5.3.4.2 Nombre de manoeuvres

Le nombre de manoeuvres de l'IC au cours de sa vie est de 5 000.

#### 5.3.4.3 Dimensionnement électrique du dispositif de manoeuvre

Le dispositif de manoeuvre doit être capable de fonctionner lorsque l'impédance de compensation est sous tension, aussi bien en l'absence de défaut phase terre (stade a, voir § 5.2) qu'en présence de défaut (stade b, voir § 5.2).

#### 5.3.4.4 Valeurs limites de l'impédance homopolaire pendant une manoeuvre

Durant une manoeuvre et même en cas de dysfonctionnement du dispositif de manoeuvre, la valeur de l'impédance homopolaire reste dans la plage de réglage fixée (cf. § 5.3.1).

## 5.4 Caractéristiques électriques

### 5.4.1 Niveau d'isolement

Le niveau d'isolement des bornes de ligne, de la borne de terre de l'impédance de compensation et des bornes BT du transformateur d'accord (voir § 5.4.4) répond aux prescriptions de la publication CEI 60076-3, rappelées ci-après.

**Tableau 4 : Niveau d'isolement de l'IC**

	<b>Tension la plus élevée pour le matériel Um (valeur efficace)</b>	<b>Tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)</b>	<b>Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur crête)</b>
Bornes de ligne HTA	24 kV	50 kV	125 kV
Borne de terre	24 kV	50 kV	-----
Bornes BT du transformateur d'accord	1,1 kV	3 kV	-----

**5.4.2 Courant magnétisant - Pertes fer - Distorsion harmonique**

Les valeurs garanties maximales du courant magnétisant par phase et des pertes Fer sont données par le tableau ci-dessous.

Les valeurs mesurées peuvent dépasser la valeur garantie, dans la limite des tolérances de la norme NFC 52-100, partie 1, § 7. Cependant, les valeurs moyennes obtenues sur l'ensemble du parc livré doivent être inférieures aux valeurs garanties.

Les valeurs de courant magnétisant et de pertes Fer sont celles obtenues quand l'IC est alimentée par sa tension assignée et que le réseau est parfaitement équilibré.

**Tableau 5: Courant magnétisant et pertes Fer**

<b>Modèle d'IC</b>	<b>Courant magnétisant (par phase)</b>	<b>Pertes Fer</b>
IN = 600 A	300 mA	1750 W
IN = 1000 A	500 mA	2500 W

Lors d'un défaut, la somme quadratique des courants harmoniques homopolaires générés par une non linéarité de l'IC et circulant dans le défaut est inférieure à 2% de IN, quel que soit le réglage de l'IC.

**5.4.3 Limitation des surtensions**

En cas de défaut à la terre au poste source côté HTB, la différence de potentiel qui apparaît entre la terre du poste source et la terre lointaine est de quelques kilovolts. Cette différence de potentiel peut exciter le circuit résonant constitué, en schéma homopolaire équivalent, par la mise en série de l'IC et de la capacité homopolaire du réseau. Dans ce cas, une surtension peut apparaître aux bornes de l'IC, et par conséquent sur le neutre du réseau HTA.

L'IC doit limiter toute surtension entre le neutre et la terre à une valeur acceptable pour sa tenue diélectrique.

Pour limiter la surtension, l'IC se désaccorde :

- soit passivement par une saturation du circuit magnétique qui modifie la valeur de L ;
- soit par une commande interne qui la fait passer sur la position extrême la plus éloignée.

Toute autre solution peut être adoptée, à l'initiative du constructeur, après accord d'EDF.

**5.4.4 Transformateur d'accord**

Pour rendre possible l'utilisation des systèmes d'accord effectuant une injection homopolaire, l'IC possède un transformateur monophasé permettant d'injecter dans le réseau un courant homopolaire.

Ce transformateur est connecté au primaire entre la première borne de ligne (phase A) et la borne de terre.

Le secondaire est en circuit ouvert, sauf lors des cycles d'injection. La borne secondaire I2 est reliée à la masse de l'IC (voir Figure 3). Les bornes de raccordement BT peuvent recevoir deux fils de section 6 mm<sup>2</sup>.

Les caractéristiques du transformateur d'accord sont les suivantes :

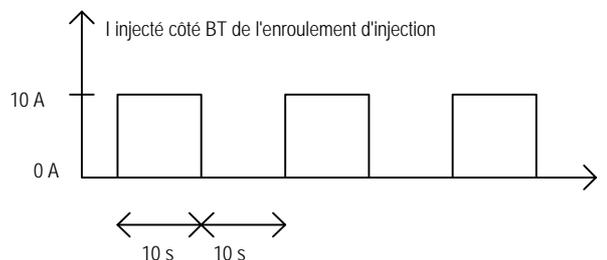
- Rapport de transformation : 12 000 / 480 V (avec une tolérance n'excédant pas 0,2%).
- Courant magnétisant maximum: 100 mA au primaire.
- Impédance de court-circuit (ramenée à la température de référence de 75°C) : 10 % au maximum.
- Facteur de surtension : 1,9 V<sub>N</sub>, pour une durée de 10 secondes.

Le circuit BT du transformateur est interrompu et protégé par un interrupteur sectionneur fusible bipolaire (défini au § 6.5.2.1). Les caractéristiques électriques du dispositif d'interruption sont les suivantes :

- courant assigné en service continu : 10 A,
- pouvoir de coupure assigné en fonctionnement manuel : 10 A,
- courant de courte durée admissible assigné : 80 kA.

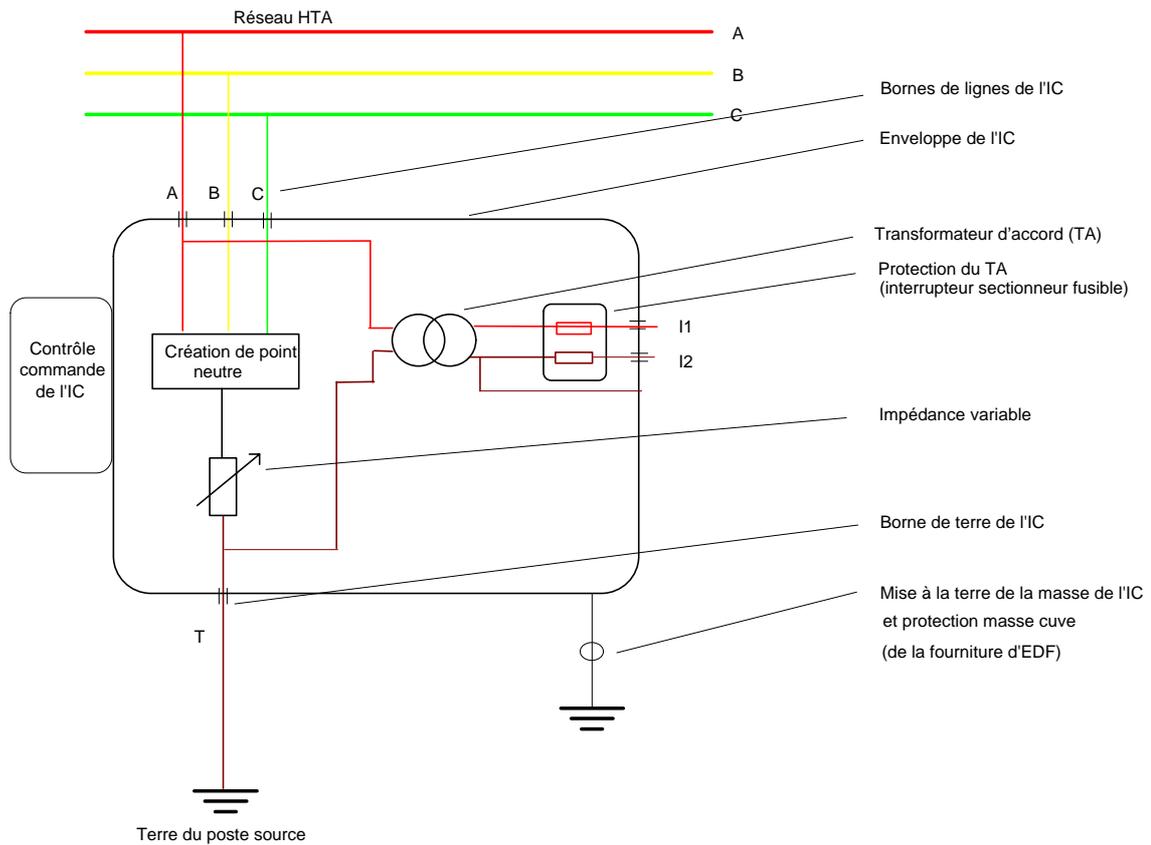
Le cycle maximal d'injection que doit tenir le transformateur est le suivant :

- courant de 10 A injecté dans le transformateur pendant 10 s,
- trois créneaux successifs de courant sont injectés, espacés de 10 s,
- ce cycle complet peut être répété toutes les 5 min.



**Figure 2 : Cycle maximal d'injection du circuit d'injection**

Un défaut HTA en réseau doit pouvoir se produire pendant un cycle d'injection de courant, sans détérioration du transformateur d'accord, ni fonctionnement de sa protection.



**Figure 3 : Schéma de principe de l'IC avec le transformateur d'accord**

## 6 Dispositions constructives

### 6.1 Conditions de service

Les conditions de service répondent aux prescriptions de la CEI 60076-1, pour tout ce qui n'est pas spécifié ci-dessous.

#### 6.1.1 Environnement

Ces IC sont installées à l'extérieur, dans un poste source HTB / HTA. L'accès au coffret relayage de la partie puissance de l'IC doit être possible à l'aide d'un outil couramment utilisé à EDF (clé carrée, tournevis...).

Lors de la mise sous tension de l'IC et de son contrôle commande, que ce soit à la mise en service ou en phase d'exploitation, l'ensemble du matériel doit être opérationnel en moins de 10 mn, quelles que soient les conditions d'environnement.

La plage de température extérieure pour le fonctionnement de l'appareil est:  $-25^{\circ}\text{C} / +40^{\circ}\text{C}$ .

Le contrôle commande de l'IC doit supporter les conditions climatiques définies au chapitre D 2400 de la spécification HN 46-R-01, catégorie II dans le cas où son contrôle commande est placé dans le bâtiment de relayage du poste, catégorie III dans le cas où il est placé dans une armoire fixée sur l'enveloppe (voir § 7.1).

Un chauffage thermostaté peut être présent dans l'IC; sa puissance ne doit pas dépasser 250 W.

Si l'IC renferme un diélectrique liquide, un bac de rétention doit pouvoir être installé. Tout liquide diélectrique autre que l'huile minérale (conforme à la spécification HN 27-S-02) doit faire l'objet d'un accord entre EDF et le constructeur. 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 l'IC tels que isolants, vernis, peintures, etc., doivent également être exempts de polychlorobiphényles (PCB), polychloroterphényles (PCT) et polychlorobenzyltoluène (PCBT).

#### 6.1.2 Défauts sur le réseau HTA

L'IC doit résister sans dommage aux contraintes dynamiques et thermiques engendrées par les défauts francs phase-terre.

Le nombre moyen de défauts vus par l'IC pendant sa durée de vie est :

- 5 000 défauts auto-extincteurs d'une durée moyenne de 30 ms,
- 500 défauts permanents d'une durée de 1,5 s.

#### 6.2 Encombrement et masse de l'IC

L'ensemble de fonctions (création de point neutre, impédance variable) de l'IC est réalisé en un seul module.

Les dimensions et masses maximales des IC sont données dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 6 : Encombrement et masse maximum de l'IC**

Modèle d'IC	Longueur	Largeur	Hauteur	Masse
In = 600 A	2 m	1,6 m	2,2 m	6 000 kg
In = 1 000 A	2,5 m	1,8 m	2,4m	8 000 kg

#### 6.3 Raccordement de l'IC

Les bornes de ligne sont repérées par les symboles A, B, C et la borne de terre par le symbole T de la CEI 60617 -1.

Le raccordement des bornes de ligne et de terre s'effectue par des prises de courant 24 kV - 250 A, conformes à la spécification C 33-051.

#### 6.4 Caractéristiques de l'enveloppe

Si la partie active de l'IC comporte des conducteurs nus susceptibles d'amorcer avec son enveloppe, celle-ci doit être métallique.

##### 6.4.1 Mise à la terre de l'enveloppe

Si l'enveloppe est métallique, elle doit comporter 2 pièces de raccordement 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 norme NF C 20-130.

Le symbole de terre est gravé ou frappé à froid au droit de la pièce de raccordement.

##### 6.4.2 Protection contre la corrosion

Les matériaux et revêtements de l'IC doivent permettre son utilisation en zone de pollution de niveau 3 (CEI 60815, § 3), c'est à dire en zones marine, urbaine et rurale.

Les différents matériaux ou leur revêtement de surface et leur mise en oeuvre doivent permettre de constituer, dans les conditions de service où ils se trouvent placés, un revêtement efficace et durable de ces appareils.

Les différents éléments métalliques utilisés peuvent être peints ou subir un traitement de surface (galvanisation, phosphatation, chromation, etc.) suivant les normes en vigueur. Les métaux employés pour la visserie et la boulonnerie doivent être stables et inaltérables par nature ou par suite de traitement.

Après dix ans, les surfaces altérées ne doivent pas excéder 5 % de la surface extérieure totale en contact avec l'air ambiant, dans les conditions normales de service définies précédemment.

#### 6.4.3 *Degré de protection*

Le degré de protection minimal de l'appareil est IP 34 et IK 10, conformément aux normes CEI 60529, NF EN 60529 d'octobre 1992 et NF EN 50102 de juin 1995.

Si le contrôle commande de l'IC est installé dans le bâtiment de relaying du poste (voir § 7.1), son degré de protection est IP 30 et IK 07.

#### 6.4.4 *Manutention*

L'enveloppe comporte quatre anneaux de levage et des patins ou cornières en « U » pour permettre la manutention au sol.

La procédure de mise en oeuvre est détaillée dans le guide utilisateur, fourni par le Constructeur.

### 6.5 *Protections contre les défauts internes*

#### 6.5.1 *Protections contre les défauts HTA internes*

##### 6.5.1.1 *Protection masse cuve*

La masse de l'IC doit pouvoir être isolée de la terre, pour permettre une détection de type « masse cuve ». Le Constructeur prend toutes dispositions pour assurer le bon fonctionnement de la protection masse cuve. Notamment, le raccordement des câbles BT de contrôle commande et de leurs écrans ne doit pas shunter cette protection.

##### 6.5.1.2 *Protection contre les défauts polyphasés internes*

En option, et pour assurer sa protection contre un défaut polyphasé interne et limiter ses conséquences sur l'environnement, l'IC peut être livrée avec deux tores installés ou destinés à être installés sur les phases A et C, de façon à pouvoir assurer en externe une protection de type « bushing ». Les caractéristiques de ces tores sont les suivantes :

- tore répondant à la norme NF C 42-502 ;
- tension nominale: 24 kV pour les tores intégrés à l'IC et 6 kV pour les tores extérieurs à l'IC ;
- courant de courte durée admissible: 12,5 kA ;
- rapport de transformation: 400/5 ;
- puissance de précision: 20 VA ;
- classe de précision et facteur limite de précision: 10 P 10.

Ces tores sont soit extérieurs à l'IC, et donc traversés par les câbles HTA lors de la pose de ceux-ci, soit intégrés à l'IC. Dans le cas où ces tores sont extérieurs à l'IC, ils sont de modèle extérieur.

Les conditions d'installation de ces deux tores sont compatibles avec le raccordement des câbles HTA sur les phases A et C de l'IC, notamment en vue d'assurer un centrage satisfaisant des tores par rapport au passage des câbles HTA. Le Fournisseur précise dans sa notice les conditions de pose simultanée des câbles HTA et de ces deux tores.

Le Fournisseur précise également les conditions de passage des câbles intensité secondaire de ces tores.

Pour le transport de l'IC, et si cette option est retenue, ces tores s'ils sont de type extérieurs sont soit en place avant le transport soit livrés séparément avec l'IC, puis installés par l'utilisateur lors de la mise en service de l'IC, et ce conformément à la notice du Fournisseur.

### 6.5.2 *Protection des circuits BT du transformateur d'accord*

#### 6.5.2.1 *Nature de la protection*

Le dispositif d'interruption des circuits BT du transformateur d'accord (TA) assure les fonctions de protection, de coupure et de sectionnement.

Il est réalisé par un interrupteur-sectionneur-fusibles, bipolaire.

Le dispositif permet la condamnation en position de sectionnement, par cadenassage des pôles (au moins un cadenas dont l'anse a un diamètre compris entre 6 et 8 mm). Il est situé dans un coffret intégré ou attaché à l'enveloppe de l'IC, par exemple avec le contrôle commande de l'IC (voir § 7.1).

La protection de la phase est assurée par un fusible de type gG 10 A (500 V - 10 A, pouvoir de coupure 80 kA) conforme aux normes EN 60-269-1, NF C 60-200, NF C 63-210 et NF C 63-211 et de dimensions 14 x 51 ou 10 x 38. La liaison de la terre, située à gauche, est assurée par un tube neutre.

La fonction sectionnement répond aux caractéristiques définies au chapitre 537-2 de la norme NF C 15-100 correspondant à une tension nominale d'installation de 400 / 690 V et à une tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle de 3 kV efficaces.

#### 6.5.2.2 *Signalisation de la protection*

En cas de fonctionnement de l'un des fusibles ou de sectionnement des circuits BT, le contrôle commande de l'IC envoie un signal au contrôle commande du poste. Il s'agit du signal « fonctionnement protection TA » défini au § 7.5.2.

#### 6.5.2.3 *Réalisation des liaisons*

Les liaisons basse tension entre, d'une part, le transformateur d'accord, d'autre part, le dispositif d'interruption de son circuit BT sont réalisées de manière directe, sans interruption, et satisfont à un IP2XC, y compris pendant la pose et la dépose des fusibles.

Sur le dispositif d'interruption des circuits BT, l'IP2X est respecté en position fermée et un IP2XC est respecté en position de sectionnement sur tous les circuits en liaison directe avec le transformateur d'accord.

### 6.5.3 *Autres protections*

A l'initiative du Fournisseur, des protections complémentaires peuvent être installées, en fonction de la technologie choisie, afin de protéger l'IC en cas de dépassement des conditions décrites dans le régime de fonctionnement normalisé.

Des alarmes signalant un dysfonctionnement de l'IC peuvent être installées, en fonction de la technologie choisie.

Les signalisations de ces protections et alarmes sont alors à prévoir, en plus de celles déjà prévues dans le contrôle commande de l'IC (voir § 7.5).

### 6.6 *Niveau de bruit*

La puissance acoustique de l'IC doit rester inférieure à 68 dB(A) pendant le stade a du régime de fonctionnement normalisé.

La puissance acoustique de l'IC doit rester inférieure à 90 dB(A) pendant le stade b du régime de fonctionnement normalisé.

La détermination des niveaux de bruit est effectuée selon les normes CEI 60551 et NF EN 60551.

## **7 Contrôle commande de l'IC**

Les prescriptions relatives à la conception des ensembles fonctionnels, aux conditions d'installation et d'utilisation, aux éléments constitutifs des matériels et aux méthodes de contrôle et d'essai du contrôle commande de l'IC sont données dans la spécification HN 46-R-01.

### 7.1 *Emplacement du contrôle commande de l'IC*

Le contrôle commande de l'IC est soit placé dans une armoire intégrée ou attenante à l'enveloppe, soit dans le bâtiment de relayage du poste. Ce choix est laissé au Constructeur.

Lorsque le contrôle commande de l'IC est placé dans le bâtiment de relayage du poste, les câbles de raccordement sont des câbles multiconducteurs avec écran métallique, répondant à la spécification HN 33-S-34. Ces câbles ne font pas partie de la fourniture de l'IC ; le Fournisseur en définit les règles de câblage (nombre de câbles, nombre de conducteurs, longueur maximum éventuelle). Chaque câble comprend une nature de circuit telle que :

- circuit de polarité (+/-) ;
- circuits de signalisations et de commandes ;
- circuits tension ;
- circuits courant.

Lorsque le contrôle commande de l'IC est placé dans le bâtiment de relayage du poste, il est présenté dans un boîtier ou dans un rack type « 19 pouces », pouvant être installé dans un châssis de relayage ou dans une armoire de contrôle commande. Son encombrement est limité et, dans le cas d'un châssis, ne dépasse pas le tiers de ce châssis.

Lorsque le contrôle commande est placé dans une armoire fixée sur l'enveloppe, l'armoire a le même degré de protection que l'enveloppe. L'armoire est verrouillable et condamnable par un cadenas d'anse 6 à 8 mm.

### 7.2 *Sélection du mode de commande de l'IC*

Un commutateur, intégré au contrôle commande de l'IC, permet de sélectionner le mode de commande :

- commande automatique par le système d'accord de l'IC ;
- commande sur place.

Les éventuels ordres issus du mode non sélectionné ne sont pas pris en compte.

Si le mode « commande sur place » est sélectionné, une information est transmise au contrôle commande du poste et au SAA, par l'intermédiaire du contrôle commande de l'IC décrit ci-après.

Un dispositif de manoeuvre, intégré au contrôle commande de l'IC, permet d'augmenter ou de diminuer la valeur de l'inductance, lorsque celle-ci est en mode « commande sur place ».

Le passage du commutateur en position « commande sur place » ne doit pas interrompre la procédure de réglage en cours. L'IC doit se positionner sur la valeur de réglage demandée. La signalisation « IC commande sur place » monte à l'issue de la procédure de réglage en cours. Les différentes actions réalisables « sur place » ne sont possibles qu'à partir de cet instant.

Un ou plusieurs indicateurs simples, situés à l'extérieur de l'enveloppe, permettent de connaître facilement la valeur de la position de réglage. Les indicateurs correspondent au niveau de tension du réseau HTA (15 kV ou 20 kV)<sup>2</sup>, qui est précisé lors de la commande. Les indicateurs peuvent être adaptés suite à un changement de niveau de tension du réseau, par une opération de maintenance de niveau 2 (selon la norme NFX 60 010).

---

<sup>2</sup> La position de réglage indique la valeur du courant inductif circulant dans l'IC lors d'un défaut monophasé franc (voir § 3.13). Elle dépend du niveau de tension du réseau HTA, 15 kV ou 20 kV ( $I = \frac{V}{Z}$ ).

### 7.3 Bornes et contacts d'entrée - sortie et filerie

Les règles de câblage entre, d'une part le contrôle commande de l'IC, et d'autre part le système d'accord automatique et le contrôle commande du poste, sont décrits dans les chapitres suivants du Guide Technique de la Distribution d'Electricité EDF (GTDE) intitulés « Tranche transformateur - Neutre Compensé : insertion SAA et cclC » :

- postes HTB/HTA du palier classique : schéma B331.2 en vigueur (tome 2. Annexe du chapitre B74.2) ;
- postes HTB/HTA du palier 86 : schéma PSAA V-02-02 en vigueur (tome 4. Annexe du chapitre B74.2).

NOTE 1 – Le schéma de câblage et la connectique du contrôle commande de l'IC est le même quel que soit le palier technique du contrôle commande du poste.

NOTE 2 – Pour l'entrée « Commande externe inhibition », quand une polarité permanente est appliquée sur cette entrée, le SAA est inhibé ; quand il n'y a pas de polarité, le SAA est actif. La gestion des commandes en/hors service inhibition est gérée dans le contrôle commande du poste.

Les contacts d'entrée sortie sont conformes à la spécification technique EDF HN 45-S-25 et de classe C.

Les éventuels circuits tension permettant de surveiller les surtensions d'origine HTB sont raccordés à leurs extrémités par des bornes IP3X; la nature de ces circuits est repérée.

### 7.4 Alimentation du contrôle commande et du circuit de puissance

a) L'alimentation du circuit puissance peut être en 230/400 V alternatif ou en courant continu : 127 V cc (palier classique) polarités isolées ou 48 V cc polarités isolées (palier 86). La puissance appelée doit être compatible avec les disjoncteurs départ disponibles dans les unités auxiliaires d'un poste source ; les caractéristiques de ces disjoncteurs sont données dans le Guide Technique de la Distribution d'Electricité, qui inclut les directives techniques de construction des postes « d ».

b) L'alimentation du contrôle commande est en 127 V cc polarités isolées (palier classique) ou en 48 V cc polarités isolées (palier 86). Elle comporte un dispositif de protection propre.

c) Seuls les circuits de type contrôle commande doivent transiter dans le contrôle commande de l'IC. En particulier, les circuits suivants ne doivent pas transiter dans le contrôle commande de l'IC:

- les circuits puissance servant à manoeuvrer les appareillages de coupure,
- les circuits alternatifs 230/400 V du poste.

NOTE – Le cas échéant, les borniers de raccordement pour l'alimentation en 230 V alternatif des résistances de chauffage et commandes des appareillages de coupure de l'IC doivent être différenciés. Les circuits correspondants doivent être séparés par nature et galvaniquement indépendants.

Ces alimentations sont galvaniquement indépendantes.

La tension d'alimentation du poste source où est placée l'IC est précisée à la commande.

Les caractéristiques de la tension d'alimentation et de l'environnement électrique du poste sont données dans la spécification HN 46-R-01, chapitres D2100 à D2300.

La consommation en veille du contrôle commande de l'IC est inférieure à 20 W.

### 7.5 Définition des signaux du contrôle commande de l'IC

Lorsque l'IC est en mode « commande automatique », elle reçoit des ordres et renvoie des informations grâce à son contrôle commande, fourni avec l'IC, dont les caractéristiques sont données ci-dessous et décrites en annexe. Pour les échanges d'informations du contrôle commande avec d'autres entités, les polarités sont fournies par l'équipement demandeur de l'information.

#### 7.5.1 Signaux reçus par le contrôle commande de l'IC

##### *Ordre « Augmente »*

Cette signalisation est émise par le système d'accord automatique et commande un changement de position de réglage de l'IC, dans le sens d'une augmentation du courant inductif (voir § 5.3.2).

##### *Ordre « Diminue »*

Cette signalisation est émise par le système d'accord automatique et commande un changement de position de réglage de l'IC, dans le sens d'une diminution du courant inductif (voir § 5.3.2).

#### 7.5.2 Signaux envoyés par le contrôle commande de l'IC

##### *Réglage en cours*

Cette signalisation, émise à destination du système d'accord automatique et du contrôle commande du poste, indique que l'impédance de compensation est en cours de modification de sa position.

Le fonctionnement normal est décrit en annexe A.

En cas d'anomalie, la signalisation «réglage en cours » retombe au plus tard au bout du temps limite de manoeuvre, cette retombée devant être suivie après 1 seconde au maximum de la montée de la signalisation « défaut équipement IC ».

##### *Position haute*

Cette signalisation, émise à destination du système d'accord automatique et du contrôle commande du poste, indique que l'impédance de compensation est dans sa position maximum (courant inductif maximal, selon § 5.3.2). Au cours d'une manoeuvre de réglage, en cas de passage intermédiaire par la position haute, la signalisation « position haute » ne doit pas être émise.

##### *Position basse*

Cette signalisation, émise à destination du système d'accord automatique et du contrôle commande du poste, indique que l'impédance de compensation est dans sa position minimum (courant inductif minimal, selon § 5.3.2). Au cours d'une manoeuvre de réglage, en cas de passage intermédiaire par la position basse, la signalisation « position basse » ne doit pas être émise.

##### *IC commande sur place*

Cette signalisation, émise à destination du système d'accord automatique et du contrôle commande du poste, indique que l'impédance de compensation est en commande sur place.

Les défauts liés à l'IC et à son contrôle commande font l'objet de deux types de surveillances conduisant à l'émission de deux signalisations différentes :

– Défaut équipement IC

Cette signalisation est émise à destination du contrôle commande du poste.

Le contact est ouvert lorsque l'alimentation est présente et qu'il n'y a pas de défaut interne au système, il se ferme dans les cas de défauts suivants:

- lorsque l'IC n'a pas réussi à exécuter correctement l'ordre de manoeuvre qui lui a été donné et se trouve donc réglée dans une position autre que celle souhaitée,
- en cas d'un défaut logiciel confirmé, après essais éventuels de relance automatique.

En cas de défaut détecté par les autotests, une et une seule réinitialisation automatique maximum toutes les 10 mn ( $\pm 5$  mn) peut être prévue.

- en cas de perte de l'alimentation continue du contrôle commande.

Le défaut doit être bloquant pour les 3 cas de défauts cités ci-dessus, c'est à dire que l'appareil reste en l'état sans envoi de nouvel ordre et nécessite une intervention sur place pour

diagnostic, et éventuellement dépannage et remise en service. La signalisation « défaut équipement IC » doit être activée dès l'apparition du défaut.

L'information « défaut équipement IC » retombe moins d'une seconde après la disparition de la ou des causes initiales.

– Anomalie équipement IC

Cette signalisation est émise à destination du contrôle commande du poste lorsqu'une fonction annexe de l'IC est défaillante sans pour autant empêcher le fonctionnement de l'IC. Cette signalisation, non bloquante, est développée à l'initiative du Constructeur et peut concerner, en particulier, les relances automatiques réussies ou la fusion des fusibles chauffage.

Les deux niveaux de surveillance « défaut équipement IC » et « anomalie équipement IC » sont à signaler en face avant du contrôle commande de l'IC.

Par ailleurs, il n'est pas utile de surveiller l'alimentation de puissance servant à la manoeuvre des interrupteurs de l'IC.

La surveillance de la boucle 4-20 mA est normalement assurée par le SAA. Cependant, il est possible de surveiller la boucle 4-20 mA par le contrôle commande de l'IC.

*Fonctionnement protection TA*

Cette signalisation est émise à destination du contrôle commande du poste :

- lors du fonctionnement de l'un des fusibles du dispositif d'interruption des circuits BT du transformateur d'accord ;
- lors du sectionnement des circuits BT du transformateur d'accord.

(Voir § 6.5.2.1).

*Réserve*

Une signalisation complémentaire est disponible.

7.5.3 Retour de position de l'impédance de compensation

Ce retour de position est fourni en permanence par l'IC au système d'accord par une boucle de courant 4-20 mA (conforme à la norme NF C 46-101 d'octobre 1984). Il s'agit d'une image de sa position. Sa valeur est de :

- 4 mA pour une compensation nulle (0 A) ;
- 20 mA pour une compensation de 1 000 A<sup>3</sup>.

L'erreur sur le courant inductif de neutre ( $I_L$ ), entre la valeur affichée (sur la plaque signalétique de l'appareil et dans le Dossier d'Identification) et la valeur retournée, ne doit pas dépasser 10 A.

**8 Fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité (FMDS)**

8.1 *Fiabilité et disponibilité*

Ce chapitre fait référence aux normes suivantes : NF X06-501, NF X 60-500, NF X 60-510, NF X 60-520 et NF X 50-500.

---

<sup>3</sup> La valeur maximale est choisie à 1000 A, pour avoir une seule plage de réglage, quel que soit le modèle de l'IC : 100 / 600 A ou 100 / 1000 A.

### 8.1.1 Objectifs

Il s'agit de fixer pour l'impédance de compensation, les taux de défaillance pour :

- les défauts internes, en particulier les défauts d'origine électrique entraînant la mise hors tension de l'appareil, les suréchauffements et déclenchement de protections de type Buchholz ou DGPT, le fonctionnement de la protection masse cuve ;
- les fuites de diélectrique ;
- les refus de fonctionnement du dispositif de manoeuvre (y compris la non prise en compte par le contrôle commande de l'IC d'ordres émis par l'opérateur ou le SAA) ;
- les fonctionnements intempestifs du dispositif de manoeuvre (y compris l'envoi d'informations erronées par le contrôle commande de l'IC).

### 8.1.2 Définitions

#### 8.1.2.1 Fiabilité

Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné. Le terme fiabilité est aussi employé comme caractéristique de la fiabilité. Il correspond alors à la probabilité pour qu'une entité accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

NOTE – Dans cette spécification, seule la fiabilité prévisionnelle est traitée. Elle est la démonstration par le Constructeur des caractéristiques de fiabilité du produit, dans le cadre de l'acceptation de type.

#### 8.1.2.2 Défaillance

Est considérée comme défaillance, tout événement attribuable à une faiblesse inhérente aux éléments de l'appareil, dans leur domaine de fonctionnement et dans la limite des performances électriques et mécaniques requises, entraînant la cession de l'aptitude de l'élément à accomplir l'une de ses fonctions.

Cette définition inclut les défaillances ou pertes temporaires des qualités de fonctionnement nécessitant ou non l'intervention d'un opérateur.

Ne sont pas comptabilisées comme défaillances:

- les défaillances causées par négligence, utilisation anormale, accident, vandalisme, non respect des instructions définies dans la notice du constructeur ;
- les défaillances dues à une modification des équipements, réalisée sans accord préalable du Constructeur.

#### 8.1.3 Exigences de fiabilité

Le Constructeur doit fournir un dossier, avant l'acceptation de type du produit, présentant une étude de fiabilité.

Cette étude porte sur la détermination des caractéristiques de fiabilité du produit pour les fonctions générales de l'IC et les objectifs définis au paragraphe 8.1.1.

Les données de base sont prises en utilisant :

- les données de retour d'expérience d'exploitation sur un parc statistiquement significatif ;
- des résultats d'essais (recherche, recherche de limites, développement, validation ou qualification) ;
- d'autres éléments tels que les spécifications et cahier des charges propres aux composants, des résultats de calcul ou simulation.

En conséquence :

- l'organisation de la collecte d'information du retour d'expérience du Fournisseur doit être présentée ;

- le parc des produits faisant l'objet du retour d'expérience doit être décrit. Il sera précisé en particulier :
  - les Utilisateurs, les types de produits et leur quantité par Utilisateur ;
  - une comparaison, entre les produits qui font l'objet du retour d'expérience et le produit présenté, doit être réalisée sur les plans de la conception et du mode de réalisation, avec un niveau de détail requis pour l'étude de fiabilité.

L'étude de fiabilité doit comporter deux aspects, un aspect qualitatif et un aspect quantitatif.

#### 8.1.3.1 *Aspect qualitatif*

Cette partie de l'étude doit s'appuyer sur une analyse fonctionnelle et comporter :

- une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) en conformité avec la norme CEI 60812,
- et / ou une analyse d'arbres de pannes suivant la norme CEI 61025,
- et / ou toute autre méthode normalisée, adaptée à l'étude particulière concernée.

#### 8.1.3.2 *Aspect quantitatif*

Pour le matériel électromécanique, l'objectif principal recherché par EDF est la connaissance des points faibles du matériel et du poids relatif des sous ensembles dans la fiabilité globale.

Pour les matériels électroniques, le Constructeur utilisera la référence MIL-HDBK217 ou le recueil de données de fiabilité du CNET (RDF93), pour déterminer la fiabilité de son matériel.

Le Constructeur doit démontrer que son matériel est apte à atteindre les objectifs de fiabilité ci-après.

##### 8.1.3.2.1 *Durée de vie*

Dans les conditions normales d'exploitation, la durée de vie utile de l'IC est de 30 ans. La durée de vie utile de son contrôle commande est de 15 ans.

##### 8.1.3.2.2 *Défauts internes*

Le niveau de fiabilité de référence est de  $5 \times 10^{-7}$  par heure de fonctionnement.

##### 8.1.3.2.3 *Fuite de diélectrique*

Le niveau de fiabilité de référence est de  $5 \times 10^{-7}$  par heure de fonctionnement.

##### 8.1.3.2.4 *Refus de fonctionnement du dispositif de manoeuvre*

Le niveau de fiabilité de référence est de  $10^{-4}$  par demande.

##### 8.1.3.2.5 *Fonctionnement intempestif du dispositif de manoeuvre*

Le niveau de fiabilité de référence est de  $10^{-4}$  par an.

#### 8.1.4 *Fiabilité opérationnelle*

Le nombre de défaillances est déterminé par le retour d'expérience de l'Utilisateur, en collaboration avec le service après vente du Constructeur. La période d'observation est de 1 an.

#### 8.2 *Maintenabilité*

Le fusible de protection des circuits BT du transformateur d'accord peut être remplacé, lors d'une opération de maintenance de 2ème niveau (selon la norme NF X 60-010).

Le contrôle commande de l'IC peut être remplacé, en cas de panne, lors d'une opération de maintenance de 3ème niveau (selon la norme NF X 60-010).

### 8.3 Comportement en cas de panne

Toute anomalie dans l'exécution d'un ordre de manoeuvre est repérée et signalée par le contrôle commande de l'IC.

La cause de fonctionnement des signalisations « défaut équipement IC » et « anomalie équipement IC » est indiquée en face avant du contrôle commande de l'IC.

Dans le cas d'un échec de la manoeuvre de réglage, l'IC se bloque. Lors de l'intervention de l'opérateur au poste source, le contrôle commande est mis hors tension. A la remise sous tension, le contrôle commande réinitialise les paramètres et la signalisation « défaut équipement IC » disparaît. L'opérateur peut alors se positionner en mode « commande sur place » et effectuer une recherche (passage de prises) dans le but de localiser l'origine du défaut.

En cas de panne interne, le contrôle commande de l'IC n'envoie pas d'ordre intempestif et s'inhibe.

En cas de perte de l'alimentation continue ou alternative du contrôle commande ou du circuit de puissance, l'IC reste dans la position où elle était initialement. De même, lors du retour de l'alimentation, la position de l'impédance de compensation ne change pas (sauf en cas de déclenchement d'une procédure d'accord).

Une fonction auto-surveillance et une aide au diagnostic des pannes peuvent être présentes dans l'IC.

## 9 Plaque signalétique

Type d'appareil: Impédance de Compensation

Installation extérieure

Constructeur :      n°:              année de construction :

Tension assignée:  $U_N = 21,4$  kV

Fréquence assignée:  $f_N = 50$  Hz

Bornes de la plage de réglage du courant de neutre              (pour un réglage de type continu)

Liste des pas de réglage du courant de neutre              (pour un réglage de type discret)<sup>4</sup>

Valeur du courant actif

Temps de réglage

Précision du réglage

Courant permanent maximal dans le neutre

Schéma et couplage des enroulements

Régime de fonctionnement normalisé

Type de refroidissement

Nature du diélectrique

Masse du diélectrique

Masse totale

Transformateur d'Accord

- Rapport de transformation: 12000 / 480 V (tolérance maximum 0,2%).
- Courant magnétisant:
- Impédance de court-circuit (ramenée à la température de référence de 75°C).
- Facteur de surtension :  $1,9 V_N$ , pour une durée de 10 secondes.

Alimentation du contrôle commande

Alimentation du circuit de puissance

Numéro, date de la spécification technique EDF

<sup>4</sup> Les bornes ou la liste des pas de réglage du courant de neutre sont à donner pour les deux tensions d'utilisation : 15 kV et 20 kV.

## 10 Documentation

La documentation technique fournie à EDF est en langue française et comprend les dossiers suivants :

- guide Utilisateur,
- dossier d'identification,
- dossier d'aptitude.

Le guide Utilisateur comporte les indications nécessaires à l'installation, l'utilisation, l'entretien, la maintenance et la fin de vie du matériel. En particulier, le Fournisseur met à disposition de l'Utilisateur une méthode lui permettant de mesurer facilement, et avec des moyens conventionnels, les valeurs de courant de neutre inductif  $I_L$  et de courant de neutre résistif  $I_r$ , lui permettant de déterminer in situ si l'IC est opérationnelle ou non, et ceci quelle que soit la position de réglage de l'IC. Le Fournisseur précise dans sa méthode les différentes procédures à réaliser et indique les caractéristiques des matériels à utiliser.

Le dossier d'identification caractérise le modèle proposé par le Constructeur, répondant à la présente spécification. Il fournit tous les éléments nécessaires à la connaissance du matériel concerné et la vérification de l'identité des différents exemplaires d'un même modèle.

Le dossier d'aptitude comprend :

- l'étude de fiabilité du matériel ;
- un dossier d'essais, qui comprend les résultats d'essais effectués par le Fournisseur; ces essais, pour être pris en compte lors de la qualification, doivent être réalisés et présentés selon des règles définies entre EDF et le Fournisseur.

L'annexe B donne des précisions sur le contenu du guide Utilisateur et du dossier d'identification.

Ces dossiers sont remis en 3 exemplaires à EDF.

Cette documentation ne couvre pas les documents relatifs aux procédures d'Assurance Qualité, qui font l'objet d'une demande EDF spécifique.

## 11 Contrôles et essais

### 11.1 Généralités

Les essais doivent être effectués conformément aux modalités prévues dans la norme NF C 52-100, sauf modifications ou compléments indiqués dans les paragraphes suivants.

Conformément à la norme NF C 52-100, il est prévu des essais individuels et des essais de type.

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

#### 11.1.1 Essais individuels

Les essais individuels comprennent :

1. Essai du dispositif de manoeuvre en mode commande sur place et en mode commande automatique,
2. Mesure de  $L_\omega$  et R sous tension homopolaire réduite,
3. Mesure des caractéristiques électriques du transformateur d'accord,
4. Mesure des pertes et du courant à vide de l'IC,
5. Essai diélectrique en tension induite
6. Essais diélectriques en tension appliquée.

### 11.1.2 *Essais de type*

Les essais de type sont effectués dans l'ordre indiqué ci-dessous, sur un même appareil.

Le prototype en essai doit être équipé de manière complète. De plus, pour la réalisation de certains essais, le transformateur d'accord doit pouvoir être déconnecté au primaire.

Après accord d'EDF, les essais d'endurance du dispositif de manoeuvre et les essais du contrôle commande de l'IC peuvent être réalisés sur un prototype différent de celui utilisé pour les autres essais. Les essais du revêtement des surfaces extérieures sont effectués sur des échantillons, à définir entre le Constructeur et EDF.

Les essais de type comprennent :

1. Vérification des dispositions constructives ;
2. Essai du dispositif de manoeuvre en mode commande sur place et en mode commande automatique ;
3. Mesure de  $L\omega$  et R sous tension homopolaire réduite ;
4. Mesure de  $L\omega$  et R sous la pleine tension homopolaire ;
5. Mesure du taux de courants harmoniques généré ;
6. Mesure des caractéristiques électriques du transformateur d'accord ;
7. Mesure des pertes et du courant à vide de l'IC ;
8. Essais de tenue aux efforts électrodynamiques ;
9. Mesure des caractéristiques électriques du transformateur d'accord ;
10. Mesure des pertes et du courant à vide de l'IC ;
11. Essais d'échauffement ;
12. Essais diélectriques ;
13. Essais d'endurance mécanoclimatique du dispositif de manoeuvre ;
14. Essais du contrôle commande de l'impédance de compensation ;
15. Décuvage ;
16. Essais du revêtement des surfaces extérieures.

### 11.2 *Vérification des dispositions constructives et essai du dispositif de manoeuvre*

La conformité du matériel aux dispositions constructives est vérifiée et, en particulier, les points suivants :

- fonctionnement du dispositif de manoeuvre et temps de manoeuvre maximal,
- encombrement et masse de l'IC,
- raccordement de l'IC,
- mise à la terre de l'enveloppe,
- indice de protection (IP et IK),
- manutention,
- protection des circuits BT.

#### *Essai du dispositif de manoeuvre*

Cet essai est réalisé avec l'IC en mode « commande sur place », puis en mode « commande automatique » en simulant les ordres émis par un système d'accord.

Partant d'une position de réglage extrême, on amène l'IC à l'autre position extrême en lui faisant parcourir :

- l'ensemble de ses positions de réglage, dans le cas d'une IC à réglage discret ;
- 10 positions de réglage, dans le cas d'une IC à réglage continu.

La même opération est ensuite effectuée à nouveau dans l'autre sens.

Puis, dans le cas d'une IC à réglage discret, on l'amène à l'autre position extrême en faisant parcourir 2 positions de réglage, puis 3, puis 4, etc. La même opération est effectuée à nouveau dans l'autre sens.

#### *Essai spécifique à une IC à réglage discret*

Cet essai, spécifique aux IC à réglage discret, a pour but de vérifier le comportement de l'IC en cas de défaillance d'un de ses dispositifs de commutation.

L'essai suivant est effectué pour chaque dispositif de commutation à tour de rôle :

On bloque en position ouverte un des dispositifs de commutation. On envoie ensuite à l'IC un ordre de changement de position, sensé l'amener dans la configuration où seul le dispositif de commutation précédent est en position fermée.

L'IC ne doit pas atteindre cette position et doit rester dans sa plage de réglage fixée (voir § 5.3.1). La signalisation « défaut équipement IC » doit monter à 1.

### 11.3 *Mesure de $L_w$ et $R$ sous tension homopolaire réduite*

#### *Exécution*

On applique entre les 3 bornes de lignes réunies ensemble et la borne de terre une tension alternative réduite inférieure ou égale à 220 V (50 Hz).

#### *Mesure*

On mesure les grandeurs suivantes : tension, courant, puissance active, puissance réactive, puissance apparente.

Pour un réglage de type continu on mesure ces grandeurs pour 15 points répartis linéairement sur la course.

Pour un réglage de type discret on mesure ces grandeurs pour chaque pas utile.

On en déduit les caractéristiques :

$$L\omega = f(\text{course}) \text{ et } R = f(\text{course}) \quad \text{ou} \quad L\omega = f(\text{pas}) \text{ et } R = f(\text{pas})$$

On mesure également pour chaque point sélectionné la valeur retournée par la boucle de retour de position de l'IC (voir § 7.5.3).

### 11.4 *Mesure de $L_w$ et $R$ sous la pleine tension homopolaire*

#### *Exécution*

On applique sur les trois bornes de lignes une tension triphasée équilibrée, non référencée à la terre, égale à la tension assignée de l'IC. On enclenche ensuite une des bornes de ligne avec la terre, de manière à obtenir un courant homopolaire symétrique.

#### *Mesure*

On mesure la tension homopolaire à partir des trois tensions de ligne et le courant homopolaire.

Pour un réglage de type continu, on mesure ces grandeurs pour les 15 points sélectionnés pour la mesure sous tension réduite.

Pour un réglage de type discret on mesure ces grandeurs pour chaque pas utile.

On en déduit les caractéristiques :

$$L'\omega = f(\text{course}) \text{ et } R' = f(\text{course}) \text{ ou } L'\omega = f(\text{pas}) \text{ et } R' = f(\text{pas})$$

On mesure également pour chaque point sélectionné la valeur retournée par la boucle de retour de position de l'IC (voir § 7.5.3).

#### *Sanction*

Les valeurs prises par  $L\omega$ ,  $L'\omega$ ,  $R$ ,  $R'$  sont telles que les caractéristiques de réglage souhaitées (§ 5.3) soient vérifiées.

La mesure sur chacune des positions pour lesquelles la valeur calculée de  $I_{\text{défaut}}$  est supérieure à 40 A est renouvelée 2 fois.

Si la moyenne de ces 3 valeurs calculées de  $I_{\text{défaut}}$  est :

- **inférieure à 41 A**: le résultat de l'essai pour la position concernée est satisfaisant ;
- **supérieure à 41 A, avec une seule des trois valeurs comprise entre 41 A et 42 A** : le résultat de l'essai pour la position concernée est satisfaisant;
- **supérieure à 41 A, avec deux ou trois valeurs comprises entre 41 A et 42 A ou avec une valeur supérieure à 42 A** : le résultat de l'essai pour la position concernée n'est pas satisfaisant.

Les résultats des essais doivent être satisfaisants pour toutes les positions de l'IC.

#### 11.5 *Mesure du taux de courants harmoniques généré*

##### *Exécution*

L'IC est réglée à son impédance minimale. On applique sur les 3 bornes de ligne de l'IC une tension triphasée équilibrée, non référencée à la terre, égale à la tension assignée de l'IC. On enclenche ensuite de manière symétrique une des trois bornes de ligne avec la terre. On mesure le taux de courants harmoniques généré.

##### *Sanction*

Le taux de courants harmoniques doit être inférieur au niveau indiqué au § 5.4.2.

#### 11.6 *Mesure des caractéristiques électriques du transformateur d'accord*

Ces mesures concernent le rapport de transformation, l'impédance de court-circuit, les pertes et courant à vide du transformateur d'accord. Elles sont effectuées conformément à la norme CEI 60076-1.

Pour la réalisation de ces essais, le transformateur d'accord est déconnecté du reste de l'IC.

#### 11.7 *Mesure des pertes et du courant à vide*

L'IC est alimentée par sa tension assignée en régime équilibré.

Les pertes et le courant à vide sont mesurés conformément à la norme CEI 60076.1 chapitre 10.5.

#### 11.8 *Essais de tenue aux efforts électrodynamiques*

##### *Exécution*

On alimente l'IC entre les 3 bornes de ligne réunies et la borne de terre.

Le courant symétrique circulant dans le neutre est égal au courant de neutre assigné.

La valeur de courant crête à appliquer est calculée à partir des caractéristiques résistives et inductives de l'IC, ramenées à une température de -25°C.

Cet essai est répété 500 fois, avec une périodicité compatible avec la classe thermique du matériel. La durée de l'essai est de 100 ms ( $\pm 10\%$ ). L'IC est réglée à son impédance minimale pour ces essais.

En plus, dans le cas d'une IC dont la partie impédance variable est composée de plusieurs enroulements connectables, 10 essais sont effectués sur chaque enroulement, connecté individuellement à tour de rôle.

#### *Mesures et vérifications*

##### Pendant les essais :

Enregistrement des tensions et des courants, afin de vérifier la constance de la première crête de courant et du courant en régime symétrique.

La tolérance sur la crête de courant est de 5 %.

La tolérance sur le courant symétrique est de 10 %.

##### A la fin des essais :

- mesure de la variation d'inductance de neutre L pour déceler des déformations permanentes. Pour permettre cette mesure d'inductance de neutre, on déconnecte le transformateur d'accord ;
- mesure du courant magnétisant pour déceler les courts-circuits entre spires ou les déplacements du circuit magnétique ;
- examen extérieur après décuvage<sup>5</sup> ;
- éventuellement, examen détaillé après démontage total.

Cet examen est réalisé si des anomalies ont été constatées, lors des mesures de réactance ou de courant magnétisant, et n'ont pas été expliquées par l'examen extérieur, après décuvage.

#### *Sanctions*

L'appareil est déclaré satisfaisant du point de vue tenue aux efforts électrodynamiques si on ne constate ni déplacement, ni déformation des enroulements, calages, connexions.

La variation d'inductance ne doit pas dépasser 2 %, conformément à la publication CEI 60076-5, § 2.2.6.

#### 11.9 Essais d'échauffement

Pour les essais d'échauffement, l'IC est réglée à son impédance minimale.

La mesure de la température de l'huile est effectuée à l'aide d'un doigt de gant, de la fourniture du Constructeur.

##### 11.9.1 *Essais d'échauffement stade a*

#### *Exécution*

Les essais sont effectués conformément à la norme CEI 60076-2, chapitre 5.2.

##### Première méthode :

L'essai est réalisé dans l'ordre ci-après.

##### a) Injection du courant homopolaire permanent.

L'IC est alimentée en mode homopolaire, les trois bornes de ligne réunies, à une tension de 6 % de  $U_n/\sqrt{3}$ . On mesure les pertes Joule dans les enroulements.

---

<sup>5</sup> Le décuvage est effectué à la fin de tous les essais de types (voir § 11.1.2).

b) Injection des pertes totales.

La valeur de la tension est ensuite augmentée, de telle sorte que la puissance active mesurée soit égale aux pertes totales (somme des pertes Joule mesurées précédemment et des pertes à vide mesurées lors de l'essai du § 11.7). La tension est maintenue jusqu'à la stabilisation thermique. On mesure l'échauffement de l'huile au sommet et la température moyenne de l'huile.

c) Injection du courant homopolaire permanent.

La tension est ensuite ramenée à 6 % de  $U_N/\sqrt{3}$ , pendant 1 heure. La température de l'huile décroît alors; on mesure cette température moyenne. On mesure la décroissance de la résistance des enroulements entre deux bornes de ligne, pour en déduire l'échauffement moyen des enroulements. Cette valeur est augmentée de l'écart entre la température moyenne d'huile à ce moment et celle mesurée aux pertes totales: on obtient ainsi l'échauffement moyen des enroulements dû au stade a.

NOTES :

1. En pratique, la température d'huile, qui est mesurée par un doigt de gant, est la température d'huile au sommet. On considère que la température d'huile moyenne est égale à 80 % de la température d'huile au sommet (d'après la publication CEI 60076-2, § 5.3.2).
2. Pour permettre la mesure de résistance des enroulements, on déconnecte le transformateur d'accord.

Deuxième méthode :

L'essai et les mesures d'échauffement peuvent également être effectués par une méthode d'opposition, en superposant à la tension assignée  $U_N$ , triphasée équilibrée, une tension homopolaire de  $0,06 U_N/\sqrt{3}$ .

*Sanction*

L'échauffement de l'huile au sommet, mesuré aux pertes totales, doit être inférieur aux valeurs prescrites par la CEI 60076.2 chapitre 4.

L'échauffement moyen des enroulements, dû au stade a, doit être inférieur aux valeurs prescrites par la CEI 60076.2 chapitre 4.

11.9.2 *Essais d'échauffement stade b*

*Exécution*

L'IC est réglée à son impédance minimale.

On applique sur les trois bornes de lignes une tension triphasée équilibrée, non référencée à la terre, égale à la tension assignée de l'IC. On enclenche ensuite de manière symétrique une des bornes de ligne (borne B ou C) avec la terre, pendant une durée de 10 secondes.

L'essai peut également être effectué en appliquant sur les trois bornes de ligne réunies ensemble, une tension de  $U_N/\sqrt{3}$  pendant 10 s.

On mesure la décroissance de la résistance des enroulements entre deux bornes de ligne, et on en déduit leur échauffement à la fin du stade b, pour une température ambiante de 40 °C.

NOTE – Pour permettre la mesure de résistance des enroulements, on déconnecte le transformateur d'accord.

*Sanction*

Si l'IC est immergée dans l'huile, la somme de l'échauffement permanent dû au stade a et de l'échauffement résultant du stade b doit être inférieure à 120 K conformément à la CEI 60289 chapitre 47.

### 11.9.3 *Calcul des échauffements*

Un calcul des échauffements subis par les différents enroulements, dans les configurations provoquant la plus forte densité de courant pour chacun des enroulements, est effectué par le Constructeur et fourni à EDF. Les calculs tiennent compte des deux régimes de fonctionnement, stade a et stade b.

Le cas échéant, un essai supplémentaire d'échauffement est réalisé, après concertation entre EDF et le Constructeur.

### 11.10 *Essais diélectriques*

Ces essais sont effectués conformément aux publications 60076-3 et 60289 de la CEI.

#### 11.10.1 *Essai aux ondes de choc*

L'onde de choc appliquée est l'onde normalisée 1,2/50  $\mu$ s. La tension est de polarité négative; sa valeur est celle définie au § 5.4.1. L'IC est réglée à une position intermédiaire entre ses deux positions de réglage extrêmes.

Trois chocs sont appliqués successivement sur chacune des trois bornes de ligne. Les deux autres bornes de ligne, la borne de terre, les circuits magnétiques et la cuve sont reliés à la terre.

#### 11.10.2 *Essai de tenue diélectrique en tension appliquée*

##### 11.10.2.1 *Essai en tension appliquée des éléments MT*

###### *Procédure d'essai*

L'essai est effectué en tension alternative monophasée.

La tension est appliquée entre :

- d'une part, les trois bornes de ligne et la borne de terre (tous les éléments MT connectés et court-circuités) ;
- d'autre part, le secondaire du transformateur d'accord, les circuits magnétiques et la cuve, reliés à la terre.

###### *Valeurs d'essai*

Fréquence : 50 Hz.

Tension : 50 kV eff.

Durée d'application : 1 min.

##### 11.10.2.2 *Essai en tension appliquée des éléments BT*

###### *Procédure d'essai*

L'essai est effectué en tension alternative monophasée.

La tension est appliquée entre :

- d'une part, le secondaire du transformateur d'accord (les deux bornes connectées et court-circuitées).
- d'autre part, les éléments MT tous connectés, les circuits magnétiques et la cuve reliés à la terre.

###### *Valeurs d'essai*

Fréquence : 50 Hz.

Tension : 3 kV eff.

Durée d'application : 1 min.

### 11.10.3 Essai de tenue diélectrique en tension induite

#### 11.10.3.1 Essai en tension induite des éléments triphasés

##### *Procédure d'essai*

Une des deux bornes secondaires du transformateur d'accord est connectée et reliée à la terre.

La borne de terre, les circuits magnétiques et la cuve sont reliés à la terre.

Une tension triphasée équilibrée, non référencée à la terre, est appliquée sur les trois bornes de ligne MT.

##### *Valeurs d'essai*

Fréquence et durée d'application : conforme à la CEI 60076-3.

Tension : 2,5 fois la tension assignée (tension efficace entre phases).

#### 11.10.3.2 Essai en tension induite des éléments monophasés

##### *Procédure d'essai*

Une des deux bornes secondaires du transformateur d'accord est connectée et reliée à la terre.

Les circuits magnétiques et la cuve sont reliés à la terre.

La tension est appliquée entre, d'une part, les trois bornes de ligne MT reliées entre elles, et d'autre part, la terre. Les éléments MT sont tous connectés.

##### *Valeurs d'essai*

Fréquence et durée d'application : conforme à la CEI 60076-3.

Tension: 2,5 fois la pleine tension homopolaire ( $2,5 U_N / \sqrt{3}$ ).

Si l'essai par tension induite n'est pas réalisable, il sera remplacé par un essai au choc de foudre (selon la CEI 60289, § 50.8) ou par tout autre essai représentatif, après accord entre le Constructeur et EDF.

### 11.11 Essais d'endurance mécano-climatique du dispositif de manoeuvre

Les essais sont effectués sur l'IC complète. Les essais climatiques ne concernent pas le contrôle commande de l'IC, si celui-ci est destiné à être installé dans le bâtiment de relaying (voir § 7.1).

Au cours de ces essais, l'IC est en mode « commande automatique » (voir § 7.2). Les commandes de l'IC sont effectuées, en simulant des ordres émis par un système d'accord extérieur.

Les essais sont effectués sur chaque dispositif de commutation d'un gradin de réglage (disjoncteur, interrupteur,...).

Dans le cas d'une IC à réglage continu, les essais sont effectués sur son moteur en lui faisant parcourir toute la plage de réglage.

On appelle cycle aller retour, la manoeuvre suivante : partant d'une position de réglage extrême (réactance minimale ou maximale), l'I.C. est amenée jusqu'à son autre position de réglage extrême, en parcourant toute la plage de compensation. L'I.C. est ensuite ramenée à sa position de réglage initiale, en parcourant la plage de compensation dans l'autre sens.

On appelle cycle aller simple, la manoeuvre suivante : partant d'une position de réglage extrême (réactance minimale ou maximale), l'I.C. est amenée jusqu'à son autre position de réglage extrême, en parcourant toute la plage de compensation.

#### 11.11.1 *Essais d'endurance mécanique*

L'essai est réalisé à la température ambiante.

##### Essai sur les dispositifs de commutation

5 000 cycles : C -  $t_a$  - O ( $t_a$  est une durée inférieure à 1 min, à préciser par le Constructeur).

Les cycles sont espacés d'une durée inférieure à une minute, à préciser par le Constructeur.

##### Cas d'une IC à réglage continu

On effectue 4 séries de 50 cycles aller retour. Deux cycles sont espacés de 5 min. au maximum. Deux séries sont espacées de 30 min. au maximum.

#### 11.11.2 *Essais à basse température*

L'essai se déroule de la manière suivante :

a) Les dispositifs de commutation sont en position fermée. Dans le cas d'une IC à réglage continu, celle-ci est placée dans une position de réglage extrême (réactance minimale ou maximale).

La température de l'air est abaissée à - 25 °C et maintenue pendant 24 heures.

b) Après avoir été soumis pendant 24 h à - 25 °C, les dispositifs de commutation sont ouverts puis fermés. Dans le cas d'une IC à réglage continu, celle-ci est amenée à son autre position de réglage extrême.

c) Les dispositifs de commutations sont ouverts. L'IC est laissée dans cette position pendant 24 h à - 25 °C.

d) A l'issue de la période des 24 h, 50 manoeuvres de fermeture et 50 manoeuvres d'ouverture sont effectuées sur les dispositifs de commutation. Dans le cas d'une IC à réglage continu, 5 cycles aller retour sont effectués.

e) La température de l'air est ensuite élevée à la température de l'air ambiant, avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.

Pendant cette période de variation de température, les dispositifs de commutation sont soumis à des manoeuvres alternées, C -  $t_a$  - O et O -  $t_a$  - C ( $t_a$  est une durée inférieure à 1 min, à préciser par le Constructeur). Dans le cas d'une IC à réglage continu, 1 cycle aller simple est effectué toutes les 30 min. Il convient d'effectuer les séquences de manoeuvre alternées de 30 min, afin que les dispositifs de sélection restent dans les positions d'ouverture et de fermeture entre les séquences de manoeuvre.

f) Après stabilisation thermique, les dispositifs de commutation sont ouverts puis fermés. Dans le cas d'une IC à réglage continu, un cycle aller simple est effectué.

#### 11.11.3 *Essais à haute température*

L'essai se déroule de la manière suivante :

a) Les dispositifs de commutation sont en position fermée. Dans le cas d'une IC à réglage continu, celle-ci est placée dans une position de réglage extrême (réactance minimale ou maximale).

La température de l'air est portée à + 40 °C et maintenue pendant 24 heures.

b) Après avoir été soumis pendant 24 h à + 40 °C, les dispositifs de commutation sont ouverts puis fermés. Dans le cas d'une IC à réglage continu, celle-ci est amenée à son autre position de réglage extrême.

c) Les dispositifs de commutations sont ouverts. L'IC est laissée dans cette position pendant 24 h à + 40 °C.

d) A l'issue de la période des 24 h, 50 manoeuvres de fermeture et 50 manoeuvres d'ouverture sont effectuées sur les dispositifs de commutation. Dans le cas d'une IC à réglage continu, 5 cycles aller retour sont effectués.

e) La température de l'air est ensuite ramenée à la température de l'air ambiant, avec une vitesse de variation d'environ 10 K par heure.

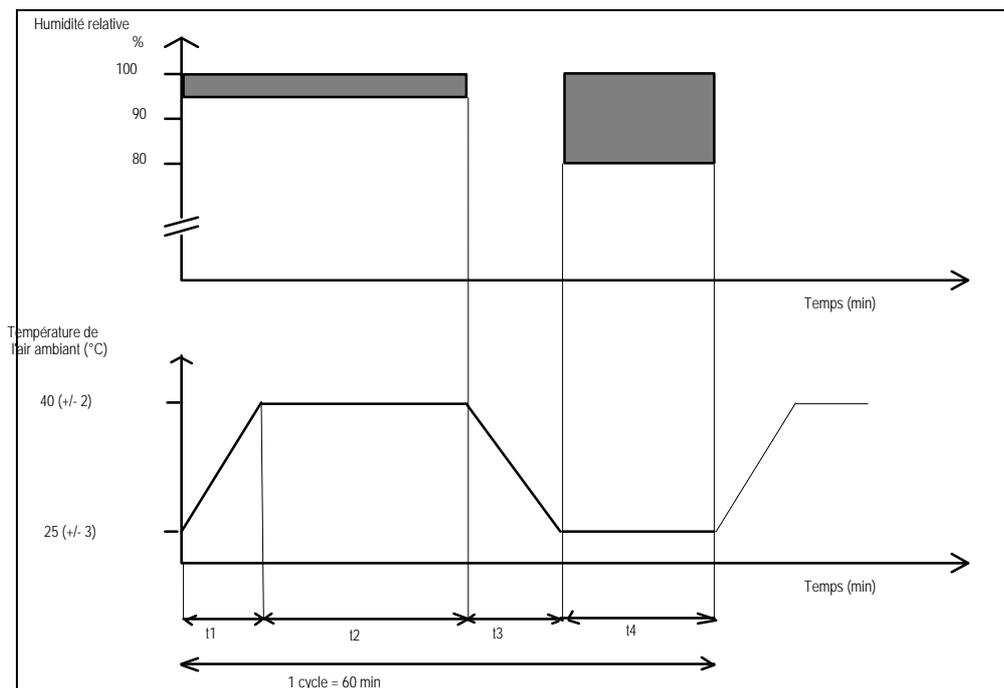
Pendant cette période de variation de température, les dispositifs de commutation sont soumis à des manoeuvres alternées, C -  $t_a$  - O et O -  $t_a$  - C ( $t_a$  est une durée inférieure à 1 min, à préciser par le Constructeur). Dans le cas d'une IC à réglage continu, 1 cycle aller simple est effectué toutes les 30 min. Il convient d'effectuer les séquences de manoeuvre alternées de 30 min, afin que les dispositifs de sélection restent dans les positions d'ouverture et de fermeture entre les séquences de manoeuvre.

f) Après stabilisation thermique, les dispositifs de commutation sont ouverts puis fermés. Dans le cas d'une IC à réglage continu, un cycle aller simple est effectué.

#### 11.11.4 Essais à l'humidité

L'I.C. est placée dans une chambre d'essai contenant de l'air brassé dans laquelle les conditions de température et d'humidité sont les suivantes :

- la température de la salle subit des variations cycliques de  $25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  conformément à la figure ci-après ;
- l'humidité relative à l'intérieur de la salle est constamment supérieure à 95 % pendant la montée de température et pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à  $+ 40 \text{ }^\circ\text{C}$  ;
- aucune valeur d'humidité relative n'est spécifiée pendant la descente de la température, par contre l'humidité doit être supérieure à 80 % pendant la durée au cours de laquelle la température est maintenue à  $+ 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Figure 4 – Variations cycliques de température et d'humidité pour l'essai à l'humidité**

L'air doit être brassé afin de rendre homogène la répartition d'humidité dans la salle.

L'eau utilisée pour créer l'humidité doit être telle que l'eau recueillie dans la salle ait une résistivité supérieure ou égale à  $100 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$  et ne contienne ni sel (NaCl), ni élément corrosif.

Le nombre de cycles est de 350. Si l'IC comporte un dispositif de chauffage, 50 % des cycles sont effectués avec ce dispositif en service et 50 % avec ce dispositif hors service.

Après l'essai, les caractéristiques de fonctionnement du dispositif de manoeuvre doivent demeurer inchangées. Les circuits auxiliaires et de commande doivent tenir une tension à fréquence industrielle de 1 500 V pendant 1 min. Il convient d'indiquer dans le rapport d'essai le degré éventuel de corrosion.

#### 11.12 *Essais du contrôle commande de l'impédance de compensation*

Les essais décrits ci-après ne concernent que le contrôle commande de l'IC.

##### 11.12.1 *Conditions générales pour les essais*

Les conditions atmosphériques et les conditions de référence correspondent à celles préconisées par la norme CEI 61131-2.

##### 11.12.1.1 *Conditions de référence*

Sauf indication contraire, les essais sont effectués dans les conditions de référence dont les valeurs, pour chaque grandeur ou facteur d'influence, sont données ci-après :

plage de température	15 à 35°C.
humidité relative	45% à 75%
pression atmosphérique	86 à 106 kPa.
alimentation	tension et fréquence assignées.
sorties	sorties avec charge nominale.

##### 11.12.1.2 *Classification des essais*

Les essais proposés dans ce paragraphe sont regroupés de la façon suivante :

- essais initiaux,
- essais aux limites d'emploi fonctionnel,
- essais permettant l'appréciation du comportement dans le temps,
- essais finaux.

##### *But des essais initiaux :*

Ces essais ont pour objet de mesurer les principales caractéristiques constructives et fonctionnelles *du matériel à l'état neuf*, en particulier celles retenues comme critères de comportement dans le temps dont le contrôle est repris au cours de la séquence des essais.

##### *But des essais aux limites d'emploi fonctionnel :*

Ces essais ont pour objet de vérifier certaines composantes de l'intégrité et la sûreté du matériel, c'est-à-dire que :

- dans le domaine nominal de chaque grandeur d'influence variant seule, les caractéristiques fonctionnelles restent à l'intérieur des valeurs limites spécifiées,
- dans le domaine limite de chaque grandeur d'influence variant seule, le matériel alimenté est apte à en supporter les contraintes et que les caractéristiques fonctionnelles contrôlées après retour dans le domaine nominal restent à l'intérieur des valeurs limites spécifiées.

*But des essais d'appréciation du comportement dans le temps :*

Ces essais ont pour objet de vérifier une autre composante de la sûreté du matériel. Ils permettent d'une part d'estimer la robustesse, la qualité de fabrication et de mettre en évidence les points faibles du matériel en effectuant des essais conventionnels et d'autre part d'appréhender le vieillissement du matériel par le cumul des essais conventionnels et en réalisant un essai de mise sous tension prolongée.

*But des essais finaux :*

Ces essais ont pour objet de vérifier certaines caractéristiques du matériel à l'issue de la séquence d'essais d'appréciation du comportement dans le temps.

11.12.1.3 *Ordre de succession des essais*

Outre l'examen visuel initial et l'analyse de la liste des composants électroniques utilisés, le spécimen de qualification subira les essais récapitulés dans le tableau ci-après et dans l'ordre indiqué. Cependant les essais « caractéristiques fonctionnelles » et « limites d'emploi fonctionnel » peuvent être effectués dans un ordre quelconque à l'intérieur de leur famille d'essais respective.

Il est possible de répartir cette file d'essais sur deux exemplaires du matériel : un premier spécimen subit l'ensemble des essais sauf les essais de comportement dans le temps, un deuxième spécimen subit uniquement les essais relatifs à la sécurité des personnes et des biens, suivis des essais de comportement dans le temps, puis des essais finaux.

<b>Essais à réaliser</b>	<b>Paragraphe(s)</b>
<b>Essais initiaux</b>	11.12.3
Examen visuel	11.12.3.1
Analyse de liste de composants	11.12.3.2
Essais relatifs à la sécurité des personnes et des biens	11.12.3.3
Court-circuit sur les sorties	11.12.3.4
Caractéristiques fonctionnelles	11.12.3.5 et 11.12.3.6
<b>Essais aux limites d'emploi fonctionnel</b>	11.12.4
Influence de la température ambiante	11.12.4.1
Influence sur l'alimentation	11.12.4.2
Essais de compatibilité électromagnétique	11.12.4.3
Essai de robustesse mécanique : vibrations	11.12.5
<b>Essais finaux</b>	
Essai diélectrique	11.12.3.3.3
Examen visuel	11.12.3.1
Contrôle du bon fonctionnement	11.12.2

11.12.1.4 *Cas du contrôle commande installé en bâtiment*

Lorsque le contrôle commande est installé en bâtiment et n'est pas attenant à l'IC, les entrées/sorties qui relient l'IC et le contrôle commande sont testées au même titre que toute autre entrée/sortie du contrôle commande (essais diélectriques, essais de CEM...). Pour les essais, on utilise le câble de raccordement référencé dans le Dossier d'Identification et fourni par le Constructeur.

### 11.12.2 *Contrôle de bon fonctionnement*

Au cours des essais, on souhaite généralement vérifier que le contrôle commande de l'IC n'est pas perturbé dans son fonctionnement par la contrainte extérieure appliquée. Le « contrôle de bon fonctionnement » contient les tests à réaliser.

#### 11.12.2.1 *Cas d'une impédance à réglage discret*

##### *Modalités*

On place l'impédance en position basse à 100 A. On injecte sur l'entrée « augmente » (ordre en provenance du système d'accord) 10 créneaux de tension respectant le gabarit 300 ms haut/100 ms bas (durée totale 4 secondes).

Tout au long de l'essai, on observe l'ensemble des sorties du contrôle commande de l'IC (réglage en cours, position haute, position basse, IC commande sur place, boucle de retour 4-20 mA, anomalie équipement IC, défaut équipement IC).

##### *Sanctions*

L'information « position basse » doit disparaître au moment du réglage.

La position finale de l'impédance doit correspondre à l'ordre émis. L'impédance ne doit émettre aucune sortie intempestive.

#### 11.12.2.2 *Cas d'une impédance à réglage continu*

##### *Modalités*

On place l'impédance en position basse à 100 A. On injecte sur l'entrée « augmente » (ordre en provenance du système d'accord) un signal haut maintenu pendant 4 secondes environ.

Tout au long de l'essai, on observe l'ensemble des sorties du contrôle commande de l'IC (réglage en cours, position haute, position basse, IC commande sur place, boucle de retour 4-20 mA, anomalie équipement IC, défaut équipement IC).

##### *Sanctions*

L'information « position basse » doit disparaître au moment du réglage.

On vérifie que « réglage en cours » est émis moins de 100 ms après le début de l'ordre. Le réglage de l'impédance doit être continu, sans à-coup, du début de l'ordre à la fin de l'ordre. L'impédance ne doit émettre aucune sortie intempestive.

### 11.12.3 *Essais initiaux*

#### 11.12.3.1 *Examen visuel*

Ce contrôle est fait sur le matériel à neuf, ainsi qu'à l'issue des essais d'évaluation du comportement dans le temps. En cas de défaillance au cours des essais, on réalise aussi un examen visuel.

##### *Contrôle visuel :*

Le contrôle est effectué sur le module hors tension :

- au début des essais,
- à l'issue des essais finaux.

##### *Modalités*

Observation initiale :

- conformité du module au dossier d'identification,

- réparations et modifications éventuellement effectuées,
- qualité de la mise en oeuvre, du repérage,
- système de détrompage sur les câbles de connexion.

Ce contrôle visuel est effectué également en cas de défaillance en cours d'essais :

- dégradations mécaniques (chute de composants, fissuration des isolants, fissuration des joints de brasage,...),
- traces de corrosion (dégradation au niveau des soudures, corrosion des pistes,...).

*Sanctions :*

- Le schéma de la carte doit être conforme au dossier d'identification (type de composants, dessin des pistes).
- Aucun défaut majeur au niveau des pistes de la carte à circuit imprimé n'est admis.
- A l'issue des essais d'évaluation dans le temps :
- En cas de changement d'aspect de la carte imprimée, il peut être procédé à une analyse chimique afin de vérifier l'absence sur la carte de composés chimiques susceptibles de corroder les circuits, la soudure ou la carte. La responsabilité de cette analyse incombe à EDF.

#### 11.12.3.2 *Analyse de la liste des composants électroniques utilisés*

Le Constructeur doit joindre au dossier d'identification les références et caractéristiques techniques des composants employés dans son matériel, avec pour chaque composant :

- la référence complète du composant chez le fabricant,
- les fournisseurs principaux et secondaires sélectionnés,
- les composants homologués<sup>6</sup> par un organisme français, européen ou étranger,
- le taux de fiabilité du composant à 25 °C.

EDF réalise une analyse de liste de ces composants et vérifie notamment que les composants sont aptes à supporter les contraintes diélectriques et thermiques requises.

En outre un jugement est porté sur la pérennité des composants (filière technologique, sources multiples d'approvisionnement...).

Cette étude peut être complétée d'une visite chez le Constructeur au cours de laquelle sera évoquée sa politique en matière de composants électroniques.

*Condensateurs :*

Les condensateurs électrolytiques aluminium à électrolyte non solide sont du type à longue durée de vie tel que défini dans la norme CECC 30-300 : **durée de vie garantie au moins égale à 5 000 h à 85 °C.**

L'emploi des condensateurs électrolytiques aluminium à électrolyte non solide doit être limité aux seules fonctions pour lesquelles aucun autre type de condensateur ne répond au besoin.

Ils sont éloignés des sources chaudes ou des courants de convection qui en sont issus.

L'usage de pile ou batterie est exclu.

*Support pour circuits intégrés :*

Leur emploi doit se limiter :

---

<sup>6</sup> Les listes ou systèmes officiels utilisables sont notamment l'IECQ (liste QC 00 1005) au niveau international, la marque européenne CECC (liste CECC 00-200), la marque française NF (liste UTE C 00-191). Les listes militaires ou des organismes de télécommunication (liste LNZ pour la France) sont aussi utilisables.

- au montage des composants du type reprogrammable lorsque leur effacement et leur programmation nécessitent par principe une extraction du circuit imprimé ;
- à certains composants dont l'extraction s'avère nécessaire pour la testabilité des cartes.

Dans tous les autres cas, l'usage des supports est à justifier.

#### 11.12.3.3 *Essais relatifs à la sécurité des personnes et des biens*

##### 11.12.3.3.1 *Continuité des masses*

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

##### *Références :*

CEI 61131-2.

##### *Modalités :*

L'intensité du courant de défaillance, d'une amplitude de 30 A DC, est appliqué 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.)

##### *Sanctions :*

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

##### 11.12.3.3.2 *Résistance d'isolement*

##### *Références :*

HN 46-R-01-6.

##### *Modalités :*

Le matériel est non alimenté.

Les points d'application de la tension sont les mêmes que ceux définis pour l'épreuve de rigidité diélectrique 50 Hz.

La mesure de la résistance d'isolement est effectuée sous une tension continue de 500 V, après une durée d'application de la tension égale à 1 minute.

##### *Sanctions :*

La résistance d'isolement doit être supérieure ou égale à 100 M $\Omega$  en mode commun, et supérieure ou égale à 100 k $\Omega$  en mode différentiel aux bornes des contacts ouverts.

##### 11.12.3.3.3 *Essai diélectrique à 50 Hz*

##### *Références :*

HN 46-R-01-6 § 3.1

##### *Modalités :*

Le matériel est non alimenté.

La tension d'essai est appliquée pendant une minute successivement :

- en mode commun, avec une valeur de 2 kV efficace :

- entre chaque circuit galvaniquement indépendant et l'ensemble des autres circuits reliés entre eux et à la masse,
  - entre tous les circuits reliés entre eux et la masse.
- en mode différentiel, avec une valeur de 500 V efficace, entre les bornes de chaque contact de sortie (contact ouvert).

NOTE – Dans le cas de circuits équipés de filtres 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.

*Sanctions :*

- En mode commun pour tous les circuits, et en mode différentiel pour les contacts ouverts : on ne doit constater aucun amorçage, ni perforation, ni contournement, ni courant de fuite d'intensité  $\geq 5$  mA efficace.
- A l'issue de l'épreuve, le fonctionnement du matériel doit être correct. Pour cela, on effectue un contrôle de bon fonctionnement (selon § 11.12.2).

11.12.3.3.4 *Tenue diélectrique à la tension de choc*

*Références :*

HN 46-R-01-6 § 3.1

*Modalités :*

Le matériel est non alimenté.

L'essai consiste à appliquer au matériel, l'onde de choc normalisée 1.2  $\mu$ s / 50  $\mu$ s.

On applique 3 chocs positifs et 3 chocs négatifs successivement :

- en mode commun :
  - **5 kV**, entre chaque circuit galvaniquement indépendant et l'ensemble des autres circuits reliés entre eux et à la masse,
  - **5 kV**, entre tous les circuits reliés entre eux et la masse.
- en mode différentiel :
  - **5 kV(\*)** entre les bornes des circuits issus des capteurs de mesure (TC, TT),
  - **3 kV(\*)** entre les bornes des circuits d'alimentation auxiliaire,
  - **1 kV** entre les bornes des contacts ouverts.

Deux chocs successifs sont séparés par un intervalle d'au moins 5 s.

*Sanctions :*

- On examine la forme d'onde de chaque choc afin de mettre en évidence un amorçage éventuel : si aucune décharge disruptive ne se produit, l'essai est satisfaisant, si l'on constate plus d'une décharge disruptive, l'essai est non satisfaisant. Si l'on constate une seule décharge disruptive, on applique 6 chocs supplémentaires ne devant donner lieu à aucune décharge disruptive.
- A l'issue de l'épreuve, le fonctionnement du matériel doit être correct. Pour cela, on effectue un contrôle de bon fonctionnement.

En mode différentiel, on admet une tenue limitée à 1 kV pour les entrées de mesure de courant et de tension si ces entrées sont protégées par des circuits de protection. Dans ce cas : 1°) on vérifie qu'il n'y a pas amorçage à 1 kV (3 chocs positifs, 3 chocs négatifs), 2°) on effectue un essai pour une

tension préréglée de 5 kV (3 chocs positifs, 3 chocs négatifs) et on vérifie à l'issue de l'essai le bon fonctionnement du matériel.

En mode différentiel, pour les circuits reliés aux alimentations auxiliaires, on effectue un essai pour une tension préréglée de 3 kV (3 chocs positifs, 3 chocs négatifs) et on vérifie à l'issue de l'essai le bon fonctionnement du matériel (les claquages sont admis si les circuits sont protégés).

Dans tous les cas, à l'issue de l'épreuve le fonctionnement du matériel doit être correct.

#### 11.12.3.4 *Court-circuit sur les sorties*

*Références :*

HN 46-R-01-6.

*Modalités :*

On applique sur les sorties les contraintes suivantes :

- 100 A pendant 30 ms pour tous les circuits de sortie.

(Les relais de sortie sont positionnés fermés pour ces essais.)

*Sanctions :*

Aucune détérioration consécutive à l'essai, autre que celle d'un fusible éventuel, ne doit être constaté, ni en phase de repos, ni en phase de fonctionnement. On effectue un contrôle de bon fonctionnement.

#### 11.12.3.5 *Caractéristiques fonctionnelles pour impédance à réglage discret*

Sauf précision contraire, l'impédance est positionnée pour chaque essai en mode « commande automatique ».

##### 11.12.3.5.1 *Emission de « réglage en cours »*

*Fonctionnement normal*

*Modalités :*

1°) On positionne l'impédance à sa valeur basse et on émet en entrée un ordre « augmente » de trois prises. On enregistre de façon synchrone l'ordre « augmente » et la sortie « réglage en cours ».

2°) On positionne l'impédance à sa valeur haute et on émet en entrée un ordre « diminue » de trois prises. On enregistre de façon synchrone l'ordre « diminue » et la sortie « réglage en cours ».

*Sanctions :*

1°) La sortie « réglage en cours » doit monter à 1 au plus tard 100 ms après la fin du premier créneau haut de 300 ms, et doit être maintenue jusqu'à l'issue du réglage.

*Fonctionnement sur anomalie*

*Modalités:*

On simule les 3 anomalies suivantes :

- absence de l'alimentation continue ou alternative,
- défaut électrique (fil déconnecté) empêchant l'exécution correcte de l'ordre de manoeuvre,
- défaut mécanique (blocage d'un organe de commutation) empêchant l'exécution correcte de l'ordre de manoeuvre. Les modalités de réalisation de cet essai sont définies conjointement entre EDF et le Fournisseur.

Pour chacun de ces cas, on effectue les opérations décrites ci-dessous :

- 1° L'IC étant positionnée initialement à sa valeur basse, on émet en entrée un ordre « augmente » de trois prises. On enregistre de façon synchrone les sorties « réglage en cours » et « défaut équipement IC ».
- 2° L'IC étant positionnée initialement à sa valeur haute, on émet en entrée un ordre « diminue » de trois prises. On enregistre de façon synchrone les sorties « réglage en cours » et « défaut équipement IC ».

*Sanctions:*

L'émission des signaux « réglage en cours » et « défaut équipement IC » doit correspondre au fonctionnement en cas d'anomalie décrit au § 7.5.2. « Signaux envoyés par le contrôle commande de l'IC ».

Les différentes dispositions du § 8.3 « Comportement en cas de panne » sont vérifiées.

#### 11.12.3.5.2 *Position haute, position basse*

*Modalités :*

- 1°) On positionne l'impédance une prise en dessous la prise la plus élevée. Puis on émet un ordre « augmente » de 3 prises.
- 2°) On positionne l'impédance une prise au-dessus la prise la plus basse. Puis on émet un ordre « diminue » de 3 prises.

*Sanctions :*

- 1°) L'impédance vient se positionner sur sa position la plus élevée, et émet « position haute ». On ne doit pas détecter d'autre sortie intempestive.
- 2°) L'impédance vient se positionner sur sa position la plus basse, et émet « position basse ». On ne doit pas détecter d'autre sortie intempestive.

#### 11.12.3.5.3 *IC commande sur place*

*Modalités :*

1er essai : le matériel étant alimenté, on positionne le commutateur en mode « commande sur place ». On relève simultanément l'état de la sortie « IC commande sur place ».

On ramène ensuite le commutateur en mode « commande automatique ». On relève simultanément l'état de la sortie « IC commande sur place ».

2ème essai : on positionne l'impédance à 200 A. On émet un ordre sur l'entrée « augmente » suffisant pour amener l'impédance à sa position 400 A. Pendant la manoeuvre, on tâche manuellement de passer le commutateur sur « commande sur place ».

On répète au moins 10 fois cet essai, de sorte à commuter parfois un peu avant, parfois un peu après, parfois pendant (si possible) la manoeuvre des interrupteurs.

*Sanctions :*

1er essai : la sortie « IC commande sur place » doit recopier instantanément la position du commutateur.

2ème essai : Les conditions à satisfaire en cas de passage de l'IC en « commande sur place » sont décrites au § 7.2 « Sélection du mode de commande de l'IC ».

#### 11.12.3.5.4 Précision de la boucle de retour 4-20 mA

*Modalités :*

Cet essai est effectué simultanément avec l'essai de mesure de  $L\omega$  et R sous pleine tension homopolaire. On compare chaque mesure de  $L\omega$  à la valeur 4-20 mA retournée par l'impédance.

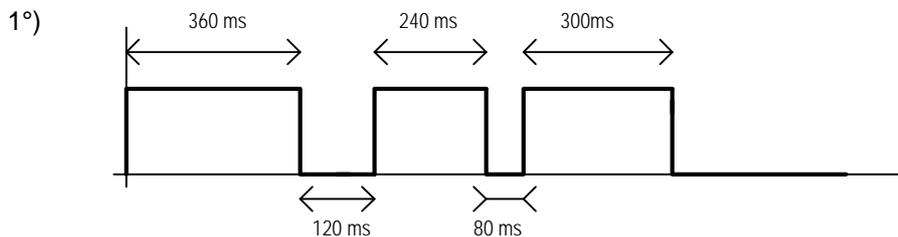
*Sanctions :*

La précision doit être celle demandée au § 7.5.3.

#### 11.12.3.5.5 Gabarit des ordres reçus

*Modalités :*

On positionne l'impédance à sa valeur de réglage basse. On émet en entrée « augmente » les formes de signaux suivants :



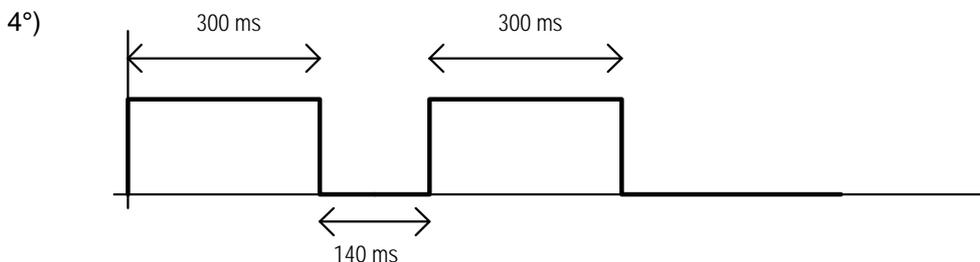
L'impédance doit augmenter sa position de 3 prises.



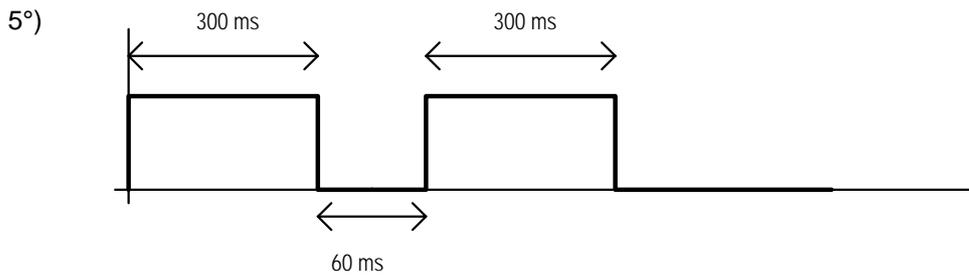
L'impédance ne doit pas changer de position.



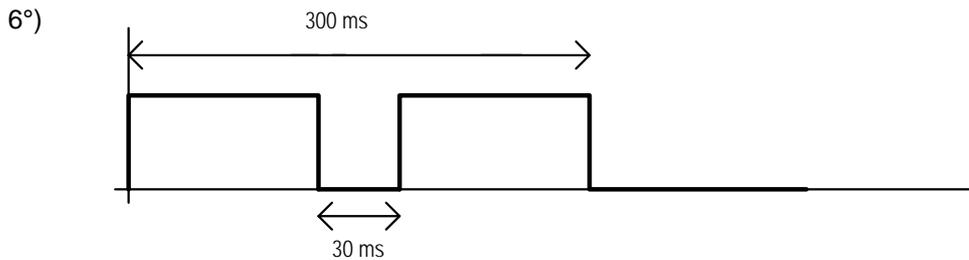
L'impédance ne doit pas changer de position.



L'impédance doit augmenter sa position de 1 prise.



L'impédance ne doit pas changer de position.



L'impédance ne doit pas changer de position.

*Sanctions :*

Les sanctions sont données après chaque schéma.

11.12.3.6 *Caractéristiques fonctionnelles pour impédance à réglage continu*

Sauf précision contraire, l'impédance est positionnée pour chaque essai en mode « commande automatique ».

11.12.3.6.1 *Emission de « réglage en cours »*

Fonctionnement normal

*Modalités :*

1°) On positionne l'impédance au moins 100 A en-dessous de sa position haute et on émet en entrée un ordre « augmente » de durée 1 s environ. On enregistre de façon synchrone l'ordre « augmente » et la sortie « réglage en cours ».

2°) On positionne l'impédance au moins 100 A au-dessus de sa valeur basse et on émet en entrée un ordre « diminue » de durée 1 s environ. On enregistre de façon synchrone l'ordre « diminue » et la sortie « réglage en cours ».

*Sanctions :*

1°) La sortie « réglage en cours » doit apparaître moins de 100 ms après le début de l'ordre, et doit être maintenue pendant toute la durée de l'ordre (ou, le cas échéant, jusqu'à l'atteinte de la position haute).

2°) La sortie « réglage en cours » doit apparaître moins de 100 ms après le début de l'ordre, et doit être maintenue pendant toute la durée de l'ordre (ou, le cas échéant, jusqu'à l'atteinte de la position basse).

### Fonctionnement sur anomalie

#### *Modalités:*

On simule les 3 anomalies suivantes :

- absence de l'alimentation continue ou alternative,
- défaut électrique (fil déconnecté) empêchant l'exécution correcte de l'ordre de manoeuvre,
- défaut mécanique empêchant l'exécution correcte de l'ordre de manoeuvre. Les modalités de réalisation de cet essai sont définies conjointement entre EDF et le Fournisseur.

Pour chacun de ces cas, on effectue les opérations décrites ci-dessous :

1°) L'IC étant positionnée initialement au moins 100 A en dessous de sa position haute, on émet en entrée un ordre « augmente » de durée 1 s environ. On enregistre de façon synchrone les sorties « réglage en cours » et « défaut équipement IC ».

2°) L'IC étant positionnée initialement au moins 100 A au-dessus de sa valeur basse, on émet en entrée un ordre « diminue » de durée 1 s environ. On enregistre de façon synchrone les sorties « réglage en cours » et « défaut équipement IC ».

#### *Sanctions :*

L'émission des signaux « réglage en cours » et « défaut équipement IC » doit correspondre au fonctionnement en cas d'anomalie décrit au § 7.5.2. « Signaux envoyés par le contrôle commande de l'IC ».

Les différentes dispositions du § 8.3 « Comportement en cas de panne » sont vérifiées.

#### 11.12.3.6.2 *Position haute, position basse*

##### *Modalités :*

1°) On émet en entrée un ordre « augmente » maintenu quelques secondes au delà de la réception de « position haute ».

2°) On émet un ordre « diminue » maintenu quelques secondes au delà de la réception de « position basse ».

##### *Sanctions :*

1°) L'impédance arrête son réglage (arrêt moteur) dès que la position haute est atteinte et émet immédiatement « position haute ».

2°) L'impédance arrête son réglage (arrêt moteur) dès que la position basse est atteinte et émet immédiatement « position basse ».

#### 11.12.3.6.3 *IC commande sur place*

##### *Modalités :*

1er essai : le matériel étant alimenté, on positionne le commutateur en mode « commande sur place ». On relève simultanément l'état de la sortie « IC commande sur place ».

On ramène ensuite le commutateur en mode « commande automatique ». On relève simultanément l'état de la sortie « IC commande sur place ».

2ème essai : on positionne l'impédance à 100 A. On émet un ordre continu sur l'entrée « augmente ». Pendant la manoeuvre de réglage, on fait basculer le commutateur de « commande automatique » à « commande sur place ».

*Sanctions :*

1er essai : la sortie « IC commande sur place » doit recopier instantanément la position du commutateur.

2ème essai : Les conditions à satisfaire en cas de passage de l'IC en « commande sur place » sont décrites au § 7.2 « Sélection du mode de commande de l'IC ».

11.12.3.6.4 *Précision de la boucle de retour 4-20 mA*

*Modalités :*

Cet essai est effectué simultanément avec l'essai de mesure de  $L\omega$  et R sous pleine tension homopolaire. On compare chaque mesure de  $L\omega$  à la valeur 4-20 mA retournée par l'impédance.

*Sanctions :*

La précision doit être celle demandée au § 7.5.3.

11.12.4 *Essais aux limites d'emploi fonctionnel*

11.12.4.1 *Influence de la température ambiante*

Si le contrôle commande de l'IC est installé en extérieur avec l'impédance : les essais à basse et haute température retenus pour l'impédance s'appliquent. On prendra soin de vérifier que les valeurs retournées à haute et à basse température pour une même position par la boucle 4-20 mA restent dans la plage de précision demandée (voir § 7.5.3).

Si le contrôle commande de l'IC est installé dans le bâtiment de contrôle commande du poste : l'essai suivant s'applique.

*Références :*

HN 46-R-01-4 pour les plages de température, essai Ad de la CEI 60068-2-1 et essai Bd de la CEI 60068-2-2 pour les conditions d'essai.

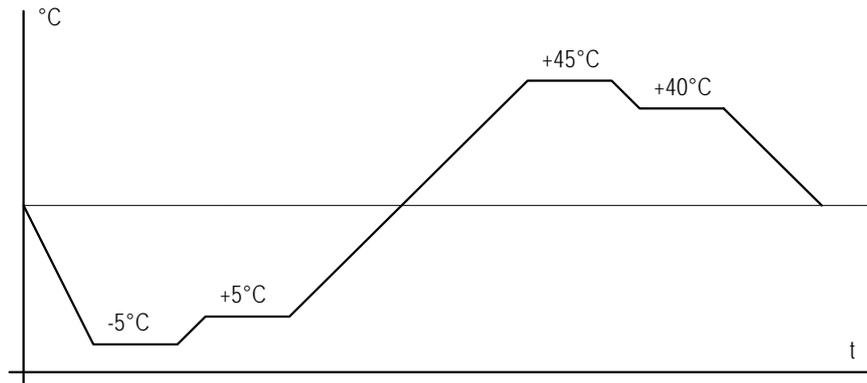
*Modalités :*

Pour cet essai, le contrôle commande de l'IC est testé telle qu'installé en poste source, c'est-à-dire dans sa structure d'accueil (rack,...), de sorte à reproduire les conditions de confinement thermique.

Le comportement du contrôle commande de l'IC est étudié dans les domaines nominaux et limites de la température ambiante.

Le contrôle commande de l'IC, alimenté et relié à l'impédance, est placé dans une enceinte non ventilée (l'impédance peut rester en dehors de l'enceinte) portée successivement aux paliers de température suivants :

Palier n°	Température
1	-5°C
2	+5°C
3	+45°C
4	+40°C



Les variations de température d'un palier à l'autre s'effectueront suivant une rampe linéaire de pente égale en valeur absolue à  $3^{\circ}\text{C}/\text{mn} \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ . La durée de chaque palier est de 3 heures.

Pour les paliers  $+5^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$ , après 3 heures de stabilisation à la température du palier, on effectue une vérification un contrôle de bon fonctionnement.

NOTE – A l'issue de l'épreuve, on élimine toute la condensation interne et externe par ventilation. L'introduction et le retrait du matériel dans l'enceinte sont effectués en évitant tout choc thermique.

#### Sanctions :

Celles prévues pour un contrôle de bon fonctionnement. On comparera les valeurs rendues pour une même position de bobine par la boucle 4-20 mA, aux paliers  $+5^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$  : elles doivent rester dans la plage de précision spécifiée (voir § 7.5.3).

#### 11.12.4.2 Influence sur l'alimentation

##### 11.12.4.2.1 Variation de tension dans le domaine nominal

#### Références :

HN 46-R-01-4

#### Modalités :

On effectue un contrôle de bon fonctionnement, pendant lequel le matériel est alimenté avec une tension d'alimentation aux limites du domaine nominal, égale à :

- dans le cas d'une alimentation 48 V : 1°) 48 V - 20 %, 2°) 48 V + 15 %,
- dans le cas d'une alimentation 127 V, 1°) 127 V - 20 %, 2°) 127 V + 10 %.

#### Sanctions :

Celles prévues pour un contrôle de bon fonctionnement.

##### 11.12.4.2.2 Inversion de polarité de l'alimentation

#### Références :

HN 46-R-01-6, CEI 61131-2.

#### Modalités :

La tension nominale de polarité inversée doit être appliquée pendant 10 s. A l'issue, les dispositifs de protection tels que les fusibles ou disjoncteurs peuvent être remplacés ou réarmés, puis on effectue un contrôle de fonctionnement. Le remplacement des fusibles ou le réarmement des disjoncteurs doit être aisé.

*Sanctions :*

Les résultats doivent respecter les conditions précisées par le Constructeur (telles que le fonctionnement de fusibles). Le contrôle de fonctionnement ne doit pas détecter de dysfonctionnement.

11.12.4.2.3 *Insensibilité aux coupures brèves*

*Références :*

HN 46-R-01-4.

*Modalités :*

On effectue un contrôle de bon fonctionnement pendant lequel l'alimentation du matériel est soumise à des coupures brèves de durée 20 ms, espacées de 1 s.

Remarque : les ordres « augmente » ou « diminue » simulés ne seront pas affectés par ces coupures de 20 ms. Seule l'entrée ou les entrées (220 V éventuel compris) alimentation doit (doivent) voir les coupures de durée 20 ms.

*Sanctions :*

Celles prévues pour un contrôle de bon fonctionnement. L'impédance ne doit pas être gênée dans sa manoeuvre. On vérifiera que les sorties « anomalie équipement IC » et « défaut équipement IC » restent à zéro.

11.12.4.3 *Essais de compatibilité électromagnétique*

11.12.4.3.1 *Décharges électrostatiques*

*Références :*

CEI 61131-2, CEI 61000-4-2, HN-46-R-01-6.

*Modalités :*

Le matériel est alimenté pendant l'essai. On sélectionne des points d'application sur toutes les parties conductrices accessibles et toutes les surfaces isolantes normalement accessibles à l'opérateur. Les boutons, curseurs, potentiomètres, etc... accessibles par l'opérateur subissent l'essai de décharge dans l'air.

Niveau de sévérité HR-1 DES 3 : 8 kV au contact, 15 kV dans l'air.

Pendant que l'on réalise un contrôle de bon fonctionnement, on effectue 10 décharges sur chaque partie sélectionnée, séparées de 1 s au minimum.

*Sanctions :*

Si le système dévie une seule fois au cours de l'essai, un second essai de 10 décharges doit être exécuté ; si un seul autre écart non toléré est observé, l'essai de décharge électrostatique sera déclaré comme ayant échoué.

11.12.4.3.2 *Champ électromagnétique rayonné*

*Références :*

CEI 61000-4-3, HN 46-R-01-6.

*Modalités :*

Le contrôle commande de l'IC est soumis à un champ électromagnétique rayonné d'intensité 10 V/m et dont la fréquence varie entre 80 MHz et 1 GHz, conformément à la norme.

On effectue un contrôle de bon fonctionnement pendant l'application du champ électromagnétique.

*Sanctions :*

Celles prévues pour un contrôle de bon fonctionnement.

11.12.4.3.3 *Transitoires électriques rapides en salve*

*Références :*

CEI 61000-4-4, HN-46-R-01-6.

*Modalités :*

La tension d'essai est appliquée en mode commun sur chacun des circuits suivants :

- circuit d'entrée d'alimentation auxiliaire : 4 kV,
- circuits de commande : 2 kV,
- circuits de signalisation : 2 kV,
- circuits reliant le contrôle commande de l'IC et l'impédance dans le cas où le contrôle commande de l'IC est installé dans le bâtiment de contrôle commande du poste : 2 kV.

On effectue un contrôle de bon fonctionnement, pendant lequel on applique à plusieurs reprises la perturbation.

*Sanctions :*

Celles retenues pour un contrôle de bon fonctionnement.

11.12.4.3.4 *Onde oscillatoire amortie*

*Références :*

CEI 61000-4-12, HN-46-R-01-6 (voir éventuellement CEI 60255-22-1 pour les modalités).

*Modalités :*

L'essai est effectué pour les fréquences 100 kHz et 1 MHz.

L'essai est effectué sur les circuits suivants :

- circuit d'entrée d'alimentation auxiliaire,
- circuits de commande,
- circuits de signalisation,
- circuits reliant le contrôle commande de l'IC et l'impédance dans le cas où le contrôle commande de l'IC est installé dans le bâtiment de contrôle commande du poste.

Les valeurs de la tension de crête maximale (première alternance) sont les suivantes :

- 2,5 kV en mode commun, entre la masse et les bornes du circuit reliées entre elles,
- 1 kV en mode différentiel, entre chacune des bornes du circuit.

On effectue un contrôle de bon fonctionnement, pendant lequel on applique la perturbation.

*Sanctions :*

Celles prévues pour le contrôle de bon fonctionnement.

11.12.4.3.5 *Immunité aux ondes de choc*

*Références :*

CEI 61000-4-5, HN 46-R-01.

*Modalités :*

Les niveaux d'essais sont les suivants :

Circuits	Tension d'épreuve, couplage entre :	
	Fils de ligne	Fil et terre
raccordés aux secondaires des TC et TT	1kV	2kV
raccordés aux auxiliaires 48V et 127 V continu	1kV	2kV
circuits TOR	1kV(**)	2kV(*)
(*) 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).		
(**) l'essai n'est pas effectué si ces circuits sont raccordés par des paires torsadées (filière téléphonique par exemple)		

NOTE – L'essai s'applique sur la liaison entre le contrôle commande et l'IC (liaison type circuit TOR) dans le cas où le contrôle commande est installé dans le bâtiment du poste.

On effectue un contrôle de bon fonctionnement pendant lequel on applique la perturbation. Le contrôle de bon fonctionnement et la perturbation superposée doivent être répétés plusieurs fois, la durée de l'essai est au minimum égale à la durée du contrôle de bon fonctionnement.

*Sanctions :*

Celles prévues pour un contrôle de bon fonctionnement.

11.12.4.3.6 *Perturbations électromagnétiques rayonnées par le matériel*

*Objectif :*

Apprécier le champ électromagnétique perturbateur maximum rayonné par le matériel.

*Référence :*

EN 55022 (NF C 91-022).

*Modalités :*

Alimentation nominale.

Matériel équipé de tous ses accessoires, toutes sorties à leur charge nominale.

On mesure le champ émis par le matériel, pendant un contrôle de bon fonctionnement.

*Sanctions :*

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 1 000 MHz.

11.12.5 Essai de robustesse mécanique : vibrations

*Références :*

CEI 60068-2-6, HN-46-R-01-6.

*Modalités :*

Pour cet essai, le contrôle commande de l'IC (ses différents modules électroniques) est séparé du reste de l'impédance. On entend par matériel le contrôle commande de l'IC dans son ensemble, ou

ses différents modules s'ils ne restent pas solidaires lorsque le contrôle commande de l'IC est dissocié de l'impédance.

Le matériel, non alimenté pendant l'épreuve, est fixé sur la table vibrante par l'intermédiaire de son dispositif normal de fixation ou par un mode de bridage permettant de rendre parfaitement solidaires la table vibrante et l'enveloppe du matériel. Il est soumis à des vibrations sinusoïdales qui lui sont appliquées suivant les 3 directions tri-rectangulaires. Les essais comprennent les 3 phases suivantes :

- la détermination des fréquences critiques (à 0,5 g),
- un essai d'endurance à fréquence variable de 10 cycles de balayage (durée environ 2 h) dans chacune des 3 directions (1 octave par minute),
- un essai d'endurance à fréquence fixe de 10 minutes dans chacune des trois directions, pour l'ensemble des fréquences critiques éventuellement découvertes ou à une fréquence fixe de 100 Hz.

Les paramètres des essais d'endurance sont les suivants :

- Contrôle commande de l'IC installé sur le châssis de l'impédance :
  - gamme de fréquence : 10 Hz à 500 Hz,
  - fréquence de transfert : comprise entre 57 Hz et 62 Hz,
  - amplitude de l'accélération constante : 2 g (valeur crête),
  - amplitude du déplacement constant : 0,15 mm (valeur crête).
- Contrôle commande de l'IC installé dans le bâtiment de contrôle commande du poste :
  - gamme de fréquence : 10 Hz à 500 Hz,
  - fréquence de transfert : comprise entre 57 Hz et 62 Hz,
  - amplitude de l'accélération constante : 1 g (valeur crête),
  - amplitude du déplacement constant : 0,075 mm (valeur crête).

#### *Sanctions :*

A l'issue de l'épreuve, examen visuel, puis contrôle de bon fonctionnement.

#### *11.13 Essais du revêtement des surfaces extérieures*

Chacun des essais suivants sont effectués sur trois échantillons à définir entre le Constructeur et EDF.

Pour les pièces métalliques ayant subi un traitement de surface, un contrôle de l'épaisseur du revêtement est effectué. La valeur doit être conforme à la valeur indiquée dans les normes et catalogues UTE ou AFNOR, correspondant au traitement de surface réalisé.

Pour les pièces peintes en contact avec l'air ambiant, les quatre essais suivants sont effectués.

##### *11.13.1 Essai d'adhérence*

Cet essai est effectué suivant la norme NF J 17-082 (ou équivalent : EN ISO 24624 par exemple).

Critère d'acceptation : l'adhérence du feuillet sur le support doit être supérieure à 2 MPa.

##### *11.13.2 Essai de résistance à l'abrasion*

Cet essai est effectué suivant la norme américaine ASTM D 968.

Critère d'acceptation : la quantité de sable nécessaire pour user le revêtement doit être supérieure à 75 litres.

##### *11.13.3 Essai de tenue au brouillard salin*

Cet essai est effectué suivant la norme NF X 41-002. La durée d'exposition est de 720 heures.

Critères d'acceptation : sur les subjectiles métalliques, le cliché de référence est le cliché Ri 1 de la norme ISO 4628/3 ou le cliché Re 1 de l'échelle européenne de degrés d'enrouillement pour les peintures antirouille.

#### 11.13.4 *Essai de vieillissement artificiel*

Cet essai est effectué suivant la norme NF T 30-049 avec 50 cycles pour la phase principale.

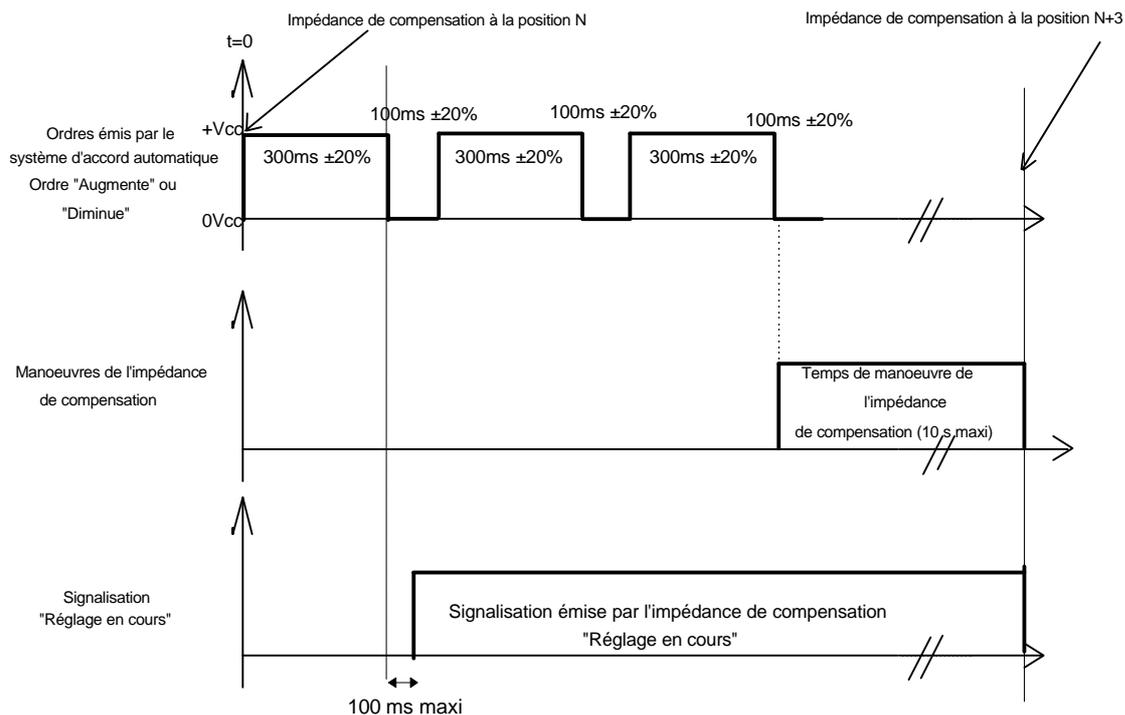
Critère d'acceptation : identique à celui de l'essai de tenue au brouillard salin.

**Annexe A**  
(normative)

**Echanges des ordres et des signalisations entre le système d'accord automatique  
et l'impédance de compensation**

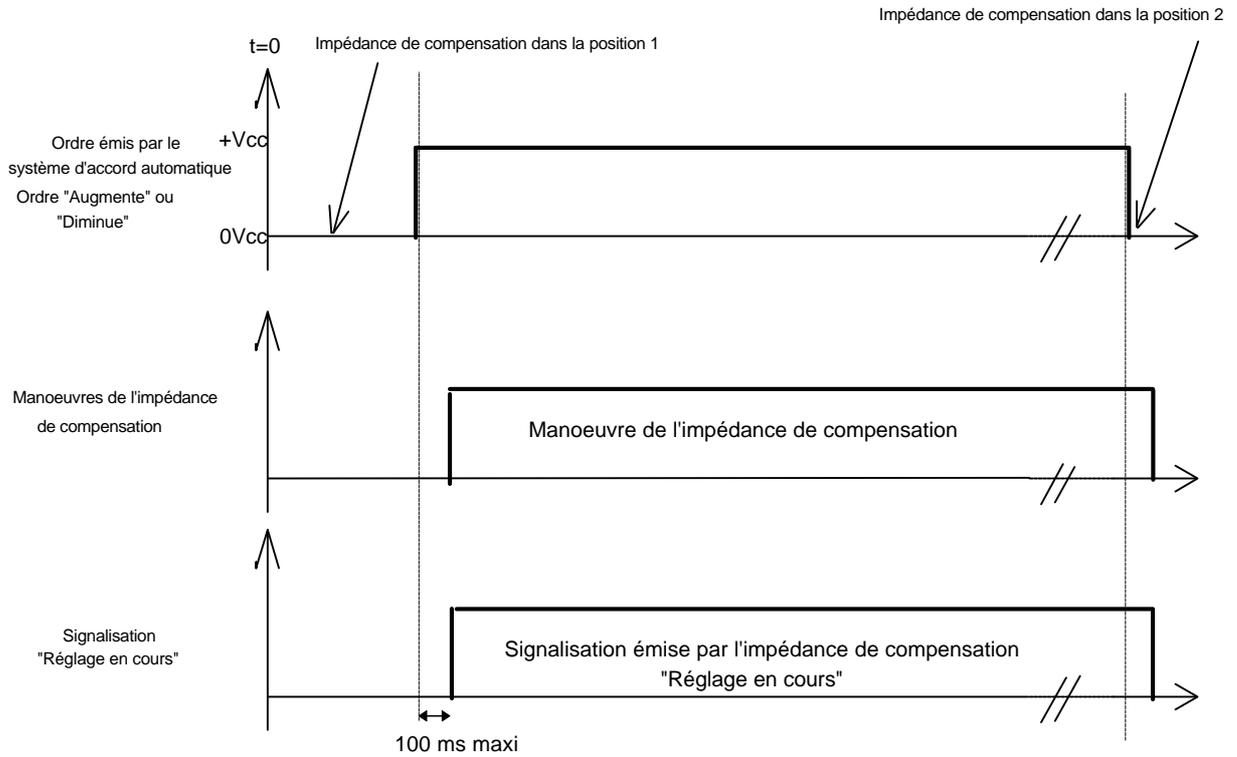
**A.1 Impédances à réglage discret**

NOTE – Le temps de manœuvre de l'IC est compté à partir de la fin du dernier créneau.



Exemple : Demande par le système d'accord automatique de passage de la position N à la position N+3 à l'impédance de compensation à réglage discret.

**A.2 Impédances à réglage continu**



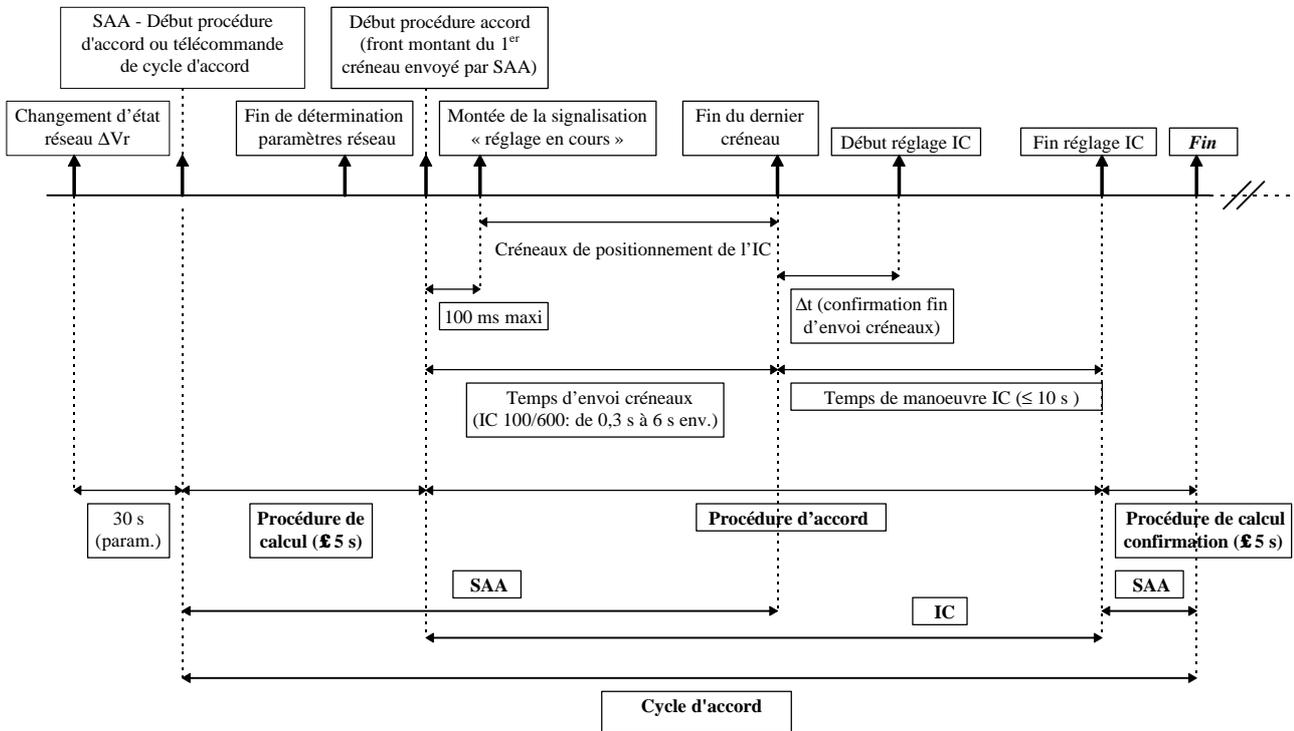
Exemple : Demande par le système d'accord automatique de passage de la position 1 à la position 2 à l'impédance de compensation à réglage continu

**A.3 Caractéristiques des signaux échangés**

	Domaine de variation
Niveau de tension $+V_{CC}$	
- Tension nominale 48 V	48 V -20% +15%
- Tension nominale 125 V	125 V -20% +10%
Niveau de tension $0V_{CC}$ (tension nominale 48V ou 125 V)	de -4V à +4V
Durée des signaux pour une impédance à réglage discret	
- du créneau	300 ms $\pm$ 20%
- du creux entre les créneaux	100 ms $\pm$ 20%
Temps maximal entre la fin du premier créneau et le retour de la signalisation "Réglage en cours"	100 ms

**A.4 Procédure type de cycle d'accord**

NOTE – Ce chronogramme montre que le temps pour réaliser un cycle d'accord du réseau est inférieur à 26 s (compté à partir du début de procédure de calcul SAA).



**Annexe B**  
(normative)

**Contenu de la documentation technique fournie par le constructeur**

**B.1 Guide Utilisateur**

Dans ce dossier, le Constructeur doit fournir tous les éléments relatifs à :

- Le transport, le stockage et l'installation :  
Poids, encombrement, caractéristiques mécaniques, modalités d'implantation, de mise en service.
- L'utilisation :  
Utilisation en mode normal, en régime d'anomalie, détection et diagnostic des pannes
- L'entretien, la maintenance :  
Entretien régulier (le cas échéant), maintenance des différents éléments de l'IC, remplacement des fusibles, des éléments du contrôle commande.
- Les conditions de fin de vie.

**B.2 Dossier d'identification**

Ce dossier comporte les éléments suivants :

- nom, référence de l'appareil, établissement, lieu de fabrication, spécification de référence ;
- photographie de l'appareil ;
- plan d'encombrement, dimensions, masse ;
- schémas et emplacement des bornes de raccordement ;
- protection contre la corrosion (nature, épaisseur) ;
- indices de protection (de l'enveloppe, du contrôle commande) ;
- caractéristiques électriques: tension assignée, courant et impédance de neutre pour les différents réglages, impédance de la partie création de point neutre, niveau d'isolement, courant magnétisant et pertes fer des différents enroulements ;
- schéma(s) d'implantation et de raccordement des différents composants (bobinages, dispositif de réglage, contrôle commande de l'IC, etc.) ;
- circuits magnétiques : plans, nombre de gradins, coupe, masse, référence de la tôle, induction, courbe de saturation ;
- bobinages : plans, dimensions et masses des bobines, nombres de spires, nature du métal, dimensions des conducteurs nus, isolement des conducteurs ;
- diélectrique utilisé : nature et masse ;
- transformateur d'accord : tensions et puissance assignées, pertes à vide et en charge, impédance de court-circuit, bobinages et circuit magnétique (voir précédemment) ;
- dispositifs de commutation (le cas échéant) : nom, constructeur, référence, caractéristiques électriques ;
- moteur (le cas échéant) : nom, constructeur, référence, caractéristiques mécaniques et électriques ;
- dispositifs de protection (le cas échéant) ;

- contrôle commande: schéma d'implantation et de câblage des sous ensembles, schéma d'implantation des composants, nomenclature des composants (avec pour chacun d'eux les caractéristiques principales, la référence du constructeur, le nom du fournisseur et si possible la liste des composants équivalents). Pour le contrôle commande de l'IC, les prescriptions de la spécification technique EDF HN 46-R-01 chapitre A-4200 s'appliquent ;
- revêtement des surfaces extérieures : nature, épaisseur, norme de référence.