

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60099-4

1991

AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2
2001-10

Amendement 2

Parafoudres –

Partie 4:

**Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur
pour réseaux à courant alternatif**

Amendment 2

Surge arresters –

Part 4:

**Metal-oxide surge arresters without gaps
for a.c. systems**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XB

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37/268/FDIS	37/270/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2003. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Page 4

SOMMAIRE

Remplacer les titres de 5.4, 5.5 et 5.11 par les titres suivants:

- 5.4 Décharges partielles internes
- 5.5 Taux de fuite de l'étanchéité
- 5.11 Court-circuit

Ajouter le nouveau titre de paragraphe suivant:

- 5.14 Efforts mécaniques

Page 6

Ajouter les deux nouveaux titres de paragraphe suivants:

- 7.7 Essais de court-circuit
- 7.8 Essai de décharges partielles internes

Ajouter les nouvelles sections 9, 10, 11, 12 et 13 suivantes:

SECTION 9: PRESCRIPTIONS D'ESSAIS POUR LES PARAFODRES À ENVELOPPE SYNTHÉTIQUE

- 9.1 Généralités
- 9.2 Définitions
- 9.3 Identification et classification
- 9.4 Caractéristiques assignées

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
37/268/FDIS	37/270/RVD

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be:

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Page 5

CONTENTS

Replace the titles of 5.4, 5.5 and 5.11 by the following:

- 5.4 Internal partial discharge
- 5.5 Seal leak rate
- 5.11 Short-circuit

Add the following new subclause title:

- 5.14 Mechanical loads

Page 7

Add the following two new subclause titles:

- 7.7 Short-circuit tests
- 7.8 Internal partial discharge test

Add the following new sections 9, 10, 11, 12 and 13:

SECTION 9: TEST REQUIREMENTS ON POLYMER HOUSED SURGE ARRESTERS

- 9.1 General
- 9.2 Definitions
- 9.3 Identification and classification
- 9.4 Standard ratings

- 9.5 Prescriptions
- 9.6 Conditions générales d'exécution des essais
- 9.7 Essais de type (essais de conception)

SECTION 10: PRESCRIPTIONS D'ESSAIS POUR LES PARAFONDRES SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE À ISOLATION GAZEUSE (PARAFONDRES BLINDÉS)

- 10.1 Généralités
- 10.2 Définitions
- 10.3 Identification du parafoudre
- 10.4 Caractéristiques assignées
- 10.5 Prescriptions
- 10.6 Conditions générales d'exécution des essais
- 10.7 Essais de type (essais de conception)
- 10.8 Essais individuels
- 10.9 Essais consécutifs à l'installation sur site

SECTION 11: PARAFONDRES DÉBROCHABLES ET PARAFONDRES POUR PRISE

- 11.1 Généralités
- 11.2 Définitions
- 11.3 Identification du parafoudre
- 11.4 Caractéristiques assignées
- 11.5 Prescriptions
- 11.6 Conditions générales d'exécution des essais
- 11.7 Essais de type (essais de conception)
- 11.8 Essais individuels et essais de réception

SECTION 12: PARAFONDRES IMMERGÉS

- 12.1 Généralités
- 12.2 Définitions
- 12.3 Identification du parafoudre
- 12.4 Caractéristiques assignées
- 12.5 Prescriptions
- 12.6 Conditions générales d'exécution des essais
- 12.7 Essais de type (essais de conception)
- 12.8 Essais individuels et essais de réception

SECTION 13: PRESCRIPTIONS MÉCANIQUES POUR LES PARAFONDRES

- 13.1 Généralités
- 13.2 Définitions
- 13.3 Identification et classification
- 13.4 Caractéristiques assignées
- 13.5 Prescriptions
- 13.6 Conditions générales d'exécution des essais
- 13.7 Essais de type (essais de conception)

- 9.5 Requirements
- 9.6 General testing procedure
- 9.7 Type tests (design tests)

SECTION 10: TEST REQUIREMENTS ON GAS-INSULATED METAL ENCLOSED ARRESTERS (GIS ARRESTERS)

- 10.1 General
- 10.2 Definitions
- 10.3 Arrester identification (nameplate)
- 10.4 Standard rating
- 10.5 Requirements
- 10.6 General testing procedures
- 10.7 Type tests (design tests)
- 10.8 Routine tests
- 10.9 Tests after erection on site

SECTION 11: SEPARABLE AND DEADFRONT ARRESTERS

- 11.1 General
- 11.2 Definitions
- 11.3 Arrester identification
- 11.4 Standard ratings
- 11.5 Requirements
- 11.6 General testing procedure
- 11.7 Type tests (design tests)
- 11.8 Routine tests and acceptance tests

SECTION 12: LIQUID-IMMERSED ARRESTERS

- 12.1 General
- 12.2 Definitions
- 12.3 Arrester identification
- 12.4 Standard ratings
- 12.5 Requirements
- 12.6 General testing procedure
- 12.7 Type tests (design tests)
- 12.8 Routine tests and acceptance tests

SECTION 13: MECHANICAL CONSIDERATIONS FOR SURGE ARRESTERS

- 13.1 General
- 13.2 Definitions
- 13.3 Identification and classification
- 13.4 Standard ratings
- 13.5 Requirements
- 13.6 General testing procedure
- 13.7 Type tests (design tests)

Ajouter, après l'annexe K, les nouvelles annexes L, M, N et O suivantes:

Annexe L (informative) Procédure pour l'essai de vieillissement – Loi d'Arrhénius – Problèmes liés aux températures plus élevées

Annexe M (informative) Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique

Annexe N (normative) Considérations d'ordre mécanique

Annexe O (normative) Essais de court-circuit

Page 8

AVANT-PROPOS

Remplacer, à l'avant-dernière ligne de l'avant-propos, « A, B, C et D » par « A, B, C, D et N ».

Remplacer, à la dernière ligne de l'avant-propos, « E, F, G, H, J et K » par « E, F, G, H, J, K, L, M et O ».

Page 12

1.1 Domaine d'application

Supprimer le second alinéa.

1.2 Références normatives

Ajouter les nouvelles références suivantes:

CEI 60068-2-11:1981, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Ka: Brouillard salin.*

CEI 60068-2-14:1984, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai N: Variations de température.*

CEI 60068-2-17:1994, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2: Essais – Essai Q: Etanchéité.*

CEI 60068-2-42:1982, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais. Essai Kc: Essai à l'anhydride sulfureux pour contacts et connexions.*

CEI 60071-2:1996, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application.*

CEI 60298:1990, *Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV.*

CEI 60517:1990, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV.*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension.*

CEI 60721-3-2:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport.*

Add, after annex K, the following new annexes L, M, N and O:

Annex L (informative) Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures

Annex M (informative) Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters

Annex N (normative) Mechanical considerations

Annex O (informative) Short-circuit tests

Page 9

FOREWORD

Replace, in the penultimate line of the foreword, 'A, B, C and D' by 'A, B, C, D and N'.

Replace, in the last line of the foreword, 'E, F, G, H, J and K' by 'E, F, G, H, J, K, L, M and O'.

Page 13

1.1 Scope

Delete the second paragraph.

1.2 Normative references

Insert, in the existing list, the following new references:

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ka: Salt mist.*

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test N: Change of temperature.*

IEC 60068-2-17:1994, *Basic environmental testing procedures – Part 2: Tests – Test Q: Sealing.*

IEC 60068-2-42:1982, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections.*

IEC 60071-2:1996, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide.*

IEC 60298:1990, *A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV to and up to and including 52 kV.*

IEC 60517:1990, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above.*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.*

IEC 60721-3-2:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation.*

CEI 61109:1992, *Isolateurs composites destinés aux lignes aériennes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation.*

CEI 61166:1993, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension.*

CEI 61330:1995, *Postes préfabriqués haute tension/basse tension.*

IEEE C62.11:1999, *Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating Current Power Circuits.* (publié en anglais seulement)

Page 14

SECTION 2: DÉFINITIONS

Ajouter, à la page 26, les nouvelles définitions suivantes:

2.46

Enveloppe et ailettes

2.46.1 Enveloppe

Élément isolant externe d'un parafoudre qui procure la ligne de fuite nécessaire et protège les éléments internes contre le milieu environnant.

NOTE Une enveloppe peut être constituée de plusieurs éléments assurant la résistance mécanique et la protection contre le milieu environnant.

2.46.2 Ailette

Élément isolant saillant de l'enveloppe destiné à en augmenter la ligne de fuite.

2.47 Parafoudre à enveloppe synthétique

Voir paragraphe 2.60

2.48 Indicateur de défaut

Dispositif destiné à donner une indication de la défaillance d'un parafoudre mais qui ne le déconnecte pas du réseau.

2.49 Fraction électrique

Portion de parafoudre dont chacune des extrémités se termine par une électrode soumise au milieu environnant.

NOTE Une fraction électrique est identique à une "élément de parafoudre" telle que définie en 2.6.

2.50 Fraction mécanique

Portion de parafoudre à l'intérieur de laquelle un dispositif mécanique empêche le déplacement axial des résistances.

2.51 Parafoudre sous enveloppe métallique à isolation gazeuse (parafoudre blindé)

Parafoudre à oxyde métallique, sous enveloppe métallique et à isolation gazeuse, sans éclateur série ou parallèle intégré, rempli d'un gaz autre que de l'air.

NOTE 1 La pression du gaz est habituellement supérieure à 1 bar = 10^5 Pa.

NOTE 2 Parafoudre utilisé dans les appareillages à isolation gazeuse

IEC 61109:1992, *Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria.*

IEC 61166:1993, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers.*

IEC 61330:1995, *High-voltage/low voltage prefabricated substations.*

IEEE C62.11:1999, *Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating Current Power Circuits.*

Page 15

SECTION 2: DEFINITIONS

Add, on page 27, the following new definitions:

2.46 Housing and sheds

2.46.1 Housing

External insulating part of an arrester which provides the necessary creepage distance and protects the internal parts from the environment.

NOTE A housing may consist of several parts providing mechanical strength and protection against the environment.

2.46.2 Shed

Insulating part projecting from the housing, intended to increase the creepage distance.

2.47 Polymer housed surge arrester

See subclause 2.60.

2.48 Fault indicator

Device intended to provide an indication that the arrester is faulty, and which does not disconnect the arrester from the system.

2.49 Electrical unit

Portion of an arrester in which each end of the unit is terminated with an electrode which is exposed to the external environment.

NOTE An electrical unit is identical to a "unit of an arrester" as defined in 2.6.

2.50 Mechanical unit

Portion of an arrester in which the resistors within the unit are mechanically restrained from moving in an axial direction.

2.51 Gas-insulated metal enclosed surge arrester (GIS-arrester)

Gas-insulated metal-enclosed metal-oxide surge arrester without any integrated series or parallel spark gaps, filled with gas other than air.

NOTE 1 The gas pressure is normally higher than 1 bar = 10^5 Pa.

NOTE 2 A surge-arrester used in gas-insulated switchgear.

2.52 Parafoudre du type débrochable (parafoudre débrochable)

Parafoudre assemblé dans une enveloppe isolante ou blindée assurant l'isolation du système, destiné à être installé dans une enceinte pour assurer la protection des matériels et des réseaux de distribution. Les connexions électriques peuvent être assurées par un contact glissant ou par visserie; cependant, tous les parafoudres débrochables se raccordent hors tension.

NOTE L'utilisation de parafoudres débrochables est une pratique commune en Europe.

2.53 Parafoudre à raccorder sur prise (parafoudre pour prise)

Parafoudre monté dans une enveloppe blindée, assurant l'isolation du système et la continuité du blindage à la terre, et destiné à être installé dans une enceinte pour assurer la protection des matériels et des réseaux de distribution enterrés ou montés sur poteaux.

NOTE 1 La plupart des parafoudres pour prise se raccordent sous tension.

NOTE 2 Les parafoudres pour prise sont couramment utilisés aux USA.

2.54 Parafoudre se raccordant hors tension

Parafoudre pouvant être connecté et déconnecté du circuit seulement lorsque celui-ci est hors tension.

2.55 Parafoudre se raccordant sous tension

Parafoudre pouvant être connecté et déconnecté lorsque le circuit est sous tension.

2.56 Parafoudre du type immergé (parafoudre immergé)

Parafoudre destiné à être immergé dans un liquide isolant.

2.57 Courant assigné de défaillance en circuit ouvert pour parafoudre immergé

Niveau de courant de défaut au-delà duquel le parafoudre est déclaré se mettre en circuit ouvert après défaillance.

2.58 Courant assigné de défaillance en court-circuit pour parafoudre immergé

Niveau de courant de défaut au-dessous duquel le parafoudre est déclaré se mettre en court-circuit après défaillance.

NOTE Les définitions 2.57 et 2.58 sont préliminaires et sont susceptibles d'être remplacées par des définitions plus générales.

2.59 Parafoudre à enveloppe en porcelaine

Parafoudre utilisant la porcelaine comme matériau d'enveloppe, avec des fixations et un système d'étanchéité.

2.60 Parafoudre à enveloppe synthétique

Parafoudre utilisant des matériaux synthétiques et composites pour l'enveloppe, avec des fixations.

NOTE Des conceptions avec un volume de gaz interne sont possibles. L'étanchéité peut être assurée par le matériau synthétique lui-même ou l'utilisation d'un système séparé.

2.61 Moment de flexion

Force horizontale appliquée sur l'enveloppe du parafoudre multipliée par la distance verticale entre l'embase (niveau le plus bas de la collerette) de l'enveloppe et le point d'application de la force.

2.62 Effort en tête

Force perpendiculaire à l'axe longitudinal du parafoudre mesurée au niveau de son axe.

2.63 Effort de torsion

Chacune des forces horizontales appliquées en partie haute de l'enveloppe d'un parafoudre installé en position verticale, qui ne s'appliquent pas sur son axe longitudinal.

2.52 Arrester – separable type (separable arrester)

Arrester assembled in an insulated or screened housing providing system insulation, intended to be installed in an enclosure for the protection of distribution equipment and systems. Electrical connection may be made by sliding contact or by bolted devices; however, all separable arresters are deadbreak arresters.

NOTE Separable arrester use is common European practice.

2.53 Arrester – deadfront type (deadfront arrester)

Arrester assembled in a shielded housing providing system insulation and conductive ground shield, intended to be installed in an enclosure for the protection of underground and pad mounted distribution equipment and circuits.

NOTE 1 Most deadfront arresters are loadbreak arresters.

NOTE 2 Deadfront arrester use is common U.S.A. practice.

2.54 Deadbreak arrester

Arrester which can be connected and disconnected from the circuit only when the circuit is de-energised.

2.55 Loadbreak arrester

Arrester which can be connected and disconnected when the circuit is energised.

2.56 Arrester – liquid-immersed type (liquid-immersed arrester)

Arrester designed to be immersed in an insulating liquid.

2.57 Fail-open current rating for liquid-immersed arrester

Fault current level above which the arrester is claimed to evolve into an open circuit upon failure.

2.58 Fail-short current rating for liquid-immersed arrester

Fault current level below which the arrester is claimed to evolve into a short-circuit upon failure.

NOTE Definitions 2.57 and 2.58 are preliminary and may be superseded by more general definitions.

2.59 Porcelain housed arrester

Arrester using porcelain as housing material, with fittings and sealing systems.

2.60 Polymer housed arrester

Arrester using polymeric and composite materials for housing, with fittings.

NOTE Designs with an enclosed gas volume are possible. Sealing may be accomplished by use of the polymeric material itself or by a separate sealing system.

2.61 Bending moment

Horizontal force acting on the arrester housing multiplied by the vertical distance between the mounting base (lower level of the flange) of the arrester housing and the point of application of the force.

2.62 Terminal line force

Force perpendicular to the longitudinal axis of the arrester measured at the centre line of the arrester.

2.63 Torsional loading

Each horizontal force at the top of a vertical mounted arrester housing which is not applied to the longitudinal axis of the arrester.

2.64 Effort à la rupture

Force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine, qui provoque la rupture mécanique de son enveloppe.

2.65 Limite de dégradation

Valeur la plus faible de la force perpendiculaire à l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe synthétique, qui provoque la rupture mécanique de son enveloppe.

2.66 Effort maximal admissible en service (MPSL)

Force perpendiculaire la plus élevée appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe synthétique qui soit admissible en service sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre.

2.67 Effort dynamique maximal admissible en service (MPDSL)

Force perpendiculaire la plus élevée appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine qui est admissible en service pendant de courtes périodes (par exemple forces dues à des courants de court-circuit, contraintes sismiques) sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre.

2.68 Effort statique admissible en service (PSSL)

Force perpendiculaire appliquée sur l'axe longitudinal d'un parafoudre à enveloppe porcelaine qui est admissible en permanence sans provoquer de dommages mécaniques au parafoudre.

2.69 Éléments internes

Éléments résistifs à oxyde métallique avec leurs supports.

2.70 Étanchéité (aux gaz et à l'eau)

Capacité d'un parafoudre à empêcher l'entrée de corps étrangers affectant son comportement électrique et/ou mécanique.

Page 26

3.1 Identification des parafoudres

Changer le cinquième tiret (courant assigné du limiteur de pression) par le suivant:

- courant assigné de tenue au court-circuit en kiloampères (kA). Pour les parafoudres pour lesquels aucune tenue en court-circuit n'est déclarée, la marque «-» doit être indiquée.

Page 30

Tableau 1 – Classification des parafoudres et essais¹⁾

Ajouter, au tableau 1, les nouveaux éléments 10 et 11 suivants:

	Valeurs normales des courants nominaux de décharge ²⁾				
	20 000 A	10 000 A	5 000 A	2 500 A	1 500 A
10. Essai de décharges partielles internes	7.8	7.8	7.8	7.8	---
11. Essais mécaniques	13	13	13	13	13

Remplacer la note de bas de tableau 1) par la suivante:

¹⁾ Les nombres des lignes 2 à 8, 10 et 11 se réfèrent aux articles et paragraphes de cette norme.

2.64 Breaking load

Force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain housed arrester leading to mechanical failure of the arrester housing.

2.65 Damage limit

Lowest value of a force perpendicular to the longitudinal axis of a polymer housed arrester leading to mechanical failure of the arrester housing.

2.66 Maximum permissible service load (MPSL)

Greatest force perpendicular to the longitudinal axis of a polymer housed arrester, allowed to be applied during service without causing any mechanical damage to the arrester.

2.67 Maximum permissible dynamic service load (MPDSL)

Greatest force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain housed arrester, allowed to be applied during service for short periods (e.g. short-circuit current forces, seismic stress) without causing any mechanical damage to the arrester.

2.68 Permissible static service load (PSSL)

Force perpendicular to the longitudinal axis of a porcelain housed arrester, allowed to be continuously applied during service without causing any mechanical damage to the arrester.

2.69 Internal parts

Metal-oxide resistor elements with supporting structure.

2.70 Seal (gas/water-tightness)

Ability of an arrester to avoid ingress of matter affecting the electrical and/or mechanical behaviour into the arrester.

Page 27

3.1 Arrester Identification

Replace the fifth dashed item (pressure relief rated current) by the following:

- rated short-circuit withstand current in kiloamperes (kA). For arresters for which no short-circuit rating is claimed, the sign "—" shall be indicated

Page 31

Table 1 – Arrester classification and test requirements¹⁾

Add, to table 1, the following new items 10 and 11:

	Standard nominal discharge current ²⁾				
	20 000 A	10 000 A	5 000 A	2 500 A	1 500 A
10. Internal partial discharge test	7.8	7.8	7.8	7.8	---
11. Mechanical tests	13	13	13	13	13

Replace footnote 1 by the following:

¹⁾ Numbers in rows 2 to 9, 10 and 11 refer to clauses and subclauses and annexes in this standard.

Page 36

5.4 Décharges partielles

Remplacer le titre et le texte de ce paragraphe par les suivants:

5.4 Décharges partielles internes

Le niveau de décharges partielles internes dans le parafoudre, lorsqu'il est alimenté sous 1,05 fois sa tension de service permanent, doit être ≤ 10 pC.

5.5 Etanchéité

Remplacer le titre et le texte de ce paragraphe par les suivants:

5.5 Taux de fuite de l'étanchéité

Pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système séparé d'étanchéité, des taux de fuite devront être spécifiés comme définis en 8.1 d) et 13.7.4.

Page 40

5.11 Limiteur de pression

Remplacer le titre et le texte de ce paragraphe par les suivants:

5.11 Court-circuit

Un parafoudre pour lequel une tenue en court-circuit est déclarée par le constructeur ne doit pas provoquer de rupture explosive en cas de défaillance; voir annexe O.

Ajouter, après 5.13, le nouveau paragraphe suivant:

5.14 Efforts mécaniques

Le constructeur doit spécifier les efforts maximaux en tête admissibles lors de l'installation et en service, tels que des efforts de flexion, de torsion et de traction. La tenue à l'effort de flexion (moment de flexion) doit être vérifiée conformément à 13.7.2.

Page 42

7.1 Généralités

Remplacer, à la page 44, le texte des points 5, 8 et 9 comme suit:

5) Essais de court-circuit: voir 5.11 et annexe O

Ces essais démontrent la capacité du parafoudre à supporter des courants de court-circuit sans rupture explosive dans les conditions d'essai spécifiées. Pour les parafoudres à enveloppe synthétique, ces essais démontrent également la capacité du parafoudre à auto-éteindre les flammes provoquées par l'arc.

8) Essai de décharges partielles internes: voir 5.4 et 7.8.

Cet essai mesure les décharges partielles internes.

Page 37

5.4 Partial discharges

Replace the title and the text of this subclause by the following:

5.4 Internal partial discharges

The internal partial discharges in the arrester energised at 1,05 times the continuous operating voltage shall be ≤ 10 pC.

5.5 Seal leakage

Replace the title and text of this subclause by the following:

5.5 Seal leak rate

For arresters having an enclosed gas volume and a separate sealing system, seal leak rates shall be specified as defined in 8.1 d) and 13.7.4.

Page 41

5.11 Pressure relief

Replace the title and text of this subclause by the following:

5.11 Short-circuit

An arrester for which a short-circuit rating is claimed by the manufacturer shall not fail in a manner that causes violent shattering; see annex O.

Add, after 5.13, the following new subclause:

5.14 Mechanical loads

The manufacturer shall specify the maximum permissible terminal loads relevant for installation and service, such as cantilever, torque and tensile loads. The cantilever load (bending moment) shall be tested according to 13.7.2.

Page 43

7.1 General

Replace, on page 45, the text of items 5, 8 and 9, as follows:

5) Short-circuit tests: see 5.11 and annex O.

These tests demonstrate the ability of the arrester to withstand short-circuit currents without violent shattering under specified test conditions. For polymer housed arresters the tests also demonstrate the ability of the arrester to self-extinguish any fire caused by the arc.

8) Internal partial discharge test: see 5.4 and 7.8.

This test measures the internal partial discharges.

9) Mesure du taux de fuite: voir 5.5 et 13.7.4

Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau de l'assemblage complet du para-foudre. Il s'applique à tous les para-foudres à enveloppe porcelaine et aux para-foudres à enveloppe synthétique comportant des joints et composants associés qui sont essentiels pour maintenir une atmosphère contrôlée à l'intérieur de l'enveloppe (para-foudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

Ajouter, après le point 10, les nouveaux points 11) et 12) suivants:

11) Essai en moment de flexion: voir 13.7.2.

Cet essai démontre la capacité du para-foudre à supporter les valeurs des efforts de flexion déclarées par le constructeur.

12) Essai d'environnement: voir 13.7.3.

Ces essais démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du para-foudre ne sont pas affectés par les conditions environnementales.

Page 50

7.3.1 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide

Remplacer le texte existant par le nouveau texte suivant:

Une impulsion de courant à front raide conformément à 2.16 avec une valeur crête égale au courant nominal de décharge du para-foudre $\pm 5\%$ doit être appliquée à chacun des trois échantillons. La valeur crête et la forme d'onde de la tension apparaissant aux bornes des trois échantillons doit être enregistrée et, si nécessaire, corrigée des effets inductifs du circuit de mesure de la tension ainsi qu'en fonction de la géométrie de l'échantillon et du circuit d'essai.

La procédure suivante doit être utilisée pour déterminer si une correction des effets inductifs est nécessaire. Une impulsion de courant à front raide comme décrite ci-dessus doit être appliquée à un bloc de métal de même dimension que les résistances échantillons en essai. La valeur crête et la forme d'onde apparaissant aux bornes du bloc de métal doivent être enregistrées. Si la tension crête sur le bloc de métal est inférieure à 2 % de la tension crête mesurée sur les résistances échantillons, aucune correction inductive de la tension mesurée sur les résistances n'est nécessaire. Si la tension crête sur le bloc de métal est comprise entre 2 % et 20 % de la tension crête mesurée sur les résistances échantillons, alors la forme d'onde de la tension aux bornes du bloc de métal doit être soustraite de la forme d'onde des tensions mesurées sur chacune des résistances, et les valeurs crête des ondes ainsi obtenues doivent être enregistrées comme valeur corrigée des tensions des résistances. Si la tension crête sur le bloc de métal est supérieure à 20 % de la tension crête sur les résistances échantillons, alors le circuit d'essai et le circuit de mesure de la tension doivent être améliorés.

NOTE Une manière possible de réaliser des formes d'onde de courant identiques lors des mesures est de les appliquer en même temps sur l'échantillon et sur le bloc métallique lacés en série dans le circuit d'essai. Seule leur position relative nécessite d'être inversée pour la mesure de la chute de tension sur l'échantillon ou sur le bloc métallique.

L'onde impulsionnelle de tension sur l'échantillon (corrigée si nécessaire) ayant la plus grande valeur crête doit être utilisée pour déterminer la valeur de la tension résiduelle au choc de courant à front raide du para-foudre selon l'une des procédures a) ou b) suivantes:

9) Seal leak rate test: see 5.5 and 13.7.4.

This test demonstrates the gas/water-tightness of the complete system. It applies to all arresters employing porcelain housings and to arresters with polymer housings having seals and associated components essential for the maintenance of a controlled atmosphere within the housing (arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system).

Add, after item 10, the following new items 11) and 12):

11) Bending moment test: see 13.7.2.

This test demonstrates the ability of the arrester to withstand the manufacturer's declared values for bending loads.

12) Environmental tests: see 13.7.3.

These tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the arrester are not impaired by environmental conditions.

Page 51

7.3.1 Steep current impulse residual voltage test

Replace the existing text by the following new text:

One steep current impulse in accordance with 2.16 with a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester $\pm 5\%$ shall be applied to each of the three samples. The peak value and the impulse shape of the voltage appearing across the three samples shall be recorded and, if necessary, corrected for inductive effects of the voltage measuring circuit as well as the geometry of the test sample and the test circuit.

The following procedure shall be used to determine if an inductive correction is required. A steep current impulse as described above shall be applied to a metal block having the same dimensions as the resistor samples being tested. The peak value and the shape of the voltage appearing across the metal block shall be recorded. If the peak voltage on the metal block is less than 2 % of the peak voltage of the resistor samples, no inductive correction to the resistor measurements is required. If the peak voltage on the metal block is between 2 % and 20 % of the peak voltage on the resistor sample, then the impulse shape of the metal block voltage shall be subtracted from the impulse shape of each of the resistor voltages and the peak values of the resulting impulse shapes shall be recorded as the corrected resistor voltages. If the peak voltage on the metal block is greater than 20 % of the peak voltage on the resistor samples, then the test circuit and the voltage measuring circuit shall be improved.

NOTE A possible way to achieve identical current wave shapes during all measurements is to perform them with both the test sample and the metal block in series in the test circuit. Only their positions relative to each other need to be interchanged for measuring the voltage drop on the metal block or on the test sample.

The sample impulse voltage wave shape (corrected if necessary) with the highest peak value shall be used to determine the steep current impulse residual voltage of the arrester according to one of the following procedures a) or b):

Procédure a)

- 1) multiplier l'onde de tension aux bornes de l'échantillon par le facteur d'échelle (voir 5.3);
- 2) à partir du choc de courant à front raide, déterminer le taux de variation du courant (di/dt) sur l'ensemble de l'onde et le multiplier par l'inductance pour déterminer la chute de tension inductive:

$$u(t) = L di/dt = L' h di/dt$$

où

$u(t)$ est la chute de tension inductive en fonction du temps (kV);

L' est l'inductance par unité de longueur ($\mu H/m$);

$L' = 1$ pour les parafoudres de type extérieur;

$L' = 0,3$ pour les parafoudres blindés;

h est la longueur du parafoudre de borne à borne (m);

di/dt est le taux de variation du courant en fonction du temps (kA/ μs).

- 3) ajouter les résultats de 1) et 2) en termes de forme d'onde; la valeur crête de l'onde résultante est la tension résiduelle au choc de courant à front raide du parafoudre.

Procédure b)

- 1) multiplier la valeur crête de la tension de choc par le facteur d'échelle (voir 5.3);
- 2) déterminer la chute de tension inductive aux bornes du parafoudre, en utilisant la formule suivante:

$$U_L = L di/dt = L' h I_n / T_f$$

où

U_L est la valeur crête de la chute de tension inductive (kV);

L' est l'inductance par unité de longueur ($\mu H/m$);

$L' = 1$ pour les parafoudres de type extérieur;

$L' = 0,3$ pour les parafoudres blindés;

h est la longueur du parafoudre de borne à borne (m);

T_f est le temps de front du choc de courant à front raide, qui vaut 1 μs ;

I_n est le courant nominal de décharge (kA).

- 3) ajouter les résultats de 1) et 2); la valeur résultante est la tension résiduelle au choc courant à front raide du parafoudre.

Page 58

7.5.2 Essai de vieillissement accéléré

Remplacer la totalité de ce paragraphe par le nouveau texte suivant:

Cet essai permet de déterminer les valeurs de tension majorées U_c^* et U_r^* qui sont utilisées pour les essais de fonctionnement (voir les figures 1, 2 et le tableau C.1) et permettront d'effectuer ces essais sur des résistances neuves.

NOTE Pour les résistances soumises à une tension proche de la tension de référence U_{ref} , une procédure d'essai alternative est à l'étude.

Procedure a)

- 1) multiply the sample impulse voltage waveshape by the scale factor (see 5.3);
- 2) from the waveshape of the steep current impulse, determine the rate of change of current (di/dt) over the entire waveshape and multiply it by the inductance in order to determine the inductive voltage drop:

$$u(t) = L \, di/dt = L' \, h \, di/dt$$

where

$u(t)$ is the inductive voltage drop as a function of time (kV);

L' is the inductivity per unit length ($\mu\text{H/m}$);

$L' = 1$ for outdoor arresters;

$L' = 0,3$ for GIS arresters;

h is the terminal-to-terminal length of the arrester (m);

di/dt is the rate of change of current with time ($\text{kA}/\mu\text{s}$);

- 3) add results of 1) and 2) on a waveshape basis; the peak value of the resulting waveshape is the steep current impulse residual voltage of the arrester.

Procedure b):

- 1) multiply the peak value of the sample impulse voltage by the scale factor (see 5.3);
- 2) determine the inductive voltage drop between the arrester terminals using the following formula:

$$U_L = L \, di/dt = L' \, h \, I_n / T_f$$

where

U_L is the peak value of the inductive voltage drop (kV);

L' is the inductivity per unit length ($\mu\text{H/m}$);

$L' = 1$ for outdoor arresters;

$L' = 0,3$ for GIS arresters;

h is the terminal-to-terminal length of the arrester (m);

T_f is the front time of the steep current impulse; equal to $1\mu\text{s}$;

I_n is the nominal discharge current (kA);

- 3) add the results of 1) and 2); the resulting value is the steep current impulse residual voltage of the arrester.

Page 59

7.5.2 Accelerated ageing procedure

Replace the whole of this subclause by the following new text:

This test procedure is designed to determine the voltage values U_c^* and U_r^* used in the operating duty tests (see figures 1, 2 and table C.1) which will allow those tests to be carried out on new resistors.

NOTE An alternate test procedure for resistors stressed close to or above the reference voltage U_{ref} is under consideration.

7.5.2.1 Procédure d'essai

Trois échantillons de résistances doivent être alimentés sous une tension égale à leur tension de service permanent corrigée U_{ct} (voir plus loin) pendant une durée de 1 000 h durant laquelle la température doit être régulée de façon à ce que la température à la surface des résistances se maintienne à $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$.

Tous les matériaux (solides ou liquides) en contact direct avec les résistances doivent être présents lors de l'essai de vieillissement, avec une conception identique à celle du parafoudre complet.

Pendant ce vieillissement accéléré, la résistance doit se trouver dans le milieu utilisé dans le parafoudre. Dans ce cas, l'essai doit être effectué sur des résistances séparées dans une enceinte fermée dont le volume est au moins le double de celui de la résistance; la densité du milieu dans l'enceinte ne doit pas être inférieure à celle du milieu dans le parafoudre.

NOTE 1 Le milieu entourant la résistance à l'intérieur du parafoudre peut subir des modifications durant la vie normale du parafoudre en raison de décharges partielles internes. Une éventuelle modification du milieu entourant la résistance peut accroître de façon significative la puissance absorbée en service.

Une procédure d'essai appropriée prenant en compte de telles modifications est à l'étude. Entre-temps, une procédure alternative consiste à réaliser l'essai dans du N_2 ou du SF_6 (pour les parafoudres blindés) avec une concentration d'oxygène faible (moins de 0,1 % en volume). Cela assure que, même en l'absence totale d'oxygène, le parafoudre ne vieillira pas.

Si le constructeur peut prouver que l'essai effectué à l'air libre est équivalent à celui effectué dans le milieu réel, l'essai de vieillissement pourra être effectué à l'air libre. La tension appropriée pour cet essai est la tension de service permanent corrigée (U_{ct}) à laquelle sont soumises les résistances dans le parafoudre, en tenant compte des effets de déséquilibre de tension. Il convient que cette tension soit déterminée par des calculs ou des mesures de répartition de tension.

NOTE 2 Des informations sur les procédures utilisables pour le calcul de la répartition de tension sont données à l'annexe M.

Pour les parafoudres de longueur H inférieure à 1 m, à l'exception de ceux à enveloppe conductrice et mise à la terre tels les parafoudres blindés, immergés, débouchables et pour prise, la tension peut être déterminée à partir de la formule suivante:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,15 H)$$

où H est la longueur totale du parafoudre (m).

L'essai de vieillissement décrit ci-dessus doit être effectué sur trois échantillons types de résistances dont la tension de référence doit répondre aux prescriptions de 6.3. La tension à fréquence industrielle doit correspondre aux prescriptions des essais de fonctionnement (voir 7.5.1).

7.5.2.2 Détermination des valeurs majorées de la tension assignée et de la tension de service permanent

Remplacer le texte existant par le nouveau texte suivant:

Les trois échantillons en essai doivent être chauffés jusqu'à une température de $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ et la puissance absorbée par les résistances P_{1ct} doit être mesurée à la tension U_{ct} 1 h ou 2 h après l'application de la tension. La puissance absorbée par les résistances doit être mesurée une fois dans chaque intervalle de 100 h après la première mesure donnant P_{1ct} . Enfin, la puissance absorbée par les résistances P_{2ct} doit être mesurée après $1\,000^{+100}_0$ h de vieillissement dans les mêmes conditions. Une mise hors tension intermédiaire accidentelle de l'échantillon en essai est acceptable, à condition qu'elle n'excède pas une durée totale de 24 h pour toute la période d'essai. Cette interruption de l'essai ne sera pas comptée dans le temps d'essai. Il convient que la mesure finale soit faite après une application de la tension

7.5.2.1 Test procedure

Three resistor samples shall be stressed at a voltage equal to the corrected maximum continuous operating voltage U_{ct} (see below) of the sample for 1 000 h, during which the temperature shall be controlled to keep the surface temperature of the resistor at $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$.

All material (solid or liquid) in direct contact with the resistors shall be present during the ageing test with the same design as used in the complete arrester.

During this accelerated ageing, the resistor shall be in the surrounding medium used in the arrester. In this case, the procedure shall be carried out on single resistors in a closed chamber where the volume of the chamber is at least twice the volume of the resistor and where the density of the medium in the chamber shall not be less than the density of the medium in the arrester.

NOTE 1 The medium surrounding the resistor within the arrester may be subject to a modification during the normal life of the arrester due to internal partial discharges. Possible change of the medium surrounding the resistor in the field can significantly increase the power losses.

A suitable test procedure taking into account such modifications is under consideration. During this time an alternative procedure consists in performing the test in N_2 or SF_6 (for GIS-arresters) with a low oxygen concentration (less than 0,1 %, in volume). This ensures that even in the total absence of oxygen, the arrester will not age.

If the manufacturer can prove that the test carried out in open air is equivalent to that carried out in the actual medium, the ageing procedure can be carried out in open air. The relevant voltage for this procedure is the corrected maximum continuous operating voltage (U_{ct}), which the resistors support in the arrester including voltage unbalance effects. This voltage should be determined by voltage distribution measurements or computations.

NOTE 2 Information on procedures for voltage distribution calculations are given in annex M.

For arresters with a length H of less than 1 m, except for arresters with conductive, grounded enclosures such as GIS-arresters, liquid-immersed, deadfront or separable arresters, the voltage may be determined from the following formula:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,15 H)$$

where H is the total length of the arrester (m).

The ageing procedure described above shall be carried out on three typical samples of resistor elements with a reference voltage fulfilling the requirements of 6.3. The power frequency voltage shall fulfil the requirements stated for the operating duty test (see 7.5.1).

7.5.2.2 Determination of elevated rated and continuous operating voltages

The three test samples shall be heated to $115\text{ °C} \pm 4\text{ K}$ and the resistor power losses P_{1ct} shall be measured at a voltage of U_{ct} 1 h to 2 h after the voltage application. The resistor power losses shall be measured once in every 100 h time span after the first measurement giving P_{1ct} . Finally, the resistor power losses P_{2ct} shall be measured after $1\,000^{+100}_0$ h of ageing under the same conditions. Accidental intermediate de-energising of the test samples, not exceeding a total duration of 24 h during the test period is permissible. The interruption will not be counted in the duration of the test. The final measurement should be performed after not less than 100 h of continuous energising. Within the temperature range allowed, all measurements shall be made at the same temperature $\pm 1\text{ K}$.

d'une durée au moins égale à 100 h. Dans la gamme de température admise, toutes les mesures doivent être faites à la même température à ± 1 K près.

La valeur minimale de la puissance absorbée parmi les valeurs mesurées au moins toutes les 100 h est appelée P_{3ct} . Cela est récapitulé à la figure 5.

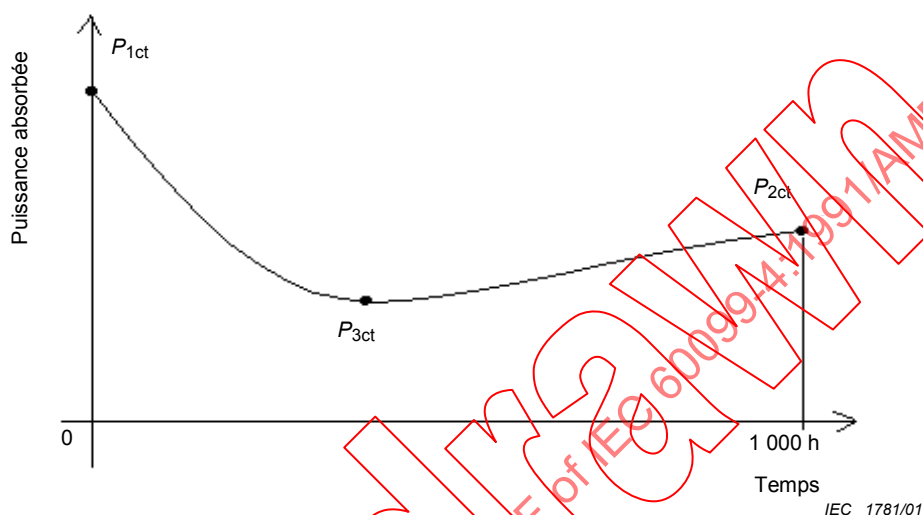


Figure 5 – Puissance absorbée par un parafoudre à températures élevées en fonction du temps

- ♦ Si P_{2ct} est inférieure ou égale à 1,1 fois P_{3ct} , les essais décrits en 7.5.4.2 et 7.5.5.2 doivent être réalisés sur des résistances neuves:
 - si P_{2ct} est inférieure ou égale à P_{1ct} , U_{sc} et U_{sr} sont utilisées sans majoration;
 - si P_{2ct} est supérieure à P_{1ct} , le rapport P_{2ct}/P_{1ct} est déterminé pour chaque échantillon. Le plus élevé de ces rapports est appelé K_{ct} . On mesure ensuite sur trois résistances neuves, à température ambiante, les puissances absorbées P_{1c} et P_{1r} respectivement à U_{sc} et U_{sr} . Puis on élève les tensions de façon à ce que les puissances correspondantes P_{2c} et P_{2r} obéissent à la relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}; \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

Les valeurs majorées U_c^* et U_r^* sont respectivement les plus élevées parmi les trois valeurs des tensions ainsi obtenues. Alternativement, des résistances vieilles peuvent aussi être utilisées après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

- ♦ Si P_{2ct} est supérieure à 1,1 fois P_{3ct} et si P_{2ct} est supérieure ou égale à P_{1ct} , les essais décrits en 7.5.4.2 et 7.5.5.2 doivent être effectués sur des résistances vieilles. Des résistances neuves avec valeurs majorées U_c^* et U_r^* peuvent être utilisées, mais seulement après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les résistances vieilles sont, par définition, des résistances essayées selon 7.5.2.1.

The minimum power losses value among those measured at least every 100 h time span shall be called P_{3ct} . This is summarised in figure 5.

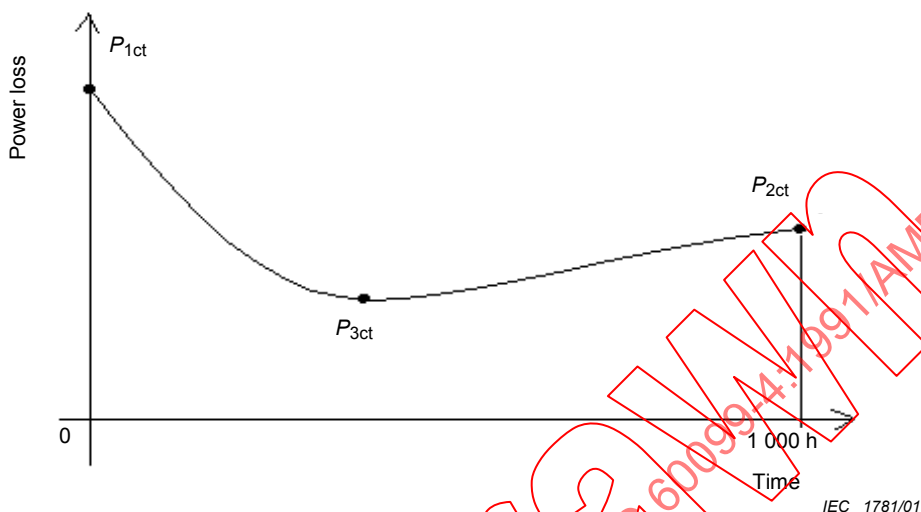


Figure 5 – Power losses of arrester at elevated temperatures versus time

- If P_{2ct} is equal to or below 1,1 times P_{3ct} , then the test according to 7.5.4.2 and 7.5.5.2 shall be performed on new resistors:
 - if P_{2ct} is equal to or less than P_{1ct} , U_{sc} and U_{sr} are used without any modification;
 - if P_{2ct} is greater than P_{1ct} , the ratio P_{2ct}/P_{1ct} is determined for each sample. The highest of these three ratios is called K_{ct} . On three new resistors at ambient temperature, the power losses P_{1c} and P_{1r} are measured at U_{sc} and U_{sr} respectively. Thereafter, the voltages are increased so that the corresponding power losses P_{2c} and P_{2r} fill the relation:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct}; \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* and U_r^* are the highest of the three increased voltages obtained. As an alternative, aged resistors may also be used after agreement between the user and the manufacturer.

- If P_{2ct} is greater than 1,1 times P_{3ct} , and P_{2ct} is greater than or equal to P_{1ct} then aged resistors shall be used for the following tests of 7.5.4.2 and 7.5.5.2. New resistors with corrected values U_c^* and U_r^* can be used, but only after agreement between the user and the manufacturer.

Aged resistors are, by definition, resistors tested according to 7.5.2.1.

Le tableau 7 suivant résume ces cas:

Tableau 7 – Détermination des tensions assignée et de service permanent majorées

Puissances absorbées mesurées	Echantillons et tensions d'essai pour les essais de fonctionnement
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} > P_{1ct}$	Echantillons neufs à U_{sc}^* et U_{sr}^*
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} < P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr}
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ et $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Echantillons vieillis à U_{sc} et U_{sr} (ou échantillons neufs à U_{sc}^* et U_{sr}^* après accord entre l'utilisateur et le constructeur)

Quand des résistances vieilles sont utilisées pour les essais de fonctionnement, il est recommandé que l'intervalle de temps entre l'essai de vieillissement et les essais de fonctionnement soit inférieur à 24 h.

Il convient que la durée des mesures soit suffisamment courte pour éviter une augmentation de la puissance absorbée en raison de l'échauffement.

Page 72

Remplacer le titre de 7.6 par le titre suivant:

7.6 Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut pour parafoudres

Remplacer "déconnecteur" par "déconnecteur/indicateur de défaut" partout dans 7.6.1 et 7.6.2.

Remplacer le premier alinéa de 7.6.1 par le texte suivant:

Dans cette procédure, le terme "déconnecteur/indicateur de défaut" signifie soit un déconnecteur soit un indicateur de défaut, selon le type d'accessoires utilisé sur le parafoudre.

Ces essais doivent être réalisés sur des parafoudres équipés d'un déconnecteur/indicateur de défaut ou sur l'ensemble déconnecteur/indicateur de défaut seul, si celui-ci est conçu de manière à ne pas être affecté par l'échauffement des pièces adjacentes au parafoudre en position d'installation normale.

Page 76

Ajouter, après 7.6.3.2, les nouveaux paragraphes 7.6.4, 7.7 et 7.8 suivants:

7.6.4 Fonctionnement de l'indicateur de défaut

A l'étude.

The following table 7 summarises these cases:

Table 7 – Determination of elevated rated and continuous operating voltages

Power losses measured	Test samples and test voltage for the operating duty test
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	New samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} \leq 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} > P_{1ct}$	New samples at U_{sc}^* and U_{sr}^*
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} < P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr}
$P_{2ct} > 1,1 \times P_{3ct}$ and $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	Aged samples at U_{sc} and U_{sr} (or new samples at U_{sc}^* and U_{sr}^* after agreement between the user and the manufacturer)

Where aged resistors are used in the operating duty test, it is recommended that the time delay between the ageing test and the operating duty test be not more than 24 h.

The measuring time should be short enough to avoid increased power loss due to heating.

Page 73

Change the title of 7.6 to the following new title:

7.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators

Replace “disconnector” by “disconnector/fault indicator” everywhere in 7.6.1 and 7.6.2

Replace the first paragraph of 7.6.1 by the following:

In this procedure, the term “disconnector/fault indicator” shall mean either a disconnector or a fault indicator, whichever type of device is used with the arrester.

These tests shall be made on arresters which are fitted with arrester disconnectors/fault indicators or on the disconnector/fault indicator assembly alone if its design is such as to be unaffected by the heating of adjacent parts of the arrester in its normally installed position.

Page 77

Add, after 7.6.3.2, the following new subclauses 7.6.4, 7.7 and 7.8:

7.6.4 Fault indicator operation

Under consideration.

7.7 Essais de court-circuit

Voir annexe O.

7.8 Essais de décharges partielles internes

L'essai doit être réalisé sur la fraction électrique de parafoudre la plus longue. Si cela ne correspond pas à la contrainte spécifique de tension par élément la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être réalisés sur l'élément ayant la contrainte de tension la plus élevée. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

NOTE Il convient que ces protections aient des effets négligeables sur la répartition de tension.

La tension à fréquence industrielle doit être augmentée jusqu'à la tension assignée de l'échantillon, maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite à 1,05 fois sa tension de service permanent. A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. La valeur mesurée pour les décharges partielles internes ne doit pas excéder 10 pC.

Page 76

8.1 Essais individuels

Remplacer le point c) par le nouveau texte suivant:

c) Essai de décharges partielles internes

L'essai doit être réalisé sur chaque élément de parafoudre. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

La tension à fréquence industrielle doit être augmentée jusqu'à la tension assignée de l'échantillon, maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite à 1,05 fois sa tension de service permanent. A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. La valeur mesurée pour les décharges partielles internes ne doit pas excéder 10 pC. Alternativement, le constructeur peut réaliser la mesure des décharges partielles internes à la tension assignée ou à une valeur de tension supérieure, sans réduire la tension d'essai par la suite.

Page 78

8.2.1 Essais de réception normaux

Remplacer le point c) par le nouveau texte suivant:

c) Essai de décharges partielles internes

L'essai doit être réalisé sur un parafoudre complet ou sur chaque élément du parafoudre. L'échantillon en essai peut être muni de protections aptes à éviter que ne se produisent des décharges partielles externes.

La tension à fréquence industrielle doit être augmentée jusqu'à la tension assignée de l'échantillon, maintenue pendant 2 s à 10 s, puis réduite à 1,05 fois sa tension de service permanent. A cette tension, le niveau des décharges partielles doit être mesuré selon la CEI 60270. La valeur mesurée pour les décharges partielles internes ne doit pas excéder 10 pC.

7.7 Short-circuit tests

See annex O.

7.8 Internal partial discharge tests

The test shall be performed on the longest electrical unit of the arrester. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit having the highest specific voltage stress. The test sample may be shielded against external partial discharges.

NOTE Shielding against external partial discharges should have negligible effects on the voltage distribution.

The power frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC.

Page 77

8.1 Routine tests

Replace item c) by the following new text:

c) Internal partial discharge test

The test shall be performed on each arrester unit. The test sample may be shielded against external partial discharges.

The power frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC. Alternatively, the manufacturer may carry out the partial discharge measurement at the rated voltage or at a higher value without reducing the test voltage afterwards.

Page 79

8.2.1 Standard acceptance tests

Replace item c) by the following new text:

c) Internal partial discharge test

The test shall be performed on the complete arrester or the arrester units. The test sample may be shielded against external partial discharges.

The power frequency voltage shall be increased to the rated voltage of the sample, held for 2 s to 10 s, and then decreased to 1,05 times the continuous operating voltage of the sample. At that voltage, the partial discharge level shall be measured according to IEC 60270. The measured value for the internal partial discharge shall not exceed 10 pC.

Page 76

Ajouter, après la section 8, les nouvelles sections 9, 10, 11, 12 et 13 suivantes:

SECTION 9: PRESCRIPTIONS D'ESSAIS POUR LES PARAFODRES À ENVELOPPE SYNTHÉTIQUE

9.1 Généralités

Voir section 1.

9.2 Définitions

Voir section 2.

9.3 Identification et classification

Voir section 3.

9.4 Caractéristiques assignées

Voir section 4.

9.5 Prescriptions

Les prescriptions de la section 5 s'appliquent avec les modifications suivantes:

- 5.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre, modifié par 9.7.2
- 5.8 Tenue au choc de courant de longue durée, modifié par 9.7.4
- 5.9 Fonctionnement des parafoudres, modifié par 9.7.5

Des exigences supplémentaires sont spécifiées pour l'étanchéité (voir 9.7.9) et le vieillissement sous contraintes climatiques (voir 9.7.10).

9.6 Conditions générales d'exécution des essais

Voir section 6.

9.7 Essais de type (essais de conception)

9.7.1 Généralités

Les essais de type à réaliser sur les parafoudres à enveloppe synthétique sont ceux définis dans la section 7 modifiée comme indiqué ci-après.

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre:

- 1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre, comme modifiés par 9.7.2.
- 3) Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée, comme modifié par 9.7.4.
- 4) Essais de fonctionnement, comme modifiés par 9.7.5.
- 6) Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut, comme modifiés par 9.7.6.
- 7) Les essais de pollution artificielle de l'annexe F ne sont pas applicables

De plus, les essais suivants doivent être réalisés:

Page 77

Add, after section 8, the following new sections 9, 10, 11, 12 and 13:

SECTION 9: TEST REQUIREMENTS ON POLYMER-HOUSED SURGE ARRESTERS

9.1 General

See section 1.

9.2 Definitions

See section 2.

9.3 Identification and classification

See section 3.

9.4 Standard ratings

See section 4.

9.5 Requirements

The requirements of section 5 apply with the following modification:

- 5.1 Insulation withstand of the arrester housing, modified by 9.7.2
- 5.8 Long duration current impulse withstand, modified by 9.7.4
- 5.9 Operating duty, modified by 9.7.5

Additional requirements are imposed for moisture ingress (see 9.7.9) and weather ageing (see 9.7.10.)

9.6 General testing procedure

See section 6.

9.7 Type tests (design tests)

9.7.1 General

The type tests performed for polymer housed surge arresters are those defined in section 7 modified as indicated below.

The following type tests shall be carried out depending upon the arrester type:

- 1) Insulation withstand tests on the arrester housing, as modified by 9.7.2.
- 3) Long duration current impulse withstand test, as modified by 9.7.4.
- 4) Operating duty tests, as modified by 9.7.5.
- 6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators, as modified by 9.7.6.
- 7) Artificial pollution tests of annex F do not apply.

In addition, the following tests are to be made

11) Essai d'étanchéité (voir 9.7.9)

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister à la pénétration d'humidité après avoir été soumis aux contraintes mécaniques spécifiées.

12) Essai de vieillissement climatique (voir 9.7.10)

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister aux conditions climatiques spécifiées.

NOTE Cet essai ne s'applique pas aux parafoudres à enveloppe synthétique uniquement destinés à un usage intérieur.

9.7.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Le paragraphe 7.2 s'applique en remplaçant 7.2.2 par le texte suivant:

9.7.2.2 Essais sur fraction électrique individuelle

Les essais appropriés doivent être réalisés sur la fraction électrique la plus longue. Si celle-ci ne représente pas la contrainte de tension spécifique par unité de longueur la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être effectués sur la fraction présentant la plus forte contrainte de tension spécifique. Les parties internes peuvent être remplacées par un arrangement équivalent (éléments de répartition par exemple) pour assurer une répartition linéaire de la tension le long de l'axe du parafoudre.

Pour les conceptions où l'isolation externe est moulée directement sur les résistances ou un substrat d'isolation quelconque, ces essais peuvent être réalisés avec un revêtement moulé sur un substrat isolant approprié.

9.7.3 Essais de vérification des tensions résiduelles

Le paragraphe 7.3 s'applique.

9.7.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 7.4 s'applique en ajoutant le texte suivant à la fin de 7.4.1:

Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, l'essai peut être réalisé conformément à 7.4.1. Dans les autres cas, l'inspection visuelle des parafoudres à enveloppe synthétique ne concerne que leurs éléments extérieurs. Pour contrôler l'intégrité de leurs éléments internes, un choc supplémentaire de courant de longue durée doit être appliqué, après avoir laissé l'échantillon refroidir jusqu'à température ambiante, pour s'assurer qu'aucun dommage n'a été provoqué. Si l'échantillon a résisté sans dommages à ce dix-neuvième choc de courant de longue durée, selon les enregistrements oscillographiques, l'essai est positif.

9.7.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 7.5 s'applique avec les modifications suivantes:

Remplacer le point b) iv) de 7.5.3.2 par le suivant:

- iv) l'enveloppe doit être suffisamment longue pour contenir la fraction de parafoudre.

Ajouter les nouveaux points suivants à 7.5.3.2 b):

- v) l'arrangement interne doit être le même que celui du parafoudre complet. Autrement dit, il convient que la fraction représente une tranche du parafoudre.
- vi) une isolation peut être ajoutée à l'extrémité et, si nécessaire, autour de l'enveloppe pour répondre aux exigences thermiques de l'annexe B.

11) Moisture ingress test (see 9.7.9)

This test demonstrates the ability of the arrester to resist ingress of moisture after being subjected to specified mechanical stresses.

12) Weather ageing test (see 9.7.10)

This test demonstrates the ability of the arrester to withstand specified climatic conditions.

NOTE This test does not apply to polymer housed arresters intended for indoor use only.

9.7.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

Subclause 7.2 applies, except that the following should be used instead of 7.2.2:

9.7.2.2 Tests on individual electrical section

The applicable tests shall be run on the longest electrical section. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the electrical section having the highest specific voltage stress. The internal parts may be replaced by an equivalent arrangement (e.g. grading elements) to provide linear voltage distribution along the arrester axis.

In design cases where the external insulation is moulded directly onto the resistors or some insulating material substrate, these tests may be performed with the housing moulded on to a suitable insulating substrate.

9.7.3 Residual voltage tests

Subclause 7.3 applies.

9.7.4 Long duration current impulse withstand test

Subclause 7.4 applies, with the following addition at end of 7.4.1:

If the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, the test may be performed according to 7.4.1. In the other cases, visual inspection applies only to external parts. To check the integrity of the internal parts, an additional long duration current impulse shall be performed after the sample has cooled down to ambient temperature to verify that no damage occurred. If the sample has withstood this nineteenth long duration current impulse with no damage (checked by the oscillographic records), then the sample has passed the test.

9.7.5 Operating duty tests

Subclause 7.5 applies, with the following modifications:

Replace item b) iv) of 7.5.3.2 with the following:

- iv) the housing shall be long enough to enclose the arrester section.

Add the following new items to 7.5.3.2 b):

- v) the internal arrangement shall be the same as that of the complete arrester. It means that the section should represent a slice of the surge arrester.
- vi) insulation may be added at the end and, if necessary, around the housing to meet the thermal requirement of annex B.

Ajouter le texte suivant à 7.5.4.1:

Si les résistances ne sont pas en contact direct avec un matériau solide, l'essai de conditionnement peut être réalisé à l'air libre. Dans les autres cas, cet essai de conditionnement doit être réalisé sur la fraction à une température d'air non ventilé de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

Ajouter le texte suivant à la fin de 7.5.4.2:

Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, une inspection visuelle des résistances doit être faite afin de vérifier que l'essai n'a pas provoqué de perforation, contournement ou bris des résistances. Sinon, pour contrôler l'intégrité des résistances, des essais complémentaires doivent être effectués comme suit afin de s'assurer qu'aucun dommage ne s'est produit pendant l'essai:

- Avant les essais, la tension résiduelle au courant nominal de décharge I_n est mesurée sur les échantillons.
- Après les essais, deux chocs de courant à I_n sont appliqués aux échantillons, le premier étant appliqué à l'issue d'un délai suffisant pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à température ambiante, et le second étant appliqué entre 50 s et 60 s après le premier.
- Lors des deux chocs, il convient que les oscillogrammes de tension et de courant ne révèlent aucune rupture d'isolement et que l'écart de tension résiduelle entre la mesure initiale et le dernier choc de courant n'excède pas 5 %.

Ajouter le texte suivant à 7.5.5.1:

Si les résistances ne sont pas en contact direct avec un matériau solide, l'essai de conditionnement peut être réalisé à l'air libre. Dans les autres cas, cet essai de conditionnement doit être réalisé sur la fraction à une température d'air non ventilé de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$.

Ajouter, à la fin de 7.5.5.2, l'alinéa suivant:

Si le constructeur déclare que les résistances peuvent être extraites de l'échantillon, l'essai peut être réalisé conformément à 7.4.1. Dans les autres cas, l'inspection visuelle des parafoudres à enveloppe synthétique ne concerne que leurs éléments extérieurs. Pour contrôler l'intégrité de leurs éléments internes, un choc supplémentaire de courant de longue durée doit être appliqué après avoir laissé l'échantillon refroidir jusqu'à température ambiante pour s'assurer qu'aucun dommage n'a été provoqué. Si l'échantillon a résisté sans dommages à ce troisième choc de courant de longue durée, selon les enregistrements oscillographiques, l'essai est positif.

9.7.6 Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut

Le paragraphe 7.6 s'applique.

9.7.7 Essais de court-circuit

Le paragraphe 7.7 s'applique.

9.7.8 Essais de décharges partielles internes

Le paragraphe 7.8 s'applique.

Add the following text to 7.5.4.1:

If the resistors are not in direct contact with a solid material, the conditioning test can be performed in open air. In the other cases, this conditioning test shall be carried out on the section at a still air temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$.

Add the following paragraph at the end of 7.5.4.2:

If the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, a visual examination of the resistors shall be made to verify that the test has not caused puncture, flashover or cracking of the resistors. Otherwise, additional tests shall be performed to be sure that no damage occurred during the test as follows:

- Before the tests, the residual voltage at the nominal discharge current I_n is measured on the samples.
- After the tests, two impulses at I_n are applied on the sample. The first impulse is applied after sufficient time to allow the cooling of the sample to ambient temperature. The second impulse is applied between 50 s to 60 s after the first one.
- During the two impulses, the oscillograms of both voltage and current should not reveal any breakdown. The variation of the residual voltage between the initial measurement and the last impulse should not be greater than 5 %.

Add the following text to 7.5.5.1:

If the resistors are not in direct contact with a solid material, the conditioning test can be performed in the open air. In other cases, this conditioning test shall be carried out on the section at a still air temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$.

Add, at the end of 7.5.5.2, the following paragraph:

If the manufacturer declares that the resistors may be removed from the test sample, the test may be performed according to 7.4.1. In other cases, visual inspection applies only to external parts. To check the integrity of the internal parts, an additional long duration current impulse shall be performed after the sample has cooled to ambient temperature to be sure that no damage occurred. If the sample has withstood this third, long duration current impulse with no damage, checked by the oscillographic records, then the sample has passed the test.

9.7.6 Tests of arrester disconnectors and fault indicators

Subclause 7.6 applies.

9.7.7 Short-circuit tests

Subclause 7.7 applies.

9.7.8 Internal partial discharge tests

Subclause 7.8 applies.

9.7.9 Essai d'étanchéité

En général, il convient que l'échantillon en essai corresponde à la fraction mécanique la plus longue. Si la longueur de la fraction mécanique la plus longue excède 800 mm, une longueur plus petite peut être essayée à condition qu'elle soit supérieure à trois fois le diamètre externe de l'enveloppe au niveau de la bride inférieure, ailettes non comprises, avec un minimum de 800 mm.

NOTE 1 Pour les profils non circulaires, il convient qu'un diamètre équivalent soit défini.

NOTE 2 Cette valeur de trois fois le diamètre externe de l'enveloppe au niveau de la bride inférieure est à l'étude.

Le même échantillon de parafoudre est soumis à différentes contraintes mécaniques et climatiques décrites en 9.7.9.1 à 9.7.9.4.

9.7.9.1 Mesures initiales

Avant tout essai, les mesures suivantes doivent être effectuées dans l'ordre ci-après:

- puissance absorbée mesurée sous une valeur située entre 80 % et 100 % de U_c et à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$;
- décharges partielles internes conformément à 7.8;
- tension résiduelle au courant nominal de décharge ou à une valeur inférieure conformément à l'essai de réception.

9.7.9.2 Préconditionnement

9.7.9.2.1 Préconditionnement en torsion

Le couple de torsion spécifié par le constructeur pour le parafoudre doit être appliqué à l'échantillon pendant une durée de 30 s.

9.7.9.2.2 Préconditionnement thermomécanique

Le parafoudre est ensuite soumis dans quatre directions à l'effort maximal de flexion permanente spécifié par le constructeur et à des variations de température, comme indiqué aux figures 6 et 7.

NOTE Si, dans des applications particulières, d'autres efforts sont essentiels, les efforts correspondants doivent être appliqués en lieu et place des précédents. La durée totale d'essai et le cycle de température doivent rester inchangés.

Si l'échantillon ne présente pas de symétrie de révolution, les directions de l'effort doivent être choisies de manière à obtenir la contrainte mécanique maximale.

Les variations de température consistent en deux cycles de 48 h de chauffage et de refroidissement comme cela est indiqué à la figure 6. La température des périodes de chaud et de froid doit être maintenue pendant au moins 16 h. Ces essais doivent être réalisés dans l'air.

L'effort statique de flexion permanente correspond au moment maximal de flexion permanente déclaré par le constructeur. Sa direction change toutes les 24 h comme indiqué à la figure 7.

Cet essai peut être interrompu pour des raisons de maintenance pendant une durée totale de 4 h, puis repris après l'interruption; le cycle reste alors valide.

Toute déformation permanente par rapport à la position initiale au repos doit être relevée.

9.7.9 Moisture ingress test

In general, the sample under test should be the longest mechanical unit. If the length of the longest mechanical unit is greater than 800 mm, a shorter length section may be tested, provided it is not less than three times the outside diameter of the housing at the bottom flange excluding the sheds or 800 mm long, whichever is greater.

NOTE 1 For non-circular profiles, an equivalent diameter should be defined.

NOTE 2 This value of three times the outside diameter of the housing at the bottom flange is under consideration.

The same sample of arrester is submitted to various mechanical and climatic stresses described in 9.7.9.1 to 9.7.9.4.

9.7.9.1 Initial measurements

Before tests, the following measurements shall be made in the following sequence:

- watt losses measured at a value in the range between 80 % to 100 % of U_c and at an ambient temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$;
- internal partial discharge according to 7.8;
- residual voltage at the nominal discharge current or a lower value in accordance with the acceptance test.

9.7.9.2 Preconditioning

9.7.9.2.1 Terminal torque pre-conditioning

The arrester terminal torque specified by the manufacturer shall be applied to the test sample for a duration of 30 s.

9.7.9.2.2 Thermomechanical preconditioning

The arrester is then submitted to the maximum continuous cantilever load specified by the manufacturer in four directions and in thermal variations as described in figures 6 and 7.

NOTE If, in particular applications, other loads are dominant, the relevant loads shall be applied instead. The total test time and temperature cycle shall remain unchanged.

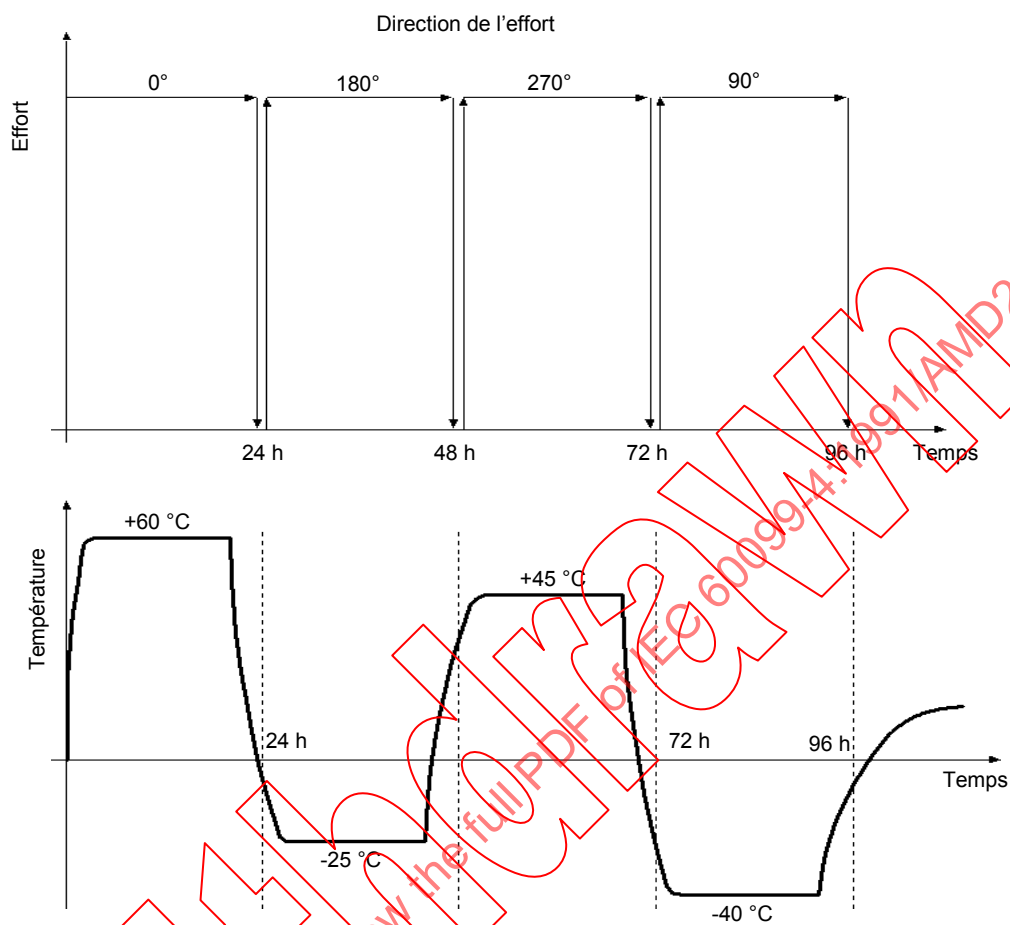
If the sample has no cylindrical symmetry, the load direction shall be chosen in such a manner as to achieve the maximum mechanical stress.

The thermal variations consist of two 48 h cycles of heating and cooling as described in figure 6. The temperature of the hot and cold periods shall be maintained for at least 16 h. The tests shall be conducted in air.

The continuous static mechanical load corresponds to the maximum continuous bending moment defined by the manufacturer. Its direction changes every 24 h as defined in figure 7.

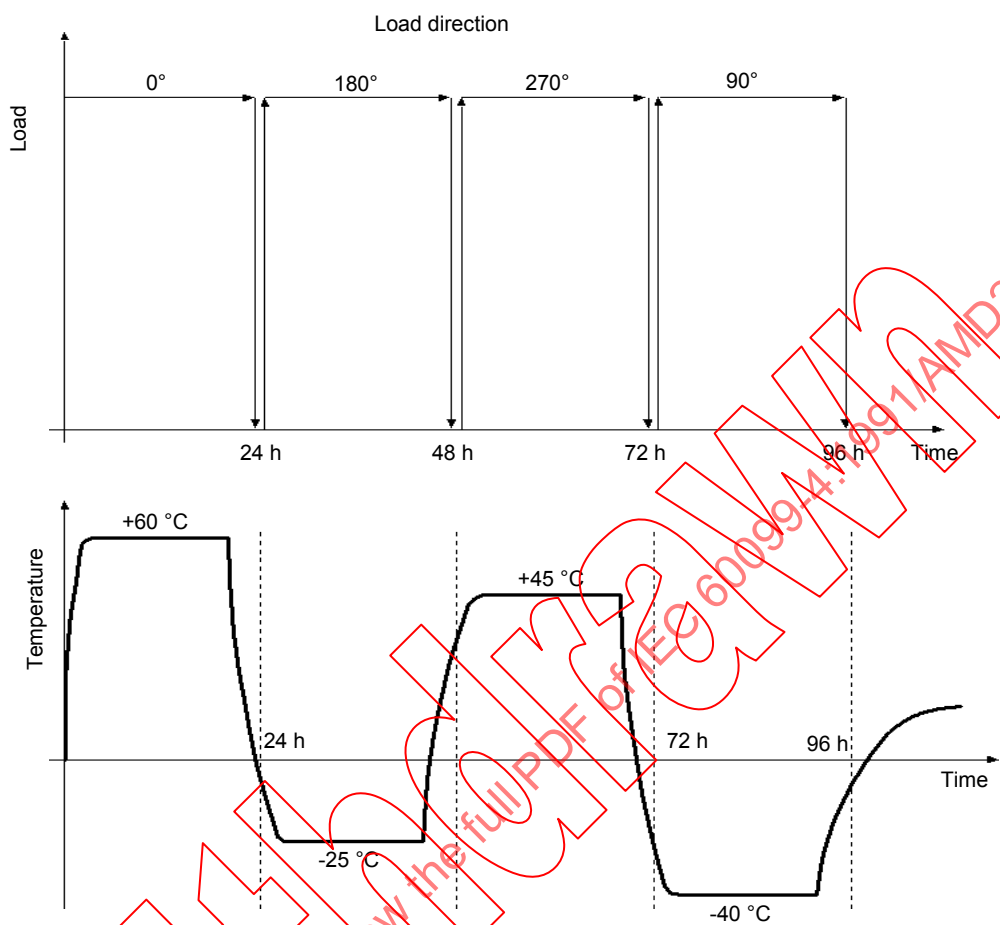
The test may be interrupted for maintenance for a total duration of 4 h and restarted after interruption. The cycle then remains valid.

Any permanent deformation measured from the initial no-load position shall be reported.



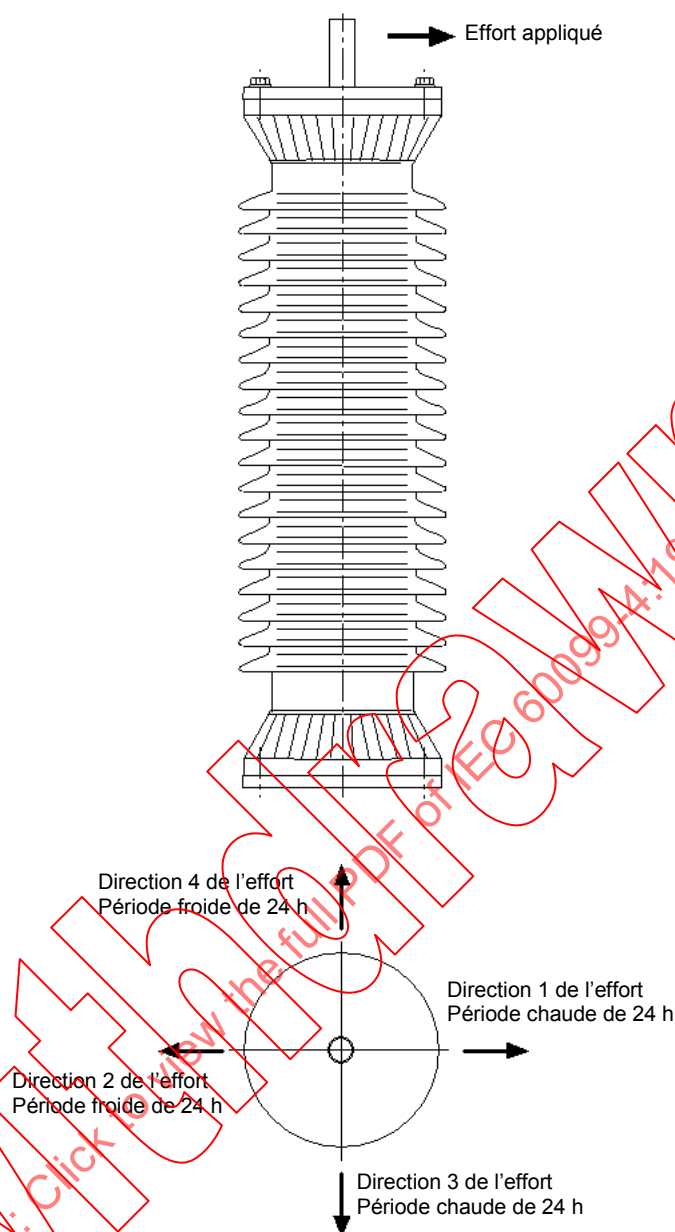
IEC 1782/01

Figure 6 – Essai thermomécanique



IEC 1782/01

Figure 6 – Thermomechanical test



IEC 1783/01

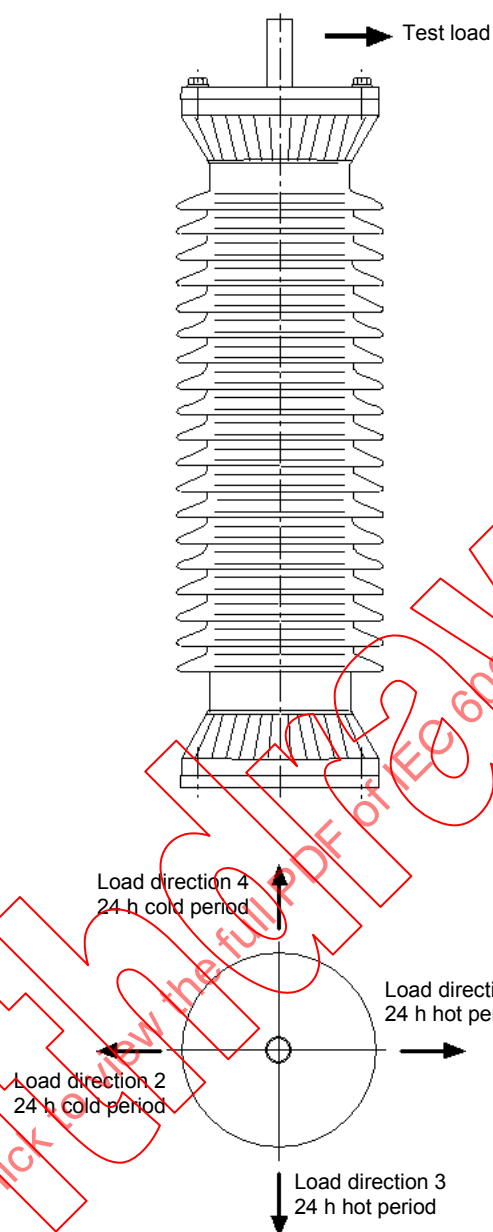
Figure 7 – Exemple de configuration pour l'essai thermomécanique et orientation de l'effort de flexion

9.7.9.3 Essai d'immersion dans l'eau

Le parafoudre doit être immergé pendant 42 h dans un bac contenant de l'eau déminéralisée en ébullition additionnée de 1 kg/m³ de NaCl.

NOTE 1 Les caractéristiques de l'eau décrites ci-dessus sont celles mesurées en début d'essai.

NOTE 2 Cette température (eau en ébullition) peut être réduite à 80 °C (avec une durée minimale de 52 h) par accord entre l'utilisateur et le constructeur si ce dernier indique que le matériau d'étanchéité utilisé ne peut pas résister à la température d'ébullition pendant une durée de 42 h. Cette valeur de 52 h peut être prolongée jusqu'à 168 h (c'est-à-dire une semaine) après accord entre le constructeur et l'utilisateur.



IEC 1783/01

Figure 7 – Example of the test arrangement for the thermomechanical test and direction of the cantilever load

9.7.9.3 Water immersion test

The arrester shall be kept immersed in a vessel, in boiling deionized water with 1 kg/m^3 of NaCl, for 42 h.

NOTE 1 The characteristics of the water described above are those measured at the beginning of the test.

NOTE 2 This temperature (boiling water) can be reduced to 80°C (with a minimum duration of 52 h) by agreement between the user and the manufacturer, if the manufacturer claims that its sealing material is not able to withstand the boiling temperature for a duration of 42 h. This value of 52 h can be expanded up to 168 h (i.e. one week) after agreement between the manufacturer and the user.

A l'issue de l'ébullition, le parafoudre doit rester dans le bac jusqu'à ce que l'eau refroidisse aux environs de 50 °C, et doit être maintenu à cette température jusqu'aux essais de vérification de la séquence suivante. Ces essais de vérification sont réalisés sur des échantillons ayant refroidi jusqu'à température ambiante. La température de maintien de 50 °C n'est nécessaire que s'il faut reporter les essais de vérification à l'issue de l'essai d'immersion dans l'eau comme indiqué à la figure 8.

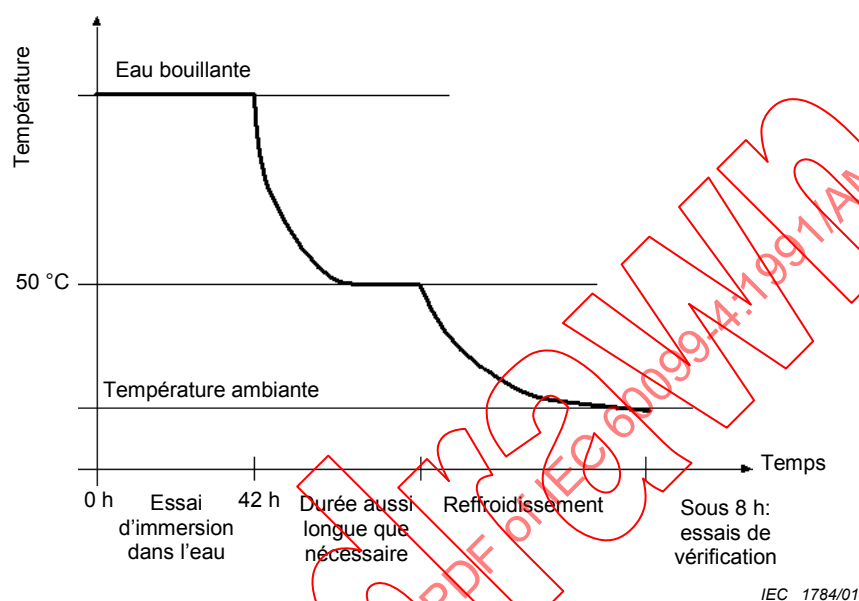


Figure 8 – Essai d'immersion dans l'eau

9.7.9.4 Essais de vérification

Tous les essais de vérification doivent être réalisés sous 8 h dans l'ordre suivant:

- inspection visuelle: il convient d'enregistrer toutes les modifications d'ordre mécanique;
- puissance absorbée mesurée sous la même tension que celle utilisée en 9.7.9.1: l'augmentation par rapport à la mesure initiale doit être inférieure à 20 %.

La mesure de la puissance absorbée doit être réalisée à une température ambiante qui ne diffère pas plus de 3 K de celle des mesures initiales.

- mesure de décharges partielles: la valeur ne doit pas excéder 10 pC sous 1,05 fois U_c ;
- tension résiduelle au même courant de décharge que celui utilisé en 9.7.9.1: l'écart par rapport à la mesure initiale ne doit pas excéder 5 %; en outre, il convient que les oscillogrammes de tension et de courant ne révèlent aucune rupture d'isolement.

NOTE Des essais alternatifs aux essais ci-dessus sont à l'étude.

9.7.10 Essai de vieillissement climatique

9.7.10.1 Echantillons en essai

Cet essai a une durée de 1 000 h dans une atmosphère de brouillard salin comme indiqué dans la série d'essais A décrite ci-dessous. En cas de conditions d'environnement sévères (rayonnement solaire intense, inversions fréquentes de température avec condensation, pollution forte ou très forte selon la CEI 60815) et, après accord entre le constructeur et l'utilisateur, un essai d'une durée de 5 000 h conforme à la série d'essais B peut être réalisé en supplément.

At the end of the boiling, the arrester shall remain in the vessel until the water cools to approximately 50 °C and shall be maintained at this temperature until verification tests are performed in the following sequence. These verification tests are performed on samples having cooled to ambient temperature. The 50 °C holding temperature is necessary only if it is necessary to delay the verification tests until after the end of the water immersion test as shown in figure 8.

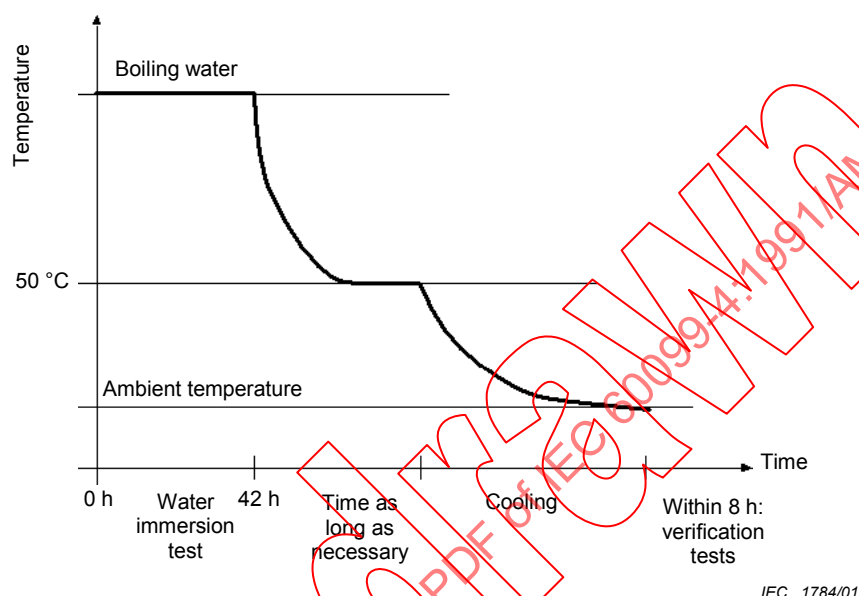


Figure 8 – Water immersion

9.7.9.4 Verification tests

All verification tests shall be completed within 8 h in the following sequence:

- visual inspection: any mechanical change should be reported;
- watt losses measured at the same voltage as the one used in 9.7.9.1: the increase from the initial measurement shall be less than 20 %.

The measurement of the watt losses shall be performed at an ambient temperature that does not deviate by more than 3 K from the initial measurements:

- partial discharge measurement: the value shall not exceed 10 pC at 1,05 times U_c ;
- residual voltage at the same discharge current as the one used in 9.7.9.1: the deviation from the initial measurement shall not exceed 5 % and in addition the oscillograms of both voltage and current should not reveal any breakdown.

NOTE Alternative tests are under consideration.

9.7.10 Weather ageing test

9.7.10.1 Test specimens

This test has a duration of 1 000 h under salt fog conditions according to test series A described below. In case of severe environmental conditions (intense solar radiation, frequent temperature inversion with condensation, heavy or very heavy pollution as defined by IEC 60815) and after agreement between the manufacturer and the user, a test with a duration of 5 000 h according to test series B may be performed in addition.

Série d'essais A:

Un essai de durée 1 000 h doit être réalisé (voir 9.7.10.2.1). Il doit être effectué sur la fraction électrique la plus longue avec la ligne de fuite spécifique minimale et la tension assignée la plus élevée recommandée par le constructeur pour cette fraction.

Série d'essais B:

Un essai de durée 5 000 h (voir 9.7.10.2.2) est réalisé après accord entre l'utilisateur et le constructeur. Si la valeur U_c du parafoudre est supérieure à 14 kV, l'essai de 5 000 h peut être réalisé sur une fraction de ligne de fuite spécifique minimale et de tension assignée la plus élevée recommandée par le constructeur, avec une valeur U_c de l'échantillon en essai supérieure à 14 kV. Si la valeur U_c du parafoudre est inférieure ou égale à 14 kV, l'essai de durée 5 000 h doit être réalisé sur l'appareil complet.

Si l'essai est réalisé sur la fraction électrique la plus longue avec la ligne de fuite spécifique minimale et la tension assignée la plus élevée, la série d'essais A peut ne pas être réalisée après accord entre l'utilisateur et le constructeur.

Les échantillons en essai doivent être représentatifs de la configuration la plus critique pour un type donné de parafoudres.

NOTE Les critères de comparaison entre les différents types de parafoudres sont à l'étude.

9.7.10.2 Modalités des essais

9.7.10.2.1 Série d'essais A: 1 000 h

Il s'agit d'un essai continu de durée limitée, sous brouillard salin et tension constante à fréquence industrielle égale à U_c . Cet essai est réalisé dans une enceinte d'essai étanche protégée contre la corrosion. Une ouverture n'excédant pas 80 cm² doit être ménagée pour l'évacuation naturelle de l'air. Un turbo-diffuseur ou un humidificateur d'ambiance de capacité constante doit être utilisé en guise d'atomiseur d'eau.

Le brouillard doit remplir l'enceinte et ne pas être dirigé directement sur l'échantillon. Le diffuseur doit être alimenté avec une eau salée préparée avec du NaCl et de l'eau déminéralisée. La tension d'essai à fréquence industrielle doit être obtenue à l'aide d'un transformateur d'essai. Le circuit d'essai chargé avec un courant résistif de 250 mA (eff.) côté haute tension ne doit pas présenter une chute de tension supérieure à 5 %.

Le niveau de protection doit être réglé à 1 A (eff.). L'échantillon en essai doit être nettoyé avec de l'eau déminéralisée avant le début de l'essai.

L'échantillon doit être testé en position verticale. Un espace suffisant doit être ménagé entre le sol, les parois de la chambre et l'échantillon, pour éviter toute perturbation du champ électrique. Ces informations doivent se trouver dans les instructions d'installation publiées par le constructeur.

Durée de l'essai	1 000 h
Débit d'eau	0,4 l/h/ m ³ ± 0,1 l/h/m ³
Taille des gouttes	5 µm à 10 µm
Température	20 °C ± 5 K
Teneur en NaCl de l'eau	entre 1 kg/m ³ et 10 kg/m ³

Test series A:

A 1 000 h test (see 9.7.10.2.1) shall be performed. This shall be performed on the longest electrical unit with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage recommended by the manufacturer for this unit.

Test series B:

A 5 000 h test (see 9.7.10.2.2) is performed after agreement between the user and the manufacturer. If the arrester U_c is greater than 14 kV, the 5 000 h test may be performed on any pro-rated sample with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage recommended by the manufacturer, provided that the U_c of the sample is not less than 14 kV. If the arrester U_c is equal to or less than 14 kV, the 5 000 h test shall be performed on the complete arrester.

If the test is performed on the longest electrical unit with the minimum specific creepage distance and the highest rated voltage, test series A may be omitted after agreement between the user and the manufacturer.

The test samples shall be representative of the most critical design relevant for a given arrester type.

NOTE Criteria for the comparison of different types of arrester are under consideration.

9.7.10.2 Test procedure**9.7.10.2.1 Test series A: 1 000 h**

The test is a time-limited continuous test under salt fog at constant power frequency voltage equal to U_c . The test is carried out in a moisture sealed corrosion proof chamber. An aperture of not more than 80 cm² shall be provided for the natural evacuation of exhaust air. A turbo sprayer or room humidifier of constant spraying capacity shall be used as a water atomiser.

The fog shall fill up the chamber and not be directly sprayed onto the test specimen. The salt water prepared with NaCl and deionized water will be supplied to the sprayer. The power frequency test voltage shall be obtained with a test transformer. The test circuit, when loaded with a resistive current of 250 mA (r.m.s.) on the high voltage side, shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The protection level shall be set at 1 A (r.m.s.). The test specimen shall be cleaned with deionized water before starting the test.

The test specimen shall be tested when mounted vertically. There shall be enough clearance between the roof and walls of the chamber and the test specimen in order to avoid electrical field disturbance. These data shall be found in the manufacturer's installation instructions.

Duration of the test	1 000 h
Water flow rate	0,4 l/h/m ³ ± 0,1 l/h/m ³
Size of droplets	5 µm to 10 µm
Temperature	20 °C ± 5 K
NaCl content of water	between 1 kg/m ³ to 10 kg/m ³

Le constructeur doit recommander une valeur initiale pour le taux de salinité. Le débit d'eau est défini en litres par heure et par mètre cube du volume de l'enceinte d'essai. La recirculation de l'eau n'est pas admise. Des interruptions de l'essai dues à des contournements sont admises. Si plus d'un contournement se produit, la tension d'essai est coupée. Toutefois, la pulvérisation du brouillard salin doit être poursuivie jusqu'à rinçage du parafoudre à l'eau du robinet. Chaque interruption du brouillard salin ne doit pas excéder 15 min. L'essai est ensuite repris avec une valeur plus faible de salinité. Si plus d'un contournement se produit à nouveau, cette procédure doit être reprise. Ces périodes d'interruption ne doivent pas être comptabilisées dans la durée de l'essai.

La teneur en NaCl de l'eau, le nombre de contournements et la durée des interruptions doivent être enregistrés.

NOTE 1 Dans cette plage de salinité, une teneur en sel plus faible peut augmenter la sévérité de l'essai. Une salinité plus élevée augmente la probabilité de contournement, ce qui rend difficile la réalisation de l'essai sur des enveloppes de fort diamètre.

NOTE 2 Il convient que le nombre de contournements soit noté et pris en compte dans l'évaluation de la durée de l'essai.

9.7.10.2.2 Série d'essais B: 5 000 h

Cet essai consiste à appliquer, en plus de la tension U_c , différentes contraintes de façon cyclique:

- simulation du rayonnement solaire;
- pluie artificielle;
- chaleur sèche;
- chaleur humide (proche de la saturation);
- humidité élevée à température ambiante (la saturation doit être atteinte);
- brouillard salin à faible concentration.

En outre, les variations de température peuvent engendrer un certain degré de contraintes mécaniques, notamment au niveau des interfaces du parafoudre, et provoquer des phénomènes de condensation qui se répètent plusieurs fois au cours d'un cycle.

La tension d'essai à fréquence industrielle doit être obtenue à l'aide d'un transformateur d'essai. Le circuit d'essai chargé avec un courant résistif de 250 mA (eff.) côté haute tension ne doit pas présenter une chute de tension supérieure à 5 %.

Le niveau de protection doit être réglé à 1 A (eff.).

Un exemple de cycle comprenant toutes ces contraintes est représenté à la figure 9 et décrit ci-dessous:

- Chaque cycle dure 24 h et un changement de programme a lieu toutes les 2 h.
- Pendant le temps où l'humidification et le chauffage ne fonctionnent pas, les parafoudres sont soumis à la température ambiante (15 °C à 25 °C) et à l'humidité relative correspondante (30 % à 60 %).
- La montée de la température ambiante à 50 °C doit prendre moins de 15 min.
- L'humidification doit atteindre 95 % d'humidité relative en moins de 15 min, puis la valeur minimale exigée de 98 % en moins de 10 min.
- La saturation, qui fait goutter les échantillons, est obtenue par le refroidissement naturel de la chambre d'essai après une séquence à 50 °C et 98 % d'humidité relative. Le ventilateur doit être arrêté pour cette opération. Le temps de retour à la température ambiante est d'environ 2 h.
- La pluie et le brouillard salin sont conformes à la publication CEI 61109.

The manufacturer shall state the starting value of the salt content of the water. The water flow rate is defined in litres per hour per cubic metre of the test chamber. It is not permitted to recirculate the water. Interruptions due to flashovers are permitted. If more than one flashover occurs, the test voltage is interrupted. However, the salt fog application shall continue until the washing of the arrester with tap water is started. Interruptions of salt fog application shall not exceed 15 min. The test shall then be re-started at a lower value of the salt content of the water. If again more than one flashover occurs, this procedure shall be repeated. Interruption times shall not be counted as part of the test duration.

The NaCl content of the water, the number of flashovers and the duration of the interruptions shall be noted.

NOTE 1 Within this range of salinity, lower salt content may increase test severity. Higher salt content increases flashover probability, which makes it difficult to run the test on larger diameter housings.

NOTE 2 The number of overcurrent trip-outs should be noted and taken into account in the evaluation of the duration of the test.

9.7.10.2.2 Test series B: 5 000 h

This test consists of applying, in addition to U_c , various stresses in a cyclic manner:

- solar radiation simulation;
- artificial rain;
- dry heat;
- damp heat (near saturation);
- high dampness at room temperature (saturation has to be obtained);
- salt fog at low concentration.

Furthermore, temperature variations may cause some degree of mechanical stress, especially at the level of insulator interfaces and also give rise to condensation phenomena, which are repeated several times in the course of a cycle.

The power frequency test voltage shall be obtained with a test transformer. The test circuit, when loaded with a resistive current of 250 mA (r.m.s.) on the high voltage side, shall experience a maximum voltage drop of 5 %.

The protection level shall be set at 1 A (r.m.s.).

A cycle example including all these stresses is shown in figure 9 and is described below:

- Each cycle lasts 24 h and a programme change takes place every 2 h.
- During the time when the humidification and heating are not in operation, the arresters are submitted to room temperature (15 °C to 25 °C) and relative humidity (30 % to 60 %).
- The rise from ambient temperature to 50 °C shall take less than 15 min.
- The humidification shall take less than 15 min to reach a relative humidity of 95 % and less than another 10 min to reach the required value of at least 98 %.
- Saturation, which causes the samples to drip, is obtained by a natural cooling of the test room after a sequence with 50 °C and 98 % relative humidity. The fan shall be stopped for this operation. The time to return to ambient temperature is approximately 2 h.
- The rain and salt fog are in accordance with IEC 61109. .

- Le rayonnement solaire est simulé par une lampe à arc au xénon donnant environ 90 mW/cm² sur l'enveloppe. Un système de filtrage permet de reproduire approximativement la puissance et le spectre solaire reçus dans une zone climatique tempérée, à midi un jour d'été.

NOTE 1 La surface de l'enveloppe à prendre en compte est obtenue en prenant le diamètre équivalent décrit dans la CEI 60815 et la longueur de l'enveloppe.

- L'ensemble de l'essai doit durer 5 000 h.

Un autre exemple de cycle est proposé à la figure 10.

En principe, ce cycle est identique, avec les différences suivantes:

- La salinité adoptée est de 40 kg/m³ pendant la phase de brouillard salin qui ne doit pas être dirigé directement vers l'échantillon. Le débit d'eau est compris entre 0,1 l/h/m³ et 0,15 l/h/m³.
- La durée d'application hebdomadaire totale de chaque contrainte ambiante est sensiblement la même, mais chaque type de contrainte est concentré sur une seule période par jour afin de limiter les interventions dans la chambre d'essai.
- Le rayonnement UV est appliqué en continu pendant une période unique d'environ 48 h chaque week-end.
- Le chauffage est obtenu par les lampes qui fournissent le rayonnement UV: les lampes sont choisies et positionnées afin d'obtenir la puissance de rayonnement désirée sur la surface de l'enveloppe du parafoudre, sans excéder une température de surface de 60 °C.

NOTE 2 Applicable aux essais des séries A et B: pour les parafoudres destinés à être installés dans des systèmes pour lesquels une tension de service permanent très élevée n'est requise que pendant des périodes plus courtes, la tension d'essai peut être réduite à $1,05 \times U_m/\sqrt{3}$, où U_m est la tension maximale d'exploitation, par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 3 Applicable aux essais de la série B conformément à la figure 10: si la valeur U_c de l'échantillon est supérieure à 14 kV et si la distance dans l'air empêche une mise sous tension lors du rayonnement UV, il est admis de couper la tension sur l'échantillon lors du rayonnement UV.

Temps (h)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Tension d'essai												
Eau déminéralisée												
Chauffage (50 °C)												
Humidité relative (95 %)												
Brouillard salin (7 kg/m ³)												
Rayonnement solaire (UV)												



En fonctionnement



En veille

IEC 1785/01

Figure 9 – Exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré sous tension (conformément à la CEI 61109)

- The solar radiation simulation is obtained with a xenon arc lamp giving about 90 mW/cm² on the housing. A filter system makes it possible to approximately reproduce the power and the solar spectrum received in a moderate climatic area at noon on a summer's day.

NOTE 1 The surface of the housing to be taken into account is obtained by taking the equivalent diameter as described in IEC 60815 and the length of the housing.

- A duration of 5 000 h is required for the whole test.

Another example is proposed as shown in figure 10.

This cycle is, in principle, identical with the following distinctions:

- A salinity value of 40 kg/m³ is adopted during the salt fog period, the fog shall not be directly sprayed onto the specimen. The water flow is between 0,1 l/h/m³ and 0,15 l/h/m³.
- The weekly total time of application of each ambient stress is nearly the same, but each type of stress is concentrated in only one period per day, in order to limit the interventions in the test chamber.
- The UV radiation is applied continuously during a single period of about 48 h every weekend.
- Heating is obtained by the same lamps providing the UV radiation. The lamps are chosen and positioned in such a way that they obtain the required radiation power on the surface of the surge arrester housing, without exceeding a surface temperature of 60 °C.

NOTE 2 Applicable to test series A and B: for surge arresters intended for installation in systems for which very high continuous operating voltage is required during shorter periods, the test voltage may be reduced to $1,05 \times U_m/\sqrt{3}$ by agreement between manufacturer and user, where U_m is the highest voltage of equipment.

NOTE 3 Applicable to test series B, cycle according to figure 10: if U_c of the test sample is greater than 14 kV, and if electrical clearance prevents voltage from being applied during UV radiation, it is acceptable to de-energise the sample during the application of UV radiation.

Time (h)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Test voltage												
Demineralized rain												
Heating (50 °C)												
Relative humidity (95 %)												
Salt fog (7 kg/m ³)												
Solar radiation (UV)												



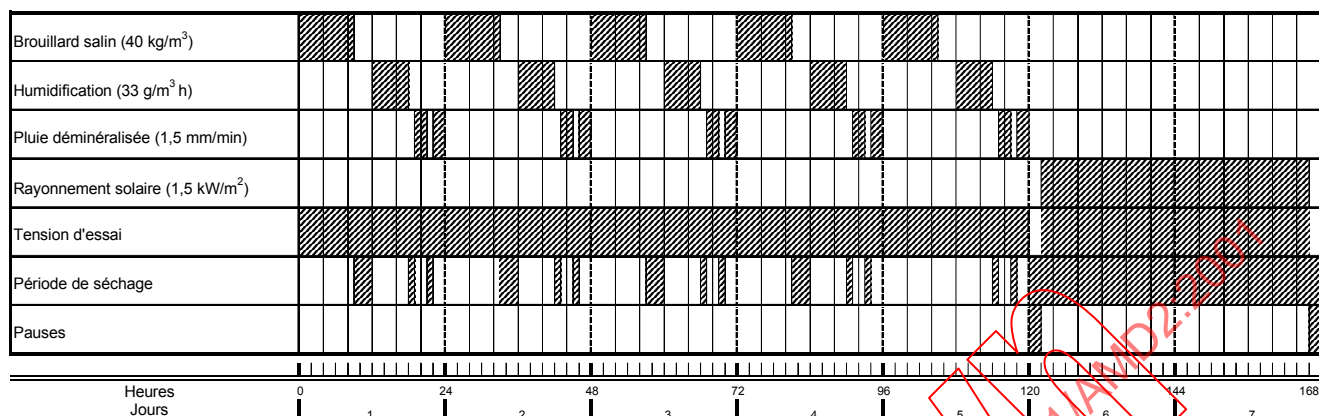
In operation



Out of operation

IEC 1785/01

Figure 9 – Example of an accelerated weather ageing cycle under operating voltage (according to IEC 61109)



IEC 1786/01

Figure 10 – Autre exemple de cycle de vieillissement climatique accéléré

9.7.10.3 Evaluation de l'essai

L'essai est considéré comme positif si aucun cheminement ne se produit (voir CEI 61109), si le revêtement externe n'est pas entièrement transpercé par l'érosion, c'est-à-dire jusqu'au niveau du matériau suivant, si les ailettes et l'enveloppe ne sont pas perforées, si la tension de référence mesurée avant et après l'essai n'a pas varié de plus de 5 % et si la mesure de décharges partielles réalisée avant et après l'essai est satisfaisante, c'est-à-dire que leur niveau ne doit pas excéder 10 pC, conformément à 7.8.

SECTION 10: PRESCRIPTIONS D'ESSAIS POUR LES PARAFODRES SOUS ENVELOPPE MÉTALLIQUE À ISOLATION GAZEUSE (PARAFODRES BLINDÉS)

10.1 Généralités

Voir section 1.

10.2 Définitions

Voir section 2.

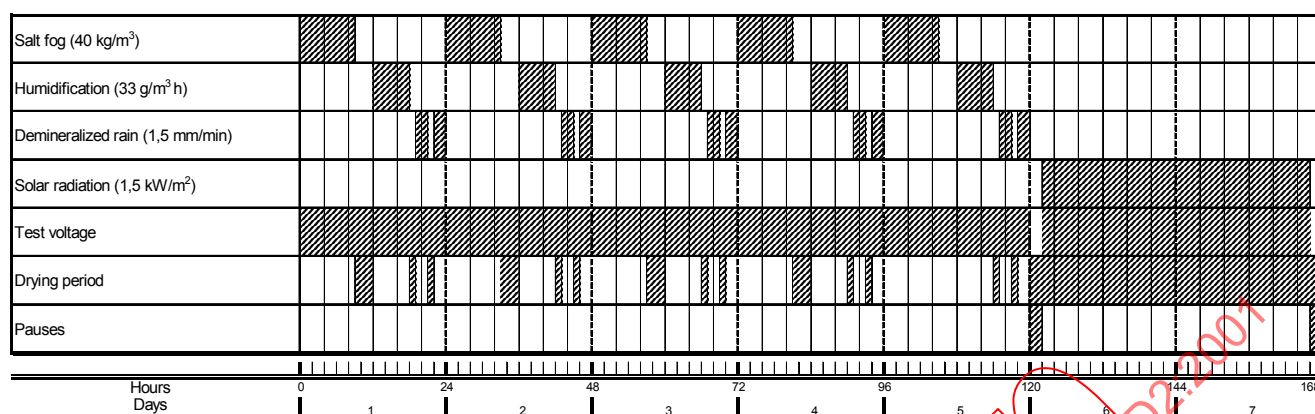
10.3 Identification des parafoudres

Le paragraphe 3.1 s'applique avec le complément suivant:

- pression de gaz assignée pour l'isolation à 20 °C.

10.4 Caractéristiques assignées

Voir section 4.



IEC 1786/01

Figure 10 – Another example of an accelerated weather ageing cycle

9.7.10.3 Evaluation of the test

The test is regarded as passed, if no tracking occurs (see IEC 61109), if erosion does not occur through the entire thickness of the external coating up to the next layer of material, if the sheds and housing are not punctured, if the reference voltage measured before and after the test has not decreased by more than 5 %, and if the partial discharge measurement performed before and after the test is satisfactory, i.e. the partial discharge level shall not exceed 10 pC according to 7.8.

SECTION 10: TEST REQUIREMENTS ON GAS-INSULATED METAL ENCLOSED ARRESTERS (GIS-ARRESTERS)

10.1 General

See section 1.

10.2 Definitions

See section 2.

10.3 Arrester identification (nameplate)

Subclause 3.1 applies with following addition:

- rated gas pressure for insulation at 20 °C.

10.4 Standard rating

See section 4.

10.5 Prescriptions

Les prescriptions de la section 5 s'appliquent avec les modifications suivantes:

- 5.1 Tenue diélectrique de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre, modifié par 10.5.1
- 5.5 Taux de fuite de l'étanchéité – n'est pas applicable
- 5.9 Fonctionnement des parafoudres, avec référence complémentaire à 10.7.5
- 5.11 Court-circuit, modifié par 10.5.2
- 5.12 Dispositif de déconnexion – n'est pas applicable
- 5.14 Efforts mécaniques – n'est pas applicable

NOTE Les prescriptions et essais relatifs à la tension de référence, aux tensions résiduelles, aux décharges partielles, à la tenue aux chocs de courant de longue durée et à la caractéristique tension-temps d'un parafoudre sont identiques à ceux indiqués à la section 5.

10.5.1 Tensions de tenue

a) Parafoudres monophasés

L'isolement entre les éléments internes et l'enveloppe métallique doit supporter les tensions suivantes lors des essais réalisés selon 10.7.2:

- La tension de tenue au choc de foudre du matériel à protéger ou le niveau de protection au choc de foudre du parafoudre multiplié par 1,3, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

NOTE 1 Le facteur 1,3 couvre les chocs de courant de valeur supérieure au courant nominal de décharge. Les variations de conditions atmosphériques, telles que stipulées pour les parafoudres à enveloppe porcelaine, ne sont pas applicables aux parafoudres blindés. Néanmoins, le facteur 1,3 est retenu afin d'assurer une sécurité supplémentaire.

- Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A de tension assignée supérieure ou égale à 200 kV, la tension de tenue au choc de manœuvre du matériel à protéger ou le niveau de protection au choc de manœuvre du parafoudre multiplié par 1,25, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

NOTE 2 Le facteur 1,25 couvre les chocs de courant de valeur supérieure aux valeurs maximales données dans le tableau 3. Les variations de conditions atmosphériques, telles que stipulées pour les parafoudres à enveloppe porcelaine, ne sont pas applicables aux parafoudres blindés. Néanmoins, le facteur 1,25 est retenu afin d'assurer une sécurité supplémentaire.

- Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A de tension assignée inférieure à 200 kV, la tension de tenue à fréquence industrielle du matériel à protéger ou la tension à fréquence industrielle ayant une valeur crête égale au niveau de protection au choc de manœuvre du parafoudre multipliée par 1,2, appliquée pendant 1 min, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.
- Pour les parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, la tension de tenue à fréquence industrielle du matériel à protéger ou la tension de tenue à fréquence industrielle avec une valeur crête égale au niveau de protection au choc de foudre du parafoudre, appliquée pendant 1 min, en retenant la plus faible de ces deux valeurs.

b) Parafoudres triphasés

La tension de tenue de l'isolation des parafoudres triphasés est donnée dans les tableaux 8 et 9.

10.5 Requirements

Requirements of section 5 apply with the following modifications:

- 5.1 Insulation withstand of the arrester housing, modified by 10.5.1;
- 5.5 Seal leak rate test – does not apply;
- 5.9 Operating duty, with additional reference to 10.7.5;
- 5.11 Short-circuit, modified by 10.5.2;
- 5.12 Disconnectors – does not apply;
- 5.14 Mechanical load – does not apply.

NOTE The requirements and tests concerning reference voltages, residual voltages, partial discharges, long duration current impulse withstand, and power frequency voltage versus time characteristics of an arrester are the same as in section 5

10.5.1 Withstand voltages

a) Single-phase arrester

The insulation between the internal parts and the metal housing shall withstand the following voltages when tested according to 10.7.2:

- The lightning impulse withstand voltage of the equipment to be protected or the lightning impulse protection level of the arrester multiplied by 1,3 whichever is lower.

NOTE 1 The 1,3 factor covers discharge currents higher than nominal. Variations in atmospheric conditions, as given for porcelain housed arresters, are not relevant for GIS-arresters. Nevertheless, the factor of 1,3 is retained to provide additional security.

- For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above, the switching impulse withstand voltage of the equipment to be protected or the switching impulse protection level of the arrester multiplied by 1,25, whichever is lower.

NOTE 2 The 1,25 factor covers discharge currents higher than the maximum values of table 3. Variations in atmospheric conditions, as given for porcelain housed arresters, are not relevant for GIS-arresters. Nevertheless, the factor 1,25 is retained to provide additional security.

- For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages less than 200 kV, the power frequency withstand voltage of the equipment to be protected or a power-frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,2 for a duration of 1 min, whichever is lower.
- For 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters, a power frequency withstand voltage of the equipment to be protected or a power frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level for a duration of 1 min, whichever is lower.

b) Three-phase arrester

The withstand voltage for the insulation of three-phase arresters is given in tables 8 and 9.

10.5.2 Exigences pour les enveloppes des parafoudres blindés

La conception des enveloppes utilisées pour les parafoudres blindés doit répondre aux exigences des articles 5.103 de la CEI 60517 ou 5.102 de la CEI 60298.

Si le parafoudre comporte une enceinte interne séparée avec limiteur de pression autre que celui de l'enveloppe métallique, un essai au courant assigné de court-circuit selon 7.7 doit être réalisé.

10.6 Conditions générales d'exécution des essais

Voir section 6.

10.7 Essais de type (essais de conception)

La section 7 s'applique avec les modifications suivantes:

10.7.1 Généralités

Les essais de type à réaliser sur les parafoudres blindés sont ceux définis dans la section 7 modifiée comme indiqué ci-après.

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre:

- 1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre, selon 10.7.2.
- 4) Essais de fonctionnement, modifié par 10.7.5.
- 5) Essais de court-circuit, selon 10.5.2.
- 6) Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut – n'est pas applicable.
- 7) Essais de pollution artificielle de l'annexe F – n'est pas applicable.
- 9) Essai du taux de fuite – n'est pas applicable.
- 11) Essai en moment de flexion – n'est pas applicable.
- 12) Essai d'environnement – n'est pas applicable.

Remplacer 7.2 par le texte suivant:

10.7.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

10.7.2.1 Généralités

Ces essais démontrent la capacité de l'isolation à supporter les contraintes de tension requises entre les éléments internes et l'enveloppe métallique, ainsi qu'entre phases dans le cas de parafoudres triphasés.

Les essais de tenue de l'isolation doivent également assurer que tous les éléments internes sont testés de la même façon par rapport aux contraintes les plus sévères rencontrées en service. Un autre essai portant sur les éléments individuels peut donc s'avérer nécessaire pour vérifier la tension de tenue requise (voir 10.7.2.5).

Pour les parafoudres monophasés, l'essai doit être réalisé sur un parafoudre complet dans lequel les résistances à oxyde métallique ont été remplacées par des pièces isolantes. Afin de maîtriser la répartition de tension dans le parafoudre, il est possible d'utiliser des éléments de répartition au lieu de pièces isolantes.

10.5.2 Requirements for the enclosures of GIS-arresters

The design of the metallic enclosures of GIS-arresters shall meet the requirements of clause 5.103 of IEC 60517 or clause 5.102 of IEC 60298.

If the arrester has a separate internal enclosure with a pressure relief device different from that of the metallic vessel, a short-circuit test with the rated short-circuit current according to 7.7 shall be performed.

10.6 General testing procedures

See section 6.

10.7 Type tests (design tests)

Section 7 applies with the following modifications:

10.7.1 General

The type tests performed for GIS-arresters are those defined in section 7 modified as indicated below.

The following type tests shall be carried out depending upon the arrester type:

- 1) Insulation withstand tests on the arrester housing, according to 10.7.2.
- 4) Operating duty tests, as modified by 10.7.5.
- 5) Short circuit test, according to 10.5.2.
- 6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
- 7) Artificial pollution tests of annex F does not apply.
- 9) Seal leak rate test – does not apply.
- 11) Bending moment test – does not apply.
- 12) Environmental test – does not apply.

Replace 7.2 with the following text:

10.7.2 Insulation withstand tests

10.7.2.1 General

These tests demonstrate the ability of the insulation to withstand the required voltage stresses between the internal parts and the metal housing and, in addition, between the phases for a three-phase arrester.

The insulation withstand tests shall also assure that all internal components are tested at least to the equivalent of the highest stresses in service. A separate test of single components may therefore be necessary to verify the required withstand voltage (see 10.7.2.5).

For single-phase arresters, the test shall be performed on the complete arrester with the metal oxide resistors replaced by insulating parts. Grading elements may be used instead of insulating parts in order to control the voltage distribution along the arrester axis.

Dans le cas d'un parafoudre triphasé, la ou les phases qui ne sont pas mises sous tension pendant l'essai doivent être reliées à la terre. Dans les parties actives qui sont reliées à une source de tension, les résistances à oxyde métallique doivent être remplacées par des pièces isolantes. Des éléments de répartition peuvent être utilisés au lieu de pièces isolantes afin de maîtriser la répartition de tension dans le parafoudre.

NOTE En raison de la forte influence des capacités à la terre dans les parafoudres blindés, il peut s'avérer difficile voire impossible d'obtenir une répartition de tension linéaire au moyen d'éléments de répartition. Un essai réalisé avec une répartition de tension inégale ou sans éléments de répartition représente le pire des cas et les résultats d'essais procurent une marge de sécurité.

Pendant les essais, le gaz isolant doit avoir la densité minimale spécifiée pour le parafoudre.

Les paragraphes 7.2.4 et 7.2.5 ne sont pas applicables aux parafoudres blindés.

10.7.2.2 Essai au choc de foudre

Les parafoudres doivent être soumis à un choc de foudre normal selon la CEI 60060-1.

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 60517 et de la CEI 60298 doivent être remplis.

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

Les essais doivent débiter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une seule phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de l'essai sur l'isolation phase-terre, un essai sur l'isolation entre phases doit être réalisé. Cet essai peut s'effectuer en utilisant soit uniquement une tension de choc, soit une tension de choc associée à une tension à fréquence industrielle. Le choix est laissé au constructeur.

Si l'essai est réalisé en utilisant uniquement une tension de choc, le même schéma d'essai que celui de l'essai phase-terre doit être utilisé.

Si l'essai est réalisé au moyen d'une tension de choc associée à une tension à fréquence industrielle, une seule phase est reliée à la terre. La tension de choc est appliquée sur la deuxième phase alors que la tension à fréquence industrielle est appliquée sur la troisième phase de façon à ce que, pendant l'application de la tension de choc sur la deuxième phase, la tension à fréquence industrielle atteigne sa valeur crête en polarité opposée.

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Pour chacun de ces deux essais, 15 chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 60517 et de la CEI 60298 doivent être remplis.

In the case of a three-phase arrester, the phase(s) not energised during the test shall be connected to earth. For active parts connected to a voltage source, the metal oxide resistors shall be replaced by insulating parts. Grading elements may be used instead of insulating parts in order to control the voltage distribution along the arrester axis.

NOTE Due to the strong influence of earth capacitances in GIS arresters, it may be difficult or even impossible to achieve a linear voltage distribution by grading elements. Performing the test with an uneven voltage distribution or without any grading elements represents the worst case and test results remain conservative.

During the tests, the insulating gas shall have the minimum functional density specified for the arrester.

Subclauses 7.2.4 and 7.2.5 are not applicable for GIS-arresters.

10.7.2.2 Lightning impulse voltage test

The arresters shall be subjected to a standard lightning impulse voltage according to IEC 60060-1.

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In the case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 60517 and IEC 60298 shall be observed.

b) Three-phase arrester

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

The test shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other phases are connected to earth.

After the phase-to-earth insulation test, the phase-to-phase insulation test shall be performed. This test can be made using only an impulse voltage or an impulse voltage and a power frequency voltage. The choice is made by the manufacturer.

If the test is made using only an impulse voltage, the same test arrangement as used for the phase-to-earth test shall be used.

If the test is made using an impulse voltage and a power-frequency voltage, only one phase is connected to earth. The impulse voltage is applied to the second phase, while the power-frequency voltage is applied to the third phase in such a way that, during application of the impulse voltage to the second phase, the power-frequency voltage reaches its peak value of the opposite polarity.

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of the three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

In both tests, 15 consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In the case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 60517 and IEC 60298 shall be observed.

10.7.2.3 Essai au choc de manoeuvre

Les parafoudres doivent être soumis à une tension de choc de manoeuvre normalisée selon la CEI 60060-1.

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 60517 et de la CEI 60298 doivent être remplis.

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

Les essais doivent débuter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de cet essai, l'essai de l'isolation entre phases peut être réalisé, sans modification du schéma, en augmentant la tension d'essai jusqu'au niveau requis.

Si une décharge disruptive se produit, ou est pressentie, l'un ou l'autre des deux essais suivants doit être adopté. Le choix est laissé au constructeur:

- L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. Deux chocs de manoeuvre d'amplitude égale et de polarité opposée doivent être appliqués sur les deux autres phases. Les chocs doivent atteindre leur valeur crête au même instant. L'amplitude de chaque choc doit être égale à la moitié de la tension de tenue au choc de manoeuvre requise entre phases (essai entre phases selon la CEI 60071-1).
- L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. Un choc de manoeuvre de valeur égale à celle utilisée pour l'essai de tenue entre phase et terre est appliqué sur la deuxième phase. Une tension à fréquence industrielle est appliquée sur la troisième phase de façon à ce que la valeur crête du choc de manoeuvre soit atteinte à la valeur crête de la tension à fréquence industrielle en polarité opposée. La différence entre les tensions à l'instant où la valeur crête du choc de manoeuvre est atteinte doit être égale à la tension de tenue en choc de manoeuvre requise entre phases (essai sur isolation longitudinale selon la CEI 60071-1).

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Pour chacun de ces deux essais, quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 60517 et de la CEI 60298 doivent être remplis.

10.7.2.4 Essai à fréquence industrielle

a) Parafoudres monophasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit.

b) Parafoudres triphasés

La tension d'essai doit être conforme à ce qui est spécifié en 10.5.1.

10.7.2.3 Switching impulse voltage test

The arresters shall be subjected to a standard switching impulse voltage according to IEC 60060-1.

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharges occur. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 60517 and IEC 60298 shall be observed.

b) Three-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

The tests shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other two phases are connected to earth.

After this test, the phase-to-phase insulation test may be performed, without changing the test arrangement, by increasing the test voltage to the required level.

If flashovers occur or are expected, one of the following two test alternatives shall be adopted. The choice is made by the manufacturer:

- One phase of the arrester is earthed. Two switching impulses of equal amplitude and opposite polarity shall be applied to the two other phases. The impulses shall reach their crests at the same instant. The amplitude of each impulse shall be half the required switching impulse withstand voltage phase-to-phase (phase-to-phase test according to IEC 60071-1).
- One phase of the arrester is earthed. A switching impulse equal to the required value phase-to-earth is applied to the second phase. A power-frequency voltage is applied to the third phase such that the crest of the switching impulse is reached at the power-frequency voltage peak of opposite polarity. The difference between the voltages at the instant of the switching impulse crest shall be equal to the required switching impulse withstand voltage phase-to-phase (longitudinal insulation test according to IEC 60071-1).

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

In both tests, 15 consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 60517 and IEC 60298 shall be observed.

10.7.2.4 Power-frequency voltage test

a) Single-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs.

b) Three-phase arresters

The test voltage shall be as specified in 10.5.1.

Les essais doivent débuter sur l'isolation phase-terre. La tension d'essai est appliquée sur une phase, tandis que les deux autres phases sont reliées à la terre.

A la suite de cet essai, l'essai sur l'isolation entre phases doit être réalisé. Si cet essai est réalisé en utilisant uniquement une tension à fréquence industrielle, le même schéma doit être utilisé. La tension appliquée doit être augmentée jusqu'à la valeur requise entre phases.

Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit.

En alternative, la procédure d'essai suivante peut être adoptée. L'une des phases du parafoudre est reliée à la terre. La tension de choc égale à 1,2 fois le niveau de protection aux chocs de manoeuvre est appliquée sur la deuxième phase, tandis que la tension à fréquence industrielle égale à U_c est appliquée sur la troisième phase de façon à ce que, pendant l'application de la tension de choc sur la deuxième phase, la tension à fréquence industrielle atteigne sa valeur crête de polarité opposée.

Les essais de tenue entre phase et terre et de tenue entre phases doivent être renouvelés pour toutes les combinaisons possibles des trois parties actives, à moins qu'il ne soit démontré par des considérations de symétrie électrique que cela n'est pas nécessaire.

Quinze chocs consécutifs à la valeur de la tension d'essai doivent être appliqués pour chaque polarité. Le parafoudre a subi l'essai avec succès si aucune décharge disruptive ne se produit. En cas de décharge disruptive, les critères d'acceptation de la CEI 60517 et de la CEI 60298 doivent être remplis.

10.7.2.5 Essai de tenue de la partie active des parafoudres blindés

Pour un parafoudre blindé doté d'une partie active comprenant des éléments résistifs reliés électriquement en série mais disposés géométriquement en parallèle au moyen d'un matériau isolant, la tenue en tension du matériau isolant et de la structure de maintien ainsi que l'isolation entre les colonnes résistives doivent être testées.

L'essai doit être réalisé de façon à ce que toutes les contraintes diélectriques mentionnées ci-dessus soient prises en considération.

Pendant l'essai, les échantillons peuvent être entourés du gaz lui-même avec une densité correspondant à la densité minimale spécifiée pour le parafoudre complet.

10.7.3 Essais de vérification de la tension résiduelle

Le paragraphe 7.3 s'applique.

10.7.4 Essais de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 7.4 s'applique.

10.7.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 7.5 s'applique avec les compléments suivants à la fin de 7.5.1:

Les effets d'un déséquilibre de tension entre les résistances du parafoudre doivent être appréhendés par des mesures de répartition de tension ou par des calculs faits à des tensions au plus égales à la tension de service permanent de parafoudre. Un calcul ou une mesure est valable pour la tension assignée considérée à ± 25 % près.

The tests shall start with the phase-to-earth insulation test. The test voltage is applied to one phase, while the other phases are connected to earth.

After the phase-to-earth insulation test, the phase-to-phase insulation test shall be performed. If this test is made using only a power-frequency voltage, the same test arrangement shall be taken. The applied voltage shall be raised to the required phase-to-phase value.

The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs.

Alternatively, the following test procedure may be adopted. One phase of the arrester is connected to earth. The impulse voltage equal to 1,2 times the switching impulse protection level is applied to the second phase, while the power-frequency voltage equal to U_c is applied to the third phase. This is done in such a way that, during application of the impulse voltage to the second phase, the power-frequency voltage reaches its peak value of the opposite polarity.

The phase-to-earth test and the phase-to-phase test shall be repeated for all possible combinations of the three active parts, unless proved unnecessary by considerations of electrical symmetry.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage shall be applied to each polarity. The arrester has passed the test if no disruptive discharge occurs. In case of disruptive discharges, the pass criteria in IEC 60517 and IEC 60298 shall be observed.

10.7.2.5 Withstand test on the active part of GIS-arresters

For a GIS-arrester with an active part containing the resistor elements electrically connected in series but geometrically arranged in parallel by using insulating material, the voltage withstand capability of the insulating material, the resistance of the supporting structure and the insulation between the resistor columns shall be tested.

The test shall be performed in such a way that all possible voltage stresses mentioned above are taken into consideration.

During the test, the samples may be surrounded by the actual gas of a density corresponding to the minimum density specified for the complete arrester.

10.7.3 Residual voltage tests

Subclause 7.3 applies.

10.7.4 Long duration current impulse withstand test

Subclause 7.4 applies.

10.7.5 Operating duty tests

Subclause 7.5 applies, with the following paragraphs added to end of 7.5.1:

The voltage unbalance effects between varistors of the arresters shall be demonstrated by voltage distribution measurements or computations made at voltages not higher than the continuous operating voltage of the arresters. A performed calculation or measurement is valid for the considered rated voltage $\pm 25\%$.

Pour vérifier l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre, un essai conforme à l'annexe B est nécessaire.

La fraction de parafoudre doit seulement représenter le comportement thermique du parafoudre complet. Il n'est pas demandé qu'elle réponde aux exigences de 7.5.3.2 b), et la partie active de la fraction ne doit pas obligatoirement contenir les éléments de la structure de maintien.

L'essai de fonctionnement réalisé sur cette fraction de parafoudre est valable à la fois pour un parafoudre monophasé et pour un parafoudre triphasé.

10.7.6 Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut

Le paragraphe 7.6 n'est pas applicable.

10.7.7 Essais de court-circuit

Le paragraphe 7.7 s'applique; voir 10.5.2 en fonction du type du parafoudre.

10.7.8 Essais de décharges partielles internes

Le paragraphe 7.8 s'applique.

10.8 Essais individuels

Les essais individuels sur les parafoudres blindés doivent être réalisés conformément à 8.1.

La tension de référence doit être mesurée sur le parafoudre complet ou sur ses parties actives.

L'essai de décharges partielles doit être réalisé sur le parafoudre complet ou sur ses parties actives, ainsi que sur son enveloppe, qui doit intégrer la structure de maintien et les éléments de répartition.

10.9 Essais consécutifs à l'installation sur site

Si le parafoudre est livré sur le site sans avoir été complètement monté, on doit contrôler que le montage est correct par toute méthode adéquate choisie par le constructeur.

Si l'on souhaite vérifier la tenue diélectrique en choc ou à fréquence industrielle d'un appareillage blindé équipé de parafoudres, les parafoudres doivent être retirés ou rendus inopérants afin de permettre la réalisation de ces essais.

To verify thermal equivalency between a complete arrester and arrester section, a test according to annex B is necessary.

The arrester section shall only represent the thermal behaviour of the complete arrester. It is not needed to meet the requirements of 7.5.3.2 b), and the active part of the section need not contain the elements of the supporting structure.

The operating duty test on this arrester section is valid for a single-phase arrester as well as for a three-phase arrester.

10.7.6 Tests of arrester disconnectors/fault indicators

Subclause 7.6 does not apply.

10.7.7 Short-circuit tests

Subclause 7.7 applies; depending upon arrester type, see 10.5.2.

10.7.8 Internal partial discharge tests

Subclause 7.8 applies.

10.8 Routine tests

The routine tests on GIS-arresters shall be carried out according to 8.1.

The reference voltage shall be measured on the complete arrester or on the active parts of the arrester.

The partial discharge test shall be performed on the complete arrester or on the active parts of the arrester and on the arrester housing, including supporting structure and grading elements.

10.9 Test after erection on site

If the arrester is delivered incompletely assembled to the site, it shall be checked for correct mounting by any appropriate method adopted by the manufacturer.

If the insulating capacity of gas-insulated switchgear equipped with arresters is to be tested with impulse or power-frequency voltages, the arresters shall be removed or rendered inoperative to permit these tests.

Tableau 8 – Parafoudres blindés triphasés 10 000 A et 20 000 A – Tensions de tenue prescrites

Tension kV	Type de tension de tenue	Essais	Commentaires
$U_r < 200$	Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $1,3 \times$ niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: $1,3 \times$ niveau de protection au choc de foudre + $U_c \times \sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
	Tension de tenue à fréquence industrielle	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $\hat{u}_{ac} = 1,2 \times$ niveau de protection au choc de manoeuvre – phase-phase: $\hat{u}_{ac} = 1,2 \times$ niveau de protection au choc de manoeuvre + $U_c \times \sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
$U_r \geq 200$	Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $1,3 \times$ niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: $1,3 \times$ niveau de protection au choc de foudre + $U_c \times \sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
	Tension de tenue au choc de manoeuvre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $1,25 \times$ niveau de protection au choc de manoeuvre – phase-phase: $2,5 \times$ niveau de protection au choc de manoeuvre	La plus faible des deux valeurs

Table 8 – 10 000 A and 20 000 A three-phase GIS-arresters – Required withstand voltages

Voltage kV	Type of withstand voltage	Test	Comment
$U_r < 200$	Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $1,3 \times$ lightning impulse protection level - phase-to-phase: $1,3 \times$ lightning impulse protection level + $U_C \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
	Power-frequency withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $U_{ac} = 1,2 \times$ switching impulse protection level - phase-to-phase: $U_{ac} = 1,2 \times$ switching impulse protection level + $U_C \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
$U_r \geq 200$	Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $1,3 \times$ lightning impulse protection level - phase-to-phase: $1,3 \times$ lightning impulse protection level + $U_C \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
	Switching impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $1,25 \times$ switching impulse protection level - phase-to-phase: $2,5 \times$ switching impulse protection level	Whichever is lower

Tableau 9 – Parafoudres blindés triphasés 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A – Tensions de tenue prescrites

Type de tension de tenue	Essais	Commentaires
Tension de tenue au choc de foudre	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: 1,3 x niveau de protection au choc de foudre + $U_c \times \sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs
Tension de tenue à la fréquence industrielle	Phase-terre et phase-phase: – tension de tenue du matériel à protéger (voir CEI 60071-1) ou – phase-terre: $\hat{U}_{ac}$ = niveau de protection au choc de foudre – phase-phase: $\hat{U}_{ac}$ = niveau de protection au choc de foudre + $U_c \times \sqrt{2}$	La plus faible des deux valeurs

Table 9 – 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A three – phase – GIS arresters – Required withstand voltages

Type of withstand voltage	Test	Comment
Lightning impulse withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $1,3 \times$ lightning impulse protection level - phase-to-phase: $1,3 \times$ lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower
Power-frequency withstand voltage	Phase-to-earth and phase-to-phase: - withstand voltage of equipment to be protected (see IEC 60071-1) or - phase-to-earth: $\hat{u}_{ac}$ = lightning impulse protection level - phase-to-phase: $\hat{u}_{ac}$ = lightning impulse protection level + $U_c \times \sqrt{2}$	Whichever is lower

SECTION 11: PARAFOUDRES DÉBROCHABLES ET PARAFOUDRES POUR PRISE

11.1 Généralités

La section 1 s'applique avec le complément suivant:

Cette section s'applique à des parafoudres comportant des enveloppes isolantes et/ou blindées qui assurent l'isolation du système, destinés à être installés dans une enceinte pour la protection des équipements et des circuits de distribution.

11.2 Définitions

Voir section 2.

11.3 Identification du parafoudre

Voir section 3.

11.4 Caractéristiques assignées

La section 4 s'applique avec les modifications suivantes.

11.4.1 Conditions normales de service

- a) La température ambiante de l'air dans l'environnement proche d'un parafoudre pour prise doit être située entre -40 °C et $+65\text{ °C}$.
- b) La température maximale d'un parafoudre pour prise résultant de sources de chaleur extérieures dans l'environnement proche du parafoudre ne doit pas dépasser $+85\text{ °C}$.

11.5 Prescriptions

La section 5 s'applique avec le complément suivant:

Tous les parafoudres débroschables ou pour prise doivent pouvoir résister à la défaillance de leurs résistances non linéaires sans projection de morceaux du parafoudre à travers leur enveloppe, sauf en des points spécifiquement prévus à cet effet.

11.6 Conditions générales d'exécution des essais

Voir section 6.

11.7 Essais de type (essais de conception)

La section 7 s'applique avec les modifications suivantes:

11.7.1 Généralités

Les essais de type à réaliser sur les parafoudres débroschables ou pour prise sont ceux définis dans la section 7, modifiée comme suit:

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre:

- 1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre, modifiés par 11.7.2.
- 5) Essais de court-circuit selon annexe O, modifié par 11.7.7.
- 6) Essais des déconnecteurs/indicateurs de défaut – n'est pas applicable.
- 7) Essais de pollution artificielle de l'annexe F – n'est pas applicable.

NOTE Des essais appropriés sont à l'étude.

SECTION 11: SEPARABLE AND DEADFRONT ARRESTERS

11.1 General

Section 1 applies with the following addition:

This section applies to arresters designed with insulating and/or shielded housings providing system insulation, intended to be installed in an enclosure for the protection of distribution equipment and circuits.

11.2 Definitions

See section 2.

11.3 Arrester identification

See section 3.

11.4 Standard ratings

Section 4 applies with the following modifications:

11.4.1 Normal service conditions

- a) Ambient air temperature in the general vicinity of deadfront arresters shall be between $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- b) Maximum temperature of deadfront arresters due to external heat sources in the general vicinity of the arrester shall not exceed $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11.5 Requirements

Section 5 applies, with the addition of the following:

All separable and deadfront arresters shall be able to withstand resistor failures without ejecting arrester parts through the body of the housing except at places specifically designed for this purpose.

11.6 General testing procedure

See section 6.

11.7 Type tests (design tests)

Section 7 applies with the following modifications:

11.7.1 General

The type tests performed for separable and dead front surge arresters are those defined in section 7, modified as indicated below.

The following type tests shall be carried out depending upon the arrester type:

- 1) Insulation withstand tests on the arrester housing, as modified by 11.7.2.
- 5) Short circuit test according to annex O, as modified by 11.7.7.
- 6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
- 7) Artificial pollution tests of annex F – does not apply.

NOTE suitable tests are under consideration.

- 9) Mesure du taux de fuite – n'est pas applicable.
- 11) Essai en moment de flexion – n'est pas applicable.
- 12) Essai d'environnement – n'est pas applicable.

11.7.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Les paragraphes 7.2.1 à 7.2.8 s'appliquent avec les compléments suivants:

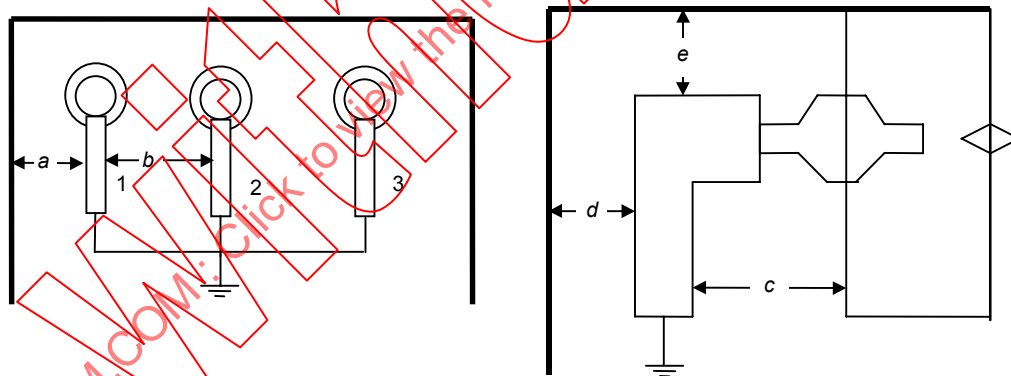
11.7.2.9 Essais de tenue de l'isolation des parafoudres débrochables non blindés

Pour les parafoudres débrochables non blindés dont les distances minimales à respecter sont inférieures à celles spécifiées par la CEI 60071-2, trois échantillons doivent être montés dans une enceinte d'essai mise à la terre, comme cela est représenté à la figure 11. Si l'enceinte d'essai est symétrique, les essais doivent être effectués sur les parafoudres 1 et 2. Si l'enceinte d'essai n'est pas symétrique, les essais doivent être effectués sur les trois parafoudres. Les dimensions minimales a , b , c , d , et e à respecter doivent être précisées dans la documentation fournie par le constructeur. Pour les parafoudres débrochables blindés, les essais se limitent à une seule phase.

Les essais de tenue de l'isolation peuvent être effectués sur des parafoudres comprenant les résistances non linéaires. Dans ce cas, l'échantillon en essai doit être isolé de la terre. Au cours des essais en choc, le parafoudre situé à côté du parafoudre soumis aux essais doit être relié à la terre.

Les conditions d'essais doivent être conformes à celles spécifiées en 7.2.

Les valeurs de tenue de l'isolation doivent être conformes au tableau 10.



IEC 1787/01

Figure 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres pour prise ou débrochables avec enveloppe blindée

- 9) Seal leak rate test – does not apply.
- 11) Bending moment test – does not apply.
- 12) Environmental test – does not apply.

11.7.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

Subclauses 7.2.1 to 7.2.8 apply, with the addition of the following:

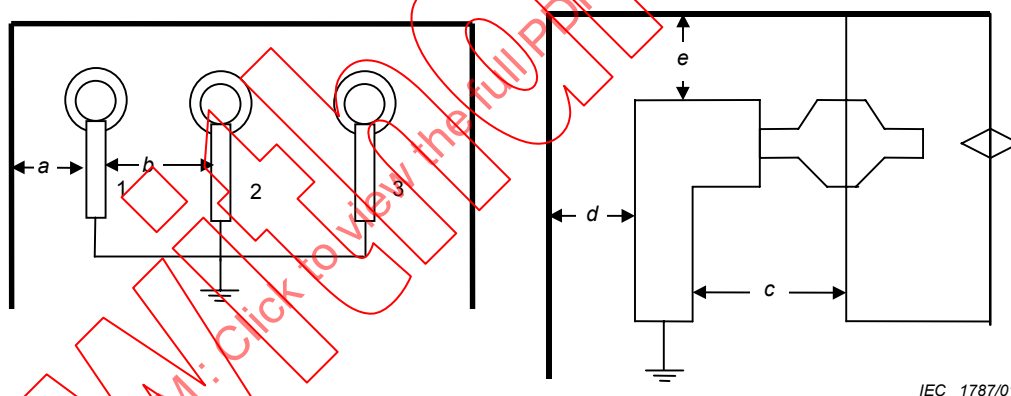
11.7.2.9 Insulation withstand tests of unscreened separable arresters

For unscreened separable arresters where the clearances are smaller than that specified in IEC 60071-2, three samples shall be mounted in an earthed test terminal box, as shown in figure 11. Provided that the test box is symmetrical, the test shall be performed on arresters 1 and 2. If the box is not symmetrical, all three arresters shall be tested. The minimum allowable clearances a , b , c , d , and e shall be stated in the literature included with the arrester. For screened separable arresters, a single-phase test is sufficient.

The insulation withstand tests may be carried out with arresters including the non-linear resistors. In this case, the tested unit shall be isolated from earth potential. During the impulse test, the arrester next to the tested arrester shall be earthed.

Test conditions shall be in accordance with 7.2.

Insulation withstand values shall be in accordance with table 10.



IEC 1787/01

Figure 11 – Test set-up for insulation withstand test of separable arresters in insulating housings

Tableau 10 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation des parafoudres débroschables non blindés

Tension la plus élevée pour le matériel kV	Tension d'essai au choc en onde pleine 1,2/50 kV (crête)	Tension d'essai en 50/60 Hz kV (eff.)
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70

NOTE Les tensions d'essai sont conformes à la CEI 60694 et à la CEI 60071-1 et, pour les autres valeurs de "tension maximale d'exploitation du réseau", utiliser les tensions d'essai de la CEI 60071-1.

11.7.2.10 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débroschables ou pour prise blindés

Pour les parafoudres débroschables ou pour prises blindés, les résistances non linéaires doivent être retirées et remplacées par un cylindre de métal de même diamètre extérieur. La longueur du cylindre de métal ne doit pas être inférieure aux deux tiers de la longueur totale de l'empilage de résistances. L'extrémité inférieure du cylindre doit avoir une forme permettant de minimiser la contrainte diélectrique (hémisphérique par exemple). Pour l'isolation de l'extrémité inférieure de l'enveloppe blindée, la longueur restante de l'enveloppe doit être remplie d'un matériau isolant (liquide ou solide) afin d'empêcher un claquage dans l'interface au cours de l'essai. La borne haute tension doit être alimentée et l'enveloppe blindée doit être reliée à la terre pendant l'essai.

Les conditions d'essais doivent être conformes à celles spécifiées en 7.2.

Les valeurs de tenue de l'isolation doivent être conformes au tableau 10 ou au tableau 11, selon l'application retenue.

Tableau 11 – Tensions d'essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres débroschables ou pour prise blindés

Classe d'isolement du réseau kV	Tension d'essai au choc 1,2/50 en onde pleine kV (crête)	Tension d'essai en 50/60 Hz kV (eff.) pendant 1 min	Tension d'essai en courant continu kV pendant 15 min
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103

NOTE Les tensions d'essai sont conformes à l'IEEE C62.11.

11.7.3 Essais de vérification des tensions résiduelles

Le paragraphe 7.3 s'applique.

11.7.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

Le paragraphe 7.4 s'applique.

Table 10 – Insulation withstand test voltages for unscreened separable arresters

Highest voltage for equipment kV	Impulse test 1,2/50 full wave kV (peak value)	50/60 Hz test voltage kV (r.m.s.)
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70
NOTE Test values are in accordance with IEC 60694 and IEC 60071-1 and, for other values of the "highest voltage for equipment", use the test voltages in IEC 60071-1.		

11.7.2.10 Insulation withstand tests of deadfront or separable arresters in a screened housing

For deadfront or separable arresters in a screened housing, the non-linear resistors shall be removed and replaced by a metal rod of the same outer diameter as the resistors. The length of the metal rod shall be at least two-thirds of the total length of the resistor stack. The lower end of the rod shall be shaped such as to minimise dielectric stress (e.g. semi-spherical). To isolate the housing screen at the lower end, the remaining housing length shall be filled with insulating material (solid or liquid) to prevent interfacial breakdown during the test. The high voltage terminal shall be energized and the screened housing earthed for the test.

Test conditions shall be in accordance with 7.2.

Insulation withstand values shall be in accordance with table 10 or table 11, depending on the intended application.

Table 11 – Insulation withstand test voltages for deadfront arresters or separable arresters in a screened housing

System class rating kV	Impulse test 1,2/50 full wave kV (peak)	50/60 Hz test voltage kV (r.m.s.) applied for 1 min	DC test voltage kV applied for 15 min
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103
NOTE Test values are in accordance with IEEE C62.11.			

11.7.3 Residual voltage tests

Subclause 7.3 applies.

11.7.4 Long duration current impulse withstand test

Subclause 7.4 applies.

11.7.5 Essais de fonctionnement

Le paragraphe 7.5 s'applique avec les exceptions suivantes à 7.5.2.1 et 7.5.2.2:

La tension U_{ct} à appliquer lors de l'essai de vieillissement accéléré doit être égale à celle s'appliquant sur la résistance non linéaire la plus contrainte en tension. Pour des parafoudres blindés, le constructeur doit déterminer cette valeur par calcul. Les parafoudres pour prise doivent être alimentés pendant 2 000 h.

11.7.6 Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut

Le paragraphe 7.6 s'applique.

11.7.7 Essai de court-circuit sur les parafoudres débrochables ou pour prise

L'annexe O s'applique, modifiée comme suit:

En complément au texte de O.7.7.1, ajouter les alinéas suivants:

Tous les parafoudres débrochables ou pour prise doivent pouvoir résister à la défaillance de leurs résistances non linéaires sans projection de morceaux de parafoudre à travers leur enveloppe, sauf en des points spécifiquement prévus à cet effet. Les essais doivent être effectués sur des fractions complètes de parafoudres ayant la tension assignée la plus élevée pour un type et une construction donnés. On doit considérer que ces essais couvrent les parafoudres de tensions assignées inférieures qui sont du même type et de la même conception.

Les échantillons doivent être préparés conformément à O.7.7.2 et au tableau O.2.

11.7.7.3 Montage de l'échantillon en essai

Remplacer le texte de O.7.7.3 par le texte suivant:

Les échantillons de parafoudres pour prise destinés aux essais doivent être montés sur une traversée normalisée afin de simuler les conditions normales de service.

Les essais de court-circuit sur parafoudres débrochables doivent être effectués avec les parafoudres installés dans un compartiment indépendant. Le montage doit être conforme à 10.2.3 de la CEI 61330.

11.7.7.4 Evaluation des résultats d'essais

Remplacer le texte de O.7.7.4 par le suivant:

On doit considérer que le parafoudre n'a pas satisfait à ces essais s'il se produit une rupture explosive de l'enveloppe avec projection de morceaux de parafoudre à travers son enveloppe. La projection de morceaux de parafoudre, y compris les résistances non linéaires, par le fond avec dégagement du capot ou par d'autres points spécifiquement prévus à cet effet est acceptable.

11.7.8 Essai de décharges partielles internes

Le paragraphe 7.8 s'applique, mais les tensions d'essai et les niveaux d'extinction doivent être conformes au tableau 12.

11.7.5 Operating duty tests

Subclause 7.5 applies, with the following exceptions to 7.5.2.1 and 7.5.2.2:

The voltage U_{ct} to be applied during the accelerated ageing procedure shall be equal to that of the highest stressed non-linear resistor. For screened arresters, the manufacturer shall establish this voltage value by calculations. Deadfront arresters shall be energised for 2 000 h.

11.7.6 Tests of disconnectors/fault indicators

Subclause 7.6 applies.

11.7.7 Short-circuit test for separable and deadfront arresters

Annex O applies, modified as follows:

In addition to the text of O.7.7.1, add the following paragraphs.

All separable and deadfront arresters shall be able to withstand resistor failures without ejecting arrester parts through the body of the housing except at places specifically designed for this purpose. The tests shall be made on the highest voltage rating of complete arrester units of a given type and design. These tests shall be considered to substantiate conformance to this standard of lower voltage ratings of the same type and design.

Samples shall be prepared according to O.7.7.2 and table O.2.

11.7.7.3 Mounting of the test sample

Replace the text of O.7.7.3 by the following:

Deadfront arrester test specimens shall be mounted on a standard interface bushing to simulate normal service conditions.

Separable arrester short-circuit tests shall be carried out while installed in the individual compartment. Mounting shall be in accordance with 10.2.3 of IEC 61330.

11.7.7.4 Evaluation of test results

Replace the text of O.7.7.4 by the following:

Fracture of the housing with ejection of arrester parts through the body shall constitute failure of the arrester to pass this test. Ejection of arrester parts including non-linear resistors through the bottom with release of the bottom cap, or through other parts specifically designed for this purpose, is acceptable.

11.7.8 Internal partial discharge test

Subclause 7.8 applies except that test voltages and extinction levels shall be as per table 12.

Tableau 12 – Essais de décharges partielles internes pour les parafoudres débouchables et les parafoudres pour prise

Parafoudres débouchables		Parafoudres pour prise	
Tension la plus élevée pour le matériel	Tension d'essai de décharges partielles (niveau d'extinction)	Classe d'isolement du réseau	Tension d'essai de décharges partielles (niveau d'extinction)
kV	kV (eff.) ^a	kV	kV (eff.)
12	12	15	11
17,5	17,5	25	19
24	24	35	26
36	36	-	

^a Si U_c est inférieur à la tension maximale d'exploitation, la tension d'essai doit être 1,05 fois U_c .

11.8 Essais individuels et essais de réception

La section 8 s'applique.

SECTION 12: PARAFOUDRES IMMERGÉS

12.1 Généralités

La section 1 s'applique avec le complément suivant:

Cette section concerne les parafoudres conçus pour être immergés dans un liquide isolant. Elle ne s'applique pas à des appareils non soumis à la tension de service du système (tels que les dispositifs montés sur des changeurs de prises). Ces appareils ne sont pas des parafoudres.

12.2 Définitions

La section 2 s'applique.

12.3 Identification du parafoudre

La section 3 s'applique.

12.4 Caractéristiques assignées

La section 4 s'applique avec les modifications suivantes:

12.4.1 Conditions normales de service

- La température du liquide à proximité immédiate d'un parafoudre immergé doit être comprise entre -40 °C et $+95\text{ °C}$.
- La valeur moyenne journalière de la température maximale du liquide isolant ambiant ne doit pas dépasser $+120\text{ °C}$.

12.5 Prescriptions

La section 5 s'applique avec les compléments suivants:

Table 12 – Partial discharge test values for separable and deadfront arresters

Separable arresters		Deadfront arresters	
Highest voltage of equipment	Partial discharge test voltage (extinction level)	System class rating	Partial discharge test voltage (extinction level)
kV	kV (r.m.s.) ^a	kV	kV (r.m.s.)
12	12	15	11
17,5	17,5	25	19
24	24	35	26
36	36	-	-

^a If U_C is lower than the highest voltage of equipment, the test voltage shall be 1,05 times U_C .

11.8 Routine tests and acceptance tests

Section 8 applies.

SECTION 12: LIQUID-IMMERSED ARRESTERS

12.1 General

Section 1 applies with the following addition:

This section applies to arresters designed to be used immersed in insulating liquid. It does not apply to devices not subjected to the operating voltage of the system (for example devices on tap changers). Such devices are not arresters.

12.2 Definitions

Section 2 applies.

12.3 Arrester identification

Section 3 applies.

12.4 Standard ratings

Section 4 applies with the following modifications:

12.4.1 Normal service conditions

- The ambient liquid temperature in the general vicinity of liquid-immersed arresters shall be between $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- The daily average value of the maximum temperature of the ambient insulating liquid shall not exceed $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

12.5 Requirements

Section 5 applies with following additions:

12.5.1 Essais de court-circuit

Le paragraphe 7.7 s'applique avec les considérations suivantes:

Si un courant assigné de défaillance en circuit ouvert est déclaré, les essais doivent être effectués au plus bas niveau de courant déclaré.

Si un courant assigné de défaillance en court-circuit est déclaré, les essais doivent prendre en compte le plus haut niveau de courant déclaré.

12.6 Conditions générales d'exécution des essais

La section 6 s'applique.

12.7 Essais de type (essais de conception)

La section 7 s'applique avec les modifications suivantes:

12.7.1 Généralités

Les essais de type à réaliser sur les parafoudres immergés sont ceux définis dans la section 7, modifiée comme indiqué ci-après:

Les essais de type suivants doivent être effectués en fonction du type du parafoudre:

- 1) Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre, modifiés par 12.7.2.
- 5) Essais de court-circuit selon annexe O, modifiés par 12.5.1.
- 6) Essais des déconnecteurs\indicateurs de défaut – n'est pas applicable.
- 7) Essais de pollution artificielle de l'annexe F – n'est pas applicable.
- 9) Essai du taux de fuite – n'est pas applicable.
- 11) Essai en moment de flexion – n'est pas applicable.
- 12) Essai d'environnement – n'est pas applicable.

Lorsque les essais sur parafoudres immergés doivent être réalisés dans un liquide isolant, ce liquide doit être celui qui est utilisé dans l'équipement protégé.

12.7.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre

Le paragraphe 7.2 s'applique avec les modifications suivantes:

Le paragraphe 7.2.1 s'applique avec le complément suivant:

Les essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe des parafoudres immergés doivent être effectués avec le liquide isolant à température ambiante.

Le paragraphe 7.2.5 n'est pas applicable.

12.7.5 Essais de fonctionnement

12.7.5.2 Essai de vieillissement accéléré

Le paragraphe 7.5 s'applique avec les exceptions suivantes à 7.5.2.1, 7.5.2.2 et 7.5.4.2:

12.5.1 Short-circuit test

Subclause 7.7 applies with the following considerations:

If a fail-open current rating is claimed, the tests shall be conducted at the lowest current level claimed.

If a fail-short current rating is claimed, the tests shall include the highest current level claimed.

12.6 General testing procedure

Section 6 applies.

12.7 Type tests (design tests)

Section 7 applies with the following modifications:

12.7.1 General

The type tests performed for liquid immersed surge arresters are those defined in section 7, modified as indicated below.

The following type tests shall be carried out depending upon the arrester type:

- 1) Insulation withstand tests on the arrester housing, modified by 12.7.2.
- 5) Short circuit tests according to annex O, modified by 12.5.1.
- 6) Tests of arrester disconnectors/fault indicators – does not apply.
- 7) Artificial pollution tests of annex F – do not apply.
- 9) Seal leak rate test – does not apply.
- 11) Bending moment test – does not apply.
- 12) Environmental test – does not apply.

For liquid-immersed arresters, when testing in insulating liquid is required, the liquid shall be that which is used in the protected equipment.

12.7.2 Insulation withstand test on the arrester housing

Subclause 7.2 applies with following modifications.

Subclause 7.2.1 applies with the following addition:

The insulation withstand tests for liquid-immersed arresters shall be performed in insulating liquid at room temperature.

Subclause 7.2.5 does not apply.

12.7.5 Operating duty tests

12.7.5.2 Accelerated ageing procedure

Subclause 7.5 applies, with the following exceptions to 7.5.2.1, 7.5.2.2 and 7.5.4.2:

Exceptions à 7.5.2.1 et 7.5.2.2:

Les parafoudres immergés doivent être alimentés pendant 7 000 h.

La durée des essais peut être ramenée à une valeur moindre mais jamais inférieure à 2 000 h après accord entre le constructeur et l'utilisateur. Cela peut être réalisé en mesurant la puissance absorbée par les résistances au moins une fois toutes les 100 h, puis en extrapolant pour 7 000 h à l'aide d'une droite tracée sur un graphique représentant la puissance absorbée en fonction de la racine carrée du temps, depuis la plus faible valeur mesurée jusqu'à la plus forte valeur mesurée.

Exception à 7.5.4.2:

Au début de l'essai de fonctionnement, le parafoudre doit être immergé dans un liquide isolant à $120\text{ °C} \pm 5\text{ K}$.

12.7.7 Essais de court-circuit pour parafoudres immergés

L'annexe O s'applique avec les modifications suivantes:

Ajouter les alinéas suivants à O.7.7.1:

Les parafoudres immergés peuvent être soit du type «défaillance en circuit ouvert», soit du type «défaillance en court-circuit». Il est reconnu que la défaillance d'un parafoudre du type «défaillance en circuit ouvert» ne se soldera pas toujours par un circuit ouvert pour des courants de défaut inférieurs à la valeur de son courant assigné de défaillance en circuit ouvert. Il est également reconnu que la défaillance d'un parafoudre du type «défaillance en court-circuit» ne se soldera pas toujours par un court-circuit pour des courants de défaut supérieurs à la valeur de son courant assigné de défaillance en court-circuit.

NOTE Le mode «défaillance en circuit ouvert» n'implique pas que le parafoudre coupera le circuit. La défaillance d'un parafoudre initie un courant de court-circuit qu'il faut couper par un dispositif de protection contre les surintensités. Après élimination du défaut par d'autres appareils, un parafoudre défaillant du type «défaillance en circuit ouvert» permet la remise sous tension de l'équipement protégé, évidemment sans protection contre les surtensions.

Ajouter, après O.7.7.1, le texte suivant:

12.7.7.1 Echantillons pour essais

Les essais doivent être effectués sur trois échantillons de parafoudres complets de tension assignée la plus faible et trois échantillons de la tension assignée plus élevée, pour chaque type et chaque construction pour lesquels une valeur de courant assigné de défaillance en circuit ouvert ou en court-circuit est déclarée. On doit considérer que ces essais couvrent les parafoudres de tensions assignées intermédiaires qui sont du même type et de la même conception.

Pour les parafoudres du type «défaillance en circuit ouvert», tous les échantillons sont testés à la plus faible valeur annoncée pour le courant assigné de «défaillance en circuit ouvert». Aucun échantillon n'est testé au courant de court-circuit de faible amplitude qui pourrait être inférieur au courant assigné de défaillance en circuit ouvert.

Pour les parafoudres du type «défaillance en circuit fermé», un échantillon doit être testé pour chacun des trois niveaux de courant conformément à O.7.7.5. La valeur du courant assigné de défaillance en court-circuit peut être différente de toutes les valeurs données dans le tableau O.3 et doit être choisie par le fabricant. Les deux niveaux de courant réduit de court-circuit doivent être sélectionnés d'après le tableau O.3. Un échantillon supplémentaire doit être testé conformément aux conditions spécifiées en O.7.7.6 .

Exception to 7.5.2.1 and 7.5.2.2:

Liquid-immersed arresters shall be energised for 7 000 h.

Test time may be reduced to not less than 2 000 h by agreement between manufacturer and user. This can be accomplished by monitoring the resistor power losses at least once every 100 h period, then extrapolating to 7 000 h using a straight line on a plot of power losses versus the square root of time from the lowest measured value through to the highest measured value.

Exception to 7.5.4.2:

At the beginning of the operating duty test, the arrester shall be immersed in insulating liquid at $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$.

12.7.7 Short-circuit test for liquid-immersed arresters

Annex O applies with the following modifications.

Add the following paragraphs to O.7.7.1:

Liquid-immersed arresters may be designed as either "fail-open" or "fail-short". It is recognised that a fail-open design arrester will not always fail in an open circuit mode for fault currents below its fail-open rating, and that a fail-short design arrester will not always fail in a short-circuit mode for available fault currents above its fail-short rating.

NOTE "Fail-open" does not imply that the arrester will interrupt the circuit. All arrester failures initiate short-circuit current which must be interrupted by an overcurrent protective device. After other devices clear the fault, the fail-open arrester allows re-energization of the protected equipment with, of course, no overvoltage protection.

Add, after O.7.7.1, the following text:

12.7.7.1 Test specimens

The tests shall be run on each of three of the lowest and highest voltage ratings of a complete single arrester unit for each type and design for which a fail-open or fail-short current rating is claimed. These tests shall be considered to substantiate conformance to this standard for intermediate voltage ratings of the same type and design.

For fail-open design arresters, all specimens are tested at the lowest claimed fail-open current level. No samples are tested at the "low short-circuit current" level which may be below the fail-open current rating.

For fail-short design arresters, one sample shall be tested at each of the three current levels as per O.7.7.5. The nominal short-circuit level may be different from that listed in table O.3, and shall be selected by the manufacturer. The two reduced short circuit current levels shall be selected from table O.3. One additional sample shall be tested as per O.7.7.6.

12.7.7.3 Montage de l'échantillon en essai

Remplacer le texte de O.7.7.3 par le suivant:

Les échantillons en essai doivent être montés dans la position correspondant à celle prévue en service. Le parafoudre doit être immergé dans le liquide isolant dans un conteneur suffisamment large pour ne pas influencer le comportement de l'arc.

12.7.7.4 Evaluation des résultats d'essais

Remplacer le texte de O.7.7.4 par le suivant:

La conformité des échantillons en essai à la présente norme doit être établie de la manière suivante:

- a) d'après les enregistrements oscillographiques portant sur l'amplitude et la durée du passage de courant au cours des essais;
- b) d'après les résultats de l'essai de tenue en tension suivant qui peut être effectué à tout moment après le court-circuit. Les échantillons doivent être alimentés sous la tension U_c par un circuit qui limite le courant à une valeur connue pendant 1 min au cours de laquelle
 - 1) soit aucun passage de courant important n'est constaté dans le cas d'un parafoudre du type «défaillance en circuit ouvert»;
 - 2) soit le passage d'un courant important est constaté dans le cas d'un parafoudre du type «défaillance en court-circuit»;
- c) d'après l'aspect physique des échantillons après essais.

Tous les échantillons testés doivent satisfaire à ces exigences.

12.7.7.5 Essais de court-circuit à courants de forte amplitude

Le paragraphe O.7.7.5 s'applique avec les compléments suivants:

Pour les parafoudres du type «défaillance en circuit ouvert», l'impédance du circuit d'essai doit être ajustée pour qu'un courant au plus égal au courant assigné de défaillance en circuit ouvert circule dans le parafoudre. La valeur du courant assigné de défaillance en circuit ouvert pouvant être déclarée correspond au courant symétrique efficace le plus élevé mesuré pour tous les échantillons au cours des essais.

Pour les parafoudres du type «défaillance en court-circuit», l'impédance du circuit doit être ajustée pour qu'un courant au moins égal au courant assigné de défaillance en court-circuit circule dans le parafoudre. La valeur du courant assigné de défaillance en court-circuit pouvant être déclarée correspond au courant symétrique efficace le plus faible mesuré pour tous les échantillons au cours des essais.

12.8 Essais individuels et essais de réception

La section 8 s'applique.

SECTION 13: PRESCRIPTIONS MÉCANIQUES POUR LES PARAFODRES

13.1 Généralités

Cette section concerne tous les parafoudres pour des applications à isolation dans l'air utilisant des enveloppes en porcelaine ou en matériau synthétique.

Elle ne spécifie que les essais de type (essais de conception).

12.7.7.3 Mounting of the test samples:

Replace the text of O.7.7.3 by the following:

The test samples shall be mounted in the position intended to be used when mounted in service. The arrester shall be immersed in insulating liquid in a container sufficiently large that it does not become involved in arcing activity.

12.7.7.4 Evaluation of test results

Replace the text of O.7.7.4 by the following:

The conformance of the test specimens with this standard shall be judged by the following:

- a) from the oscillographic recordings showing test current amplitude and duration;
- b) from the results of the following voltage withstand test made at any time after the short-circuit event. The specimen shall be energised at U_c in a circuit with limited, but known available current for a period of 1 min during which time
 - 1) substantially no current flows in the case of a fail-open design arrester, or
 - 2) substantially full available current flows in the case of a fail-short design arrester;
- c) from the physical appearance of the specimens after the test.

All tested specimens shall meet these requirements.

12.7.7.5 High current short-circuit tests

Subclause O.7.7.5 applies with the following addition:

For fail-open design arresters, the impedance of the test circuit shall be adjusted to produce not more than the fail-open current rating of the arrester through the specimen. The fail-open rating which can be claimed is the highest measured r.m.s. symmetrical current which flows in any specimen during the test.

For fail-short design arresters, the impedance of the circuit shall be adjusted to produce not less than the fail-short current rating of the arrester through the specimen. The fail-short rating which can be claimed is the lowest measured r.m.s. symmetrical current which flows through any specimen during the nominal current test.

12.8 Routine tests and acceptance tests

Section 8 applies.

SECTION 13: MECHANICAL CONSIDERATIONS FOR SURGE ARRESTERS

13.1 General

This section applies to all surge arresters for air insulated application using porcelain or polymer housings.

It specifies only type tests (design tests).

Les parafoudres sous enveloppe métallique à isolation gazeuse et les autres conceptions particulières peuvent nécessiter des essais particuliers.

13.1.2 Références

Le paragraphe 1.2 s'applique.

13.2 Définitions

La section 2 s'applique.

13.3 Identification et classification

La section 3 s'applique.

13.4 Caractéristiques assignées

La section 4 s'applique à l'exception des modifications suivantes:

13.4.1 Conditions normales de service

Le paragraphe 4.4.1 s'applique avec les compléments suivants:

- vitesse du vent ≤ 34 m/s;
- montage vertical.

13.4.2 Conditions anormales de service

Le paragraphe 4.4.2 s'applique avec les modifications suivantes:

Les parafoudres soumis à des conditions de service autres que normales peuvent nécessiter une conception, une fabrication ou une application particulière.

En cas de conditions anormales de service, l'utilisation de cet article est soumise à accord entre constructeur et utilisateur. Une liste des conditions anormales de service est donnée à l'annexe A.

Les conditions anormales de service s'ajoutant à celles données à l'annexe A sont les suivantes:

- vitesse du vent > 34 m/s;
- température ambiante de l'air inférieure à -40 °C ou supérieure à $+40$ °C;
- montage non vertical et montage suspendu;
- tremblements de terre (voir article N.2);
- effort de torsion appliqué au parafoudre;
- effort de traction appliqué au parafoudre;
- utilisation du parafoudre comme support mécanique.

13.5 Prescriptions

13.5.1 Moment de flexion

Le parafoudre doit être capable de résister aux moments de flexion déclarés par le constructeur.

Gas-insulated metal enclosed arresters (GIS-arresters) and other special designs may require special consideration (tests).

13.1.2 References

Subclause 1.2 applies.

13.2 Definitions

Section 2 applies.

13.3 Identification and classification

Section 3 applies.

13.4 Standard ratings

Section 4 applies, except for the following:

13.4.1 Normal service conditions

Subclause 4.4.1 applies with the following addition:

- wind speeds ≤ 34 m/s;
- vertical erection.

13.4.2 Abnormal service conditions

Subclause 4.4.2 applies with the following modification:

Surge arresters subject to other than normal application or service conditions may require special consideration in design, manufacture or application.

In the case of abnormal service conditions the use of this section is subject to agreement between the manufacturer and the user. A list of abnormal service conditions is given in annex A.

Additional abnormal service conditions to those given in annex A are:

- wind speed > 34 m/s;
- ambient air temperature below -40 °C or above $+40$ °C;
- non-vertical erection and suspended erection;
- earthquake (see clause N.2));
- torsional loading of the arrester;
- tensile loading of the arrester;
- use of the arrester as a mechanical support.

13.5 Requirements

13.5.1 Bending moment

The arrester shall be able to withstand the manufacturer's declared values for bending loads.

NOTE 1 Lors de la détermination de l'effort dynamique appliqué au parafoudre, il est recommandé que l'utilisateur prenne en compte le vent, la glace et les forces électromagnétiques susceptibles d'affecter l'installation.

NOTE 2 Il convient que les parafoudres emballés résistent aux contraintes de transport définies par l'utilisateur conformément à la CEI 60721-3-2, qui ne soient jamais inférieures à la classe 2M1.

NOTE 3 Contrairement aux parafoudres à enveloppe porcelaine, les parafoudres à enveloppe synthétique peuvent présenter des déformations mécaniques en service.

13.5.2 Résistance aux agressions extérieures

Le parafoudre doit résister aux contraintes d'environnement spécifiées en 13.7.3.

13.5.3 Embase isolante

Si un parafoudre est fixé sur une embase isolante, elle doit résister sans dommages aux essais suivants, qui pourraient en affecter le fonctionnement normal:

- essai en moment de flexion, voir 13.7.2;
- essais d'environnement, voir 13.7.3.

13.6 Conditions générales d'exécution des essais

La section 6 s'applique.

13.7 Essais de type

13.7.1 Généralités

Sauf indication contraire, tous les essais de type doivent être effectués sur trois parafoudres, unités ou fractions de parafoudre. Chaque essai (voir 13.7.2, 13.7.3 et 13.7.4) doit être effectué sur des échantillons neufs, propres et complètement assemblés, si cela est applicable pour les conditions d'essais. Pour chaque essai, chaque séquence d'essai doit être réalisée sur les mêmes échantillons. Sauf indication contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions les plus proches de la réalité.

Si les essais sont effectués sur des fractions, il est nécessaire qu'elles représentent le comportement le plus sévère de tous les parafoudres entrant dans les tolérances du constructeur en regard d'un essai spécifique.

13.7.2 Essai en moment de flexion

13.7.2.1 Généralités

Cet essai démontre la capacité du parafoudre à résister aux valeurs déclarées par le constructeur pour les moments de flexion. Normalement, un parafoudre n'est pas conçu pour supporter un effort de torsion. Si un parafoudre est soumis à des efforts de torsion, un essai particulier peut être nécessaire après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'essai est applicable à tous les parafoudres correspondant à une classe de décharge et comportant une embase. Ces parafoudres sont constitués d'une ou plusieurs unités. Ils sont adaptés aux tensions les plus élevées des réseaux.

L'essai doit être effectué sur le parafoudre complet ou sur l'unité complète. Les échantillons doivent être installés en position verticale. Ils doivent être fixés sur la base du montage d'essai avec leurs fixations normales. L'effort doit être appliqué sur l'extrémité libre du parafoudre. La direction de l'effort doit passer par l'axe longitudinal du parafoudre et lui être perpendiculaire dans la ligne de résistance mécanique la plus faible (position initiale du parafoudre: axe longitudinal dans le sens vertical). Le constructeur doit donner des indications sur la ligne de résistance mécanique la plus faible.

NOTE 1 When determining the dynamic load applied to a surge arrester, the user should consider for example, wind, ice and electromagnetic forces likely to affect the installation.

NOTE 2 Surge arresters enclosed within their package shall withstand the transportation loads specified by the user in accordance with IEC 60721-3-2, but not less than class 2M1.

NOTE 3 Unlike porcelain housed arresters, polymer housed arresters may show mechanical deflections in service.

13.5.2 Resistance against environmental stresses

The arrester shall be able to withstand environmental stresses as defined in 13.7.3.

13.5.3 Insulating base

When an arrester is fitted with an insulating base, this device shall withstand each of the following tests without any damage, which could affect its normal function:

- test of the bending moment, see 13.7.2;
- environmental tests, see 13.7.3.

13.6 General testing procedure

Section 6 applies.

13.7 Type tests

13.7.1 General

All type tests shall be conducted on three arresters, arrester units or arrester sections unless otherwise specified. Each test (see 13.7.2, 13.7.3 and 13.7.4) shall be performed on test samples which are new and clean and which are completely assembled, if applicable to the test condition. Within each test, the sub-tests shall be performed on the same samples. Unless otherwise specified, all tests shall be arranged as nearly as possible to simulate in-service conditions.

When tests are made on sections, it is necessary that the sections represent the behaviour of the most severe case of all possible arresters within the manufacturer's tolerances with respect to a specific test.

13.7.2 Test of the bending moment

13.7.2.1 General

This test demonstrates the ability of the arrester to withstand the manufacturer's declared values for bending loads. Normally, an arrester is not designed for torsional loading. If an arrester is subjected to torsional loads, a specific test may be necessary by agreement between manufacturer and user.

The test is applicable to all surge arresters designated with a line discharge class and which are base mounted. These arresters consist of one or several units. They are applied up to the highest system voltages.

The test shall be performed on complete arresters or arrester units. The test samples shall be mounted in the upright position. They shall be attached to the mounting surface of the testing machine by their normal method of mounting. The load shall be applied to the free end of the arrester. The direction of the load shall pass through the longitudinal axis of the arrester and shall be perpendicular to it in the direction of the lowest mechanical strength (initial arrester position: longitudinal axis in the vertical direction). The manufacturer shall give information concerning the lowest mechanical strength.

Si un parafoudre comporte plus d'une unité ou s'il supporte des moments de flexion différents à chaque extrémité, des essais doivent être effectués pour évaluer chacun des moments de flexion avec des efforts déterminés conformément à l'article N.1.

Pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et à enveloppe en résine moulée, l'effort appliqué doit être l'effort dynamique maximal admissible en flexion (MPDSL), c'est-à-dire la valeur 100 % de l'article N.3.

Pour les parafoudres à enveloppe en matériau synthétique (autre que résine moulée), l'effort appliqué doit être l'effort maximal admissible en flexion (MPSL), c'est-à-dire la valeur 100 % de l'article N.3.

Les essais doivent être effectués sans pression interne.

NOTE Les parafoudres à enveloppe synthétique sont aussi soumis à l'essai contre la pénétration d'humidité (voir 9.7.9) où l'effort maximal de flexion permanente est appliqué dans différentes directions et sous différentes températures.

13.7.2.2 Parafoudres à enveloppe porcelaine

13.7.2.2.1 Préparation des échantillons

Les échantillons d'essai doivent contenir les éléments internes.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis à une mesure du taux de fuite (voir 8.1 d)) et à un essai de décharges partielles internes (voir 8.1 c)).

13.7.2.2.2 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort doit être progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

13.7.2.2.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit satisfaire aux exigences suivantes:

- aucun dommage mécanique n'est visible;
- l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;
- la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de ± 5 % de sa flèche initiale;

NOTE La valeur de ± 5 % est donnée pour information et est toujours à l'étude.

- la mesure du taux de fuite conformément à 8.1 d) est satisfaisante;
- le niveau de décharges partielles internes ne dépasse pas celui donné en 8.1 c).

13.7.2.3 Parafoudres à enveloppe synthétique avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé

13.7.2.3.1 Préparation des échantillons

Les échantillons en essai doivent contenir les éléments internes.

Where an arrester contains more than one unit or where the arrester has different specified bending moments in both ends, tests shall be performed to evaluate each different specified bending moment with loads determined according to clause N.1.

For arresters with porcelain and cast resin housing, the test load shall be the maximum permissible dynamic service load (MPDSL), i.e. the 100 % value of clause N.3.

For arresters with polymer (except cast resin) housing, the test load shall be the maximum permissible service load (MPSL), i.e. the 100 % value of clause N.3.

The tests shall be carried out without internal pressure.

NOTE Polymer housed arresters are additionally subjected to the moisture ingress test (see 9.7.9), where the maximum continuous cantilever load is applied in different directions and under different temperatures.

13.7.2.2 Porcelain housed arresters

13.7.2.2.1 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Prior to the tests, each test sample shall be subjected to a leakage check (see 8.1 d)) and an internal partial discharge test (see 8.1 c)).

13.7.2.2.2 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

13.7.2.2.3 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

- no visible mechanical damage;
- a force-deflection curve without discontinuity;
- the strain condition of the housing after removal of the bending load is within ± 5 % of the strain condition before application of the bending load;

NOTE The value of ± 5 % is given for guidance and is still under consideration.

- a successful leakage check in accordance with 8.1 d);
- internal partial discharge level not exceeding the value specified in 8.1 c).

13.7.2.3 Polymer housed arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system

13.7.2.3.1 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis aux essais suivants:

- essais électriques de 9.7.9.1;
- mesure du taux de fuite conformément à 8.1 d).

13.7.2.3.2 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort est progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

13.7.2.3.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit être considéré satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

- aucun dommage mécanique n'est visible;
- l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;
- la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de $\pm 5\%$ de sa flèche initiale;

NOTE La valeur de $\pm 5\%$ est donnée pour information et est toujours à l'étude. La réversibilité dépend du matériau le moins résistant. Si des jauges de contrainte sont utilisées, même si la valeur de $\pm 5\%$ est satisfaite, il peut apparaître des craquelures n'affectant pas les surfaces sur lesquelles les jauges de contraintes sont fixées (par exemple craquelures laminaires internes).

- la mesure du taux de fuite conformément à 8.1 d) est satisfaisante.

L'échantillon doit ensuite être soumis à l'essai d'immersion dans de l'eau (voir 9.7.9.3). Il doit être considéré comme satisfaisant si les essais suivants sont positifs:

- essais électriques selon 9.7.9.4.

13.7.2.4 Parafoudres à enveloppe synthétique sans volume interne de gaz

13.7.2.4.1 Préparation des échantillons

Les échantillons d'essai doivent contenir leurs éléments internes.

Avant les essais, chaque échantillon doit être soumis aux essais électriques conformément à 9.7.9.1.

13.7.2.4.2 Procédure d'essai

Le moment de flexion doit être progressivement augmenté jusqu'à la valeur d'essai en 30 s à 90 s. Lorsque l'effort requis est atteint, il doit être maintenu pendant 60 s à 90 s. Durant cette période de temps, la déformation doit être mesurée. Puis l'effort est progressivement relâché et la déformation résiduelle doit être relevée.

NOTE Il est recommandé d'effectuer l'essai avec précaution car l'enveloppe d'un parafoudre peut se casser et éclater lors de sa mise sous contrainte.

13.7.2.4.3 Evaluation de l'essai

Le parafoudre doit être considéré comme satisfaisant si les exigences suivantes sont respectées:

- aucun dommage mécanique n'est visible;
- l'évolution de la déformation pendant l'effort ne présente pas de discontinuité;
- la flèche de l'enveloppe après relaxation du moment de flexion est dans la limite de $\pm 5\%$ de sa flèche initiale;

13.7.2.3.2 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time, the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

13.7.2.3.3 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

- no visible mechanical damage;
- a force-deflection curve without discontinuity;
- the strain condition of the housing after removal of the bending load is within $\pm 5\%$ of the strain condition before the application of the bending load;

NOTE The value of $\pm 5\%$ is given for guidance and is still under consideration. Reversibility depends on the weakest load-carrying material. If strain gauges are used, even if the $\pm 5\%$ value is fulfilled, there might be cracks not affecting the surfaces where strain gauges are fastened (e.g. inner laminar cracks).

- a successful leakage check in accordance with 8.1 d).

The test sample shall then be subjected to the water immersion test (see 9.7.9.3). It shall be considered satisfactory if the following is then successfully demonstrated:

- electrical tests of 9.7.9.4.

13.7.2.4 Polymer housed arresters without enclosed gas volume

13.7.2.4.1 Sample preparation

The test samples shall contain the internal parts.

Prior to testing, each test sample shall be subjected to the electrical tests of 9.7.9.1.

13.7.2.4.2 Test procedure

The bending load shall be increased smoothly to the test load within 30 s to 90 s. When the test load is reached, it shall be maintained for 60 s to 90 s. During this time, the deflection shall be measured. Then the load shall be released smoothly and the residual deflection shall be recorded.

NOTE Care should be taken because the housing of an arrester can break and splinter while tension is applied.

13.7.2.4.3 Test evaluation

The arrester shall be considered satisfactory if the following is demonstrated:

- no visible mechanical damage;
- a force-deflection curve without discontinuity;
- the strain condition of the housing after removal of the bending load is within $\pm 5\%$ of the strain condition before the application of the bending load;

NOTE La valeur de $\pm 5\%$ est donnée pour information et est toujours à l'étude. La réversibilité dépend du matériau le moins résistant. Si des jauges de contrainte sont utilisées, même si la valeur de $\pm 5\%$ est satisfaite, il peut apparaître des craquelures n'affectant pas les surfaces sur lesquelles les jauges de contraintes sont fixées (par exemple craquelures laminaires internes).

L'échantillon doit ensuite être soumis à l'essai d'immersion dans de l'eau (voir 9.7.9.3). Il doit être considéré comme satisfaisant si les essais suivants sont positifs:

- essais électriques selon 9.7.9.4.

13.7.3 Essais d'environnement

13.7.3.1 Généralités

Les essais d'environnement démontrent par des procédures d'essai accéléré que le système d'étanchéité et les interfaces métalliques exposés du parafoudre ne sont pas affectés par les conditions environnementales.

Les parafoudres qui ne diffèrent qu'en termes de dimensions, qui sont d'une même conception et utilisent les mêmes matériaux, sont considérés du même type.

Pour les parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé, les éléments internes peuvent être retirés.

Les essais spécifiés ci-après (voir 13.7.3.3) doivent être effectués successivement sur un échantillon.

Le cycle de température doit être appliqué en premier.

13.7.3.2 Préparation des échantillons

Avant les essais, l'échantillon doit être soumis aux essais suivants spécifiés en 8.1:

- c) mesure des décharges partielles internes (seulement pour les parafoudres à enveloppe synthétique sans volume interne de gaz);
- d) mesure du taux de fuite (seulement pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et les parafoudres à enveloppe synthétique avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

13.7.3.3 Procédure d'essais

13.7.3.3.1 Essai de cycles de températures

Cet essai n'est applicable qu'aux parafoudres à enveloppe porcelaine.

NOTE Les parafoudres à enveloppe synthétique sont également soumis à l'essai contre la pénétration d'humidité (voir 9.7.9) où l'effort maximal de flexion permanente est appliqué dans différentes directions et sous différentes températures.

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai Nb de la CEI 60068-2-14.

La période chaude doit correspondre à une température d'au moins $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, mais sans excéder $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. La période froide doit correspondre à une température inférieure d'au moins 85 K à la température appliquée en période chaude; toutefois, la température la plus basse en période froide ne doit pas être inférieure à $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- gradient de variation de température: 1 K/min;
- durée de chaque palier de température: 3 h;
- nombre de cycles: 10.

NOTE The value of $\pm 5\%$ is given for guidance and is still under consideration. Reversibility depends on the weakest load carrying material. If strain gauges are used, even if the $\pm 5\%$ value is fulfilled, there might be cracks not effecting the surfaces where strain gauges are fastened (e.g. inner laminar cracks).

The test sample shall then be subjected to the water immersion test (see 9.7.9.3). It shall be considered satisfactory if the following is then successfully demonstrated:

- electrical tests of 9.7.9.4.

13.7.3 Environmental tests

13.7.3.1 General

The environmental tests demonstrate by accelerated test procedures that the sealing mechanism and the exposed metal combinations of the arrester are not impaired by environmental conditions.

Arresters, which differ only in terms of their dimensions, and which are otherwise based on the same design and material, are considered to be the same type of arrester.

For arresters with an enclosed gas volume and a separate sealing system, the internal parts may be omitted.

The tests specified below (see 13.7.3.3) shall be performed one after the other on one sample.

The temperature cycling test shall be carried out first.

13.7.3.2 Sample preparation

Prior to the tests, the test sample shall be subjected to the following tests according to 8.1:

- c) measurement of internal partial discharges (only for polymer housed arresters without enclosed gas volume);
- d) leakage check (only for porcelain housed arresters and polymer housed arresters with enclosed gas volume and a separable sealing system).

13.7.3.3 Test procedure

13.7.3.3.1 Temperature cycling test

This test applies to porcelain housed arresters only.

NOTE Polymer housed arresters are subjected to the moisture ingress test (see 9.7.9), where the maximum continuous cantilever load is applied in different directions and under different temperatures.

The test shall be performed according to test Nb of IEC 60068-2-14.

The hot period shall be at a temperature of at least $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, but not higher than $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. The cold period shall be at least 85 K below the value actually applied in the hot period; however, the lowest temperature in the cold period shall not be lower than $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- temperature change gradient: 1 K/min;
- duration of each temperature level: 3 h;
- number of cycles: 10.

13.7.3.3.2 Essai au dioxyde de soufre

L'essai doit être effectué conformément aux articles 4 et 6, s'ils sont applicables, de la CEI 60068-2-42.

- concentration en dioxyde sulfurique : $2,5 \times 10^{-6} \pm 5 \times 10^{-6}$ (vol./vol.);
- durée de l'essai : 21 jours (20 cycles de 24 h chacun).

13.7.3.3.3 Essai au brouillard salin

L'essai doit être effectué conformément à l'article 4 et à 7.6, s'ils sont applicables, de la CEI 60068-2-11.

- concentration en sel: 5 % $\pm$ 1 % en poids;
- durée de l'essai: 96 h.

13.7.3.4 Evaluation de l'essai

Les mesures effectuées avant l'essai doivent être répétées. Le parafoudre doit être considéré comme satisfaisant si les critères suivants sont remplis:

- aucun dommage mécanique visible;
- niveau de décharges partielles internes ne dépassant pas la valeur spécifiée en 8.1 c) (seulement pour les parafoudres à enveloppe synthétique sans volume interne de gaz);
- mesure du taux de fuite conformément à 8.1 d) satisfaisante (seulement pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et les parafoudres à enveloppe synthétique avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

13.7.4 Essai de mesure du taux de fuite

13.7.4.1 Généralités

Cet essai démontre l'étanchéité aux gaz et à l'eau de l'assemblage complet du parafoudre. Il s'applique à tous les parafoudres à enveloppe porcelaine et aux parafoudres à enveloppe synthétique comportant des joints et composants associés qui sont essentiels pour maintenir une atmosphère contrôlée à l'intérieur de l'enveloppe (parafoudres avec volume interne de gaz et système d'étanchéité séparé).

NOTE La résistance des diverses interfaces des parafoudres à enveloppe synthétique contre la pénétration d'humidité est évaluée lors de l'essai d'étanchéité (voir 9.7.9).

L'essai doit être réalisé sur une unité complète. Les éléments internes peuvent être retirés. Si le parafoudre contient des éléments avec systèmes d'étanchéité différents, l'essai doit être réalisé sur chaque élément ayant un système d'étanchéité différent.

13.7.4.2 Préparation des échantillons

L'échantillon en essai doit être neuf et propre.

13.7.4.3 Procédure d'essai

Le constructeur peut utiliser toute méthode appropriée à la mesure d'un taux de fuite dans les limites spécifiées.

NOTE Des procédures d'essais sont spécifiées dans la CEI 60068-2-17.

13.7.3.3.2 Sulphur dioxide test

The test shall be performed according to clauses 4 and 6, as applicable, of IEC 60068-2-42:

- sulphur dioxide concentration : 25×10^{-6} ($\pm 5 \times 10^{-6}$) (vol./vol.);
- test duration : 21 days (20 cycles of 24 h each).

13.7.3.3.3 Salt mist test

The test shall be performed according to clause 4 and to 7.6, as applicable, of IEC 60068-2-11:

- salt solution concentration: 5 % $\pm$ 1 % by weight;
- test duration: 96 h.

13.7.3.4 Test evaluation

The measurements performed before the test shall be repeated. The arrester shall be considered satisfactory if the results demonstrate the following:

- no visible mechanical damage;
- internal partial discharge level not exceeding the value specified in 8.1 c) (only for polymer housed arresters without enclosed gas volume);
- a successful leakage check according to 8.1 d) (only for porcelain housed arresters and polymer housed arresters with enclosed gas volume and a separable sealing system).

13.7.4 Seal leak rate test

13.7.4.1 General

This test demonstrates the gas/water-tightness of the complete system. It applies to all arresters employing porcelain housings and to arresters with polymer housings having seals and associated components essential for maintaining a controlled atmosphere within the housing (arresters with enclosed gas volume and a separate sealing system).

NOTE The resistance of the various interfaces of polymer housed arresters against moisture ingress are tested in the moisture ingress test (see 9.7.9).

The test shall be performed on one complete arrester unit. The internal parts may be omitted. If the arrester contains units with differences in their sealing system, the test shall be performed on one unit each, representing each different sealing system.

13.7.4.2 Sample preparation

The test sample shall be new and clean.

13.7.4.3 Test procedure

The manufacturer may use any sensitive method suitable for the measurement of the specified seal leak rate.

NOTE Some test procedures are specified in IEC 60068-2-17.

13.7.4.4 Evaluation de l'essai

Le taux de fuite maximal (voir article N.4) doit être inférieur à:

$$1 \mu\text{W} = 1 \times 10^{-6} \text{ Pa.m}^3/\text{s}$$

NOTE Cet essai de type donne des informations sur l'efficacité du système d'étanchéité et est donc très sensible. Pour les essais individuels, effectués pour vérifier l'assemblage correct du parafoudre, des valeurs plus élevées du taux de fuite peuvent être retenues afin de faciliter la réalisation de l'essai en production (voir 8.1 d)).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60099-4:1991/AMD2:2001

Withdrawn

13.7.4.4 Test evaluation

The maximum seal leak rate (see clause N.4) shall be lower than:

$$1 \mu\text{W} = 1 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$$

NOTE The type test provides information concerning the efficiency of the sealing system and is therefore very sensitive. For routine tests, which are performed to verify correct assembly of the arrester, higher values of the seal leak rate may be adopted in order to reduce test efforts during production (see 8.1 d)).

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60099-4:1991/AMD2:2001

Withd 2021

Ajouter, après l'annexe K, les nouvelles annexes L, M, N et O suivantes:

Annex L

(informative) Procédure d'essai de vieillissement – Loi d'Arrhénius – Problèmes liés aux températures plus élevées

La loi d'Arrhénius a donné bonne confiance en la durée de vie prévisible des résistances à oxyde métallique. C'est la base pour l'essai de vieillissement actuel (voir 7.5.2). Conformément à la présente norme, la limite supérieure de la température ambiante de l'air pour les parafoudres à oxyde métallique est +40 °C. Pour certains parafoudres tels les parafoudres pour prise ou les parafoudres immergés, la limite supérieure de la température ambiante du milieu dans lequel fonctionne le parafoudre est plus élevée (respectivement +65 °C et +95 °C).

Le taux d'accélération de vieillissement est estimé de façon raisonnable par le facteur d'accélération $AF_T = 2,5^{(\Delta T/10)}$ où ΔT est la différence entre la température d'essai et la limite supérieure de la température ambiante associée au produit.

Le tableau L.1 donne des exemples de durée de vie minimale prévisible, démontrée à partir d'un essai de vieillissement 1 000 h à 115 °C, comme décrit en 7.5.2.

Tableau L.1 – Durée de vie minimale prévisible démontrée

Limite supérieure de la température ambiante °C	Durée de vie minimale prévisible démontrée
	Années
40	110
65	11
95	0,7

NOTE La durée de vie minimale prévisible démontrée est obtenue en multipliant la durée de 1 000 h par le facteur d'accélération.

L'essai de 1 000 h ne donne pas d'assurance suffisante sur la durée de vie minimale prévisible aux températures ambiantes les plus élevées. Afin d'améliorer cette situation, des augmentations de la température, de la tension ou de la durée d'essai pourraient être envisagées.

En général, il n'est pas acceptable d'accroître la température d'essai au-delà de 115 °C car cela pourrait changer la physique du vieillissement et rendrait la loi d'Arrhenius non applicable. Accroître la tension d'essai n'est pas acceptable non plus car ce facteur n'est pas reconnu comme étant un facteur d'accélération.

La seule possibilité restant est d'augmenter la durée d'essai. Le tableau L.2 montre la relation existant entre la durée d'essai et la durée équivalente pour différentes limites supérieures de la température ambiante.

Add, after annex K, the following new annexes L, M, N and O:

Annex L (informative)

Ageing test procedure – Arrhenius law – Problems with higher temperatures

The Arrhenius law has provided good confidence on life expectancy of metal-oxide blocks. It is the basis for the present ageing test procedure (see 7.5.2). The upper limit for the normal ambient air temperature for metal-oxide arresters according to this standard is 40 °C. For some arresters, such as deadfront or liquid immersed, the upper limit of the ambient temperature of the medium in which the arrester operates is higher (respectively +65 °C and +95 °C).

The accelerated rate of ageing is reasonably estimated by the acceleration factor $AF_T = 2,5^{(\Delta T/10)}$ where ΔT is the difference between the test temperature and the upper limit of the ambient temperature associated with the product.

Table L.1 provides examples of the minimum demonstrated lifetime prediction given by a 1 000 h ageing test at 115 °C, as described in 7.5.2.

Table L.1 – Minimum demonstrated life time prediction

Upper limit of ambient temperature °C	Minimum demonstrated life time prediction Years
40	110
65	11
95	0,7

NOTE Minimum demonstrated life time prediction is obtained by multiplying the 1 000 h by the acceleration factor.

The 1 000 h test does not give enough confidence in lifetime expectancy for the highest ambient temperature. To improve the situation, increasing the test temperature, test voltage or test duration could be considered.

In general, it is not acceptable to increase the test temperature above 115 °C as it may change the physics of ageing, rendering the Arrhenius law non-applicable. Increasing the test voltage is not acceptable either, as this factor is not established as an acceleration factor.

The only remaining possibility is to increase the test duration. Table L.2 shows the relationship between test duration and the equivalent time for different upper limits of the ambient temperature.

Tableau L.2 – Relation entre durée d'essai à 115 °C et durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante

Limite supérieure de la température ambiante	Durée d'essai à 115 °C	Durée équivalente à la limite supérieure de la température ambiante
°C	h	Années
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

Si ces durées équivalentes à température de fonctionnement constante ne sont pas acceptables pour l'utilisateur, le temps d'essai peut être augmenté après accord entre le constructeur et l'utilisateur. En alternative, s'il peut être démontré que la loi d'Arrhenius s'applique toujours, une température plus élevée peut être utilisée après accord entre le constructeur et l'utilisateur.

Table L.2 – Relationship between test durations at 115 °C and equivalent time at upper limit of ambient temperature

Upper limit of ambient temperature °C	Test duration at 115 °C h	Equivalent time at upper limit of ambient temperature Years
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

If these equivalent times at continuous use temperature are not acceptable to the user, the testing time may be increased after agreement between the manufacturer and the user. Alternatively, if it can be demonstrated that the Arrhenius law still applies, a higher temperature may be used after agreement between the manufacturer and the user.

Annex M (informative)

Guide pour la détermination de la répartition de tension dans les parafoudres à oxyde métallique

M.1 Généralités

La répartition de tension dans un parafoudre à oxyde métallique dépend de la capacité et de la résistance électriques des résistances non linéaires, des capacités parasites entre la colonne de résistances non linéaires, des brides métalliques, des parties reliées à la terre ou sous tension et des conditions limites (tension appliquée, proximité et tension appliquée aux objets environnants). Les capacités parasites produisent une répartition de tension inégale le long de la colonne de résistances, avec la contrainte de tension maximale apparaissant généralement dans la partie supérieure du parafoudre.

La tension d'essai U_{ct} pour la procédure d'essai de vieillissement accéléré (voir 7.5.2) est déduite de la contrainte de tension maximale qui apparaît le long de la colonne de résistances non linéaires. La répartition de tension peut être déterminée par des calculs de champ électrique et de circuits facilement disponibles. Les résultats de ces calculs dépendent cependant de la représentation du parafoudre et des principales conditions aux limites. Le but de cette annexe est de fournir des conseils de base pour la représentation de la géométrie du parafoudre et de ses caractéristiques électriques, ainsi que des informations générales sur la modélisation des conditions aux limites.

En raison de la complexité et des multiples possibilités d'installation d'un parafoudre, des représentations simplifiées de la géométrie du parafoudre ou des conditions limites sont souvent nécessaires pour faciliter le calcul de la répartition de tension pour une conception de parafoudre donnée. Différents degrés de simplification de la géométrie du parafoudre sont exposés à l'article M.2, et une représentation simplifiée des conditions aux limites pour des installations triphasées est proposée à l'article M.3. Pour la modélisation d'autres types de parafoudres, par exemple des parafoudres blindés, aucun conseil n'est donné puisque les géométries et les conditions aux limites sont en principe bien définies.

La procédure de calcul peut être menée de deux façons différentes, selon le degré de complexité de la représentation électrique de la colonne de résistances non linéaires, comme décrit à l'article M.4.

Des exemples de calcul de champ électrique, représentant une installation extérieure type, sont présentés à l'article M.5.

M.2 Modélisation du parafoudre

Etant donné l'importance des capacités parasites pour la répartition de tension le long de la colonne de résistances non linéaires, il faut que l'influence des différentes simplifications du modèle de parafoudre soit considérée par rapport à ces capacités. Une série de calculs du champ électrique, effectués sur la base d'une représentation axisymétrique du parafoudre, ont donné les résultats suivants en fonction du degré de simplification du modèle de parafoudre.

- Il convient que la colonne de résistances non linéaires, y compris les entretoises métalliques, soient représentées avec leurs dimensions et leur permittivité réelles. Une colonne de résistances non linéaires «équivalente» de diamètre supérieur, et une permittivité réduite proportionnellement, conduisent à une contrainte de tension maximale supérieure.

Annex M (informative)

Guide for the determination of the voltage distribution along metal-oxide surge arresters

M.1 General

The voltage distribution along a metal-oxide surge arrester is governed by the capacitances and the resistances of the non-linear resistors, the stray capacitances from the non-linear resistor column and metal flanges to earthed and live parts, and the boundary conditions (applied voltage, proximity and voltage applied to other objects in the vicinity). Stray capacitances result in uneven voltage distribution along the resistor column, with the maximum voltage stress typically appearing in the upper part of the arrester.

The test voltage U_{ct} for the accelerated ageing procedure (see 7.5.2) is found from the maximum voltage stress appearing along the non-linear resistor column. The voltage distribution may be determined by means of commonly available computer programs for calculation of electric fields and circuits. The results of such calculations are, however, dependent on the representations of the surge arrester and the prevailing boundary conditions. The aim of this annex is to provide basic guidance on the representation of the surge arrester geometry and its electrical characteristics, along with general information on the modelling of the boundary conditions.

Due to the complexities and variations in surge arrester installations, simplified representations of arrester geometries and boundary conditions are often needed to facilitate computations of voltage distribution for a given arrester design. Different degrees of simplification of the arrester geometry are discussed in clause M.2, and a simplified representation of the boundary conditions for three-phase installations is proposed in clause M.3. For modelling of other surge arrester designs, e.g. GIS arresters, no guidance is given since geometries and boundary conditions are normally well defined.

The calculation procedure may be carried out in two different ways depending on the degree of complexity in the electrical representation of the non-linear resistor column, as described in clause M.4.

Examples of electric field calculations, representing a typical outdoor arrester installation, are presented in clause M.5.

M.2 Modelling of the surge arrester

Since the stray capacitances are important to the voltage distribution along the non-linear resistor column, the influence of various simplifications in the surge arrester model must be considered with respect to these capacitances. A series of electric field calculations, carried out using an axi-symmetric representation of the arrester, have given the following results with respect to the degree of simplification to the arrester model.

- The non-linear resistor column, including any metal spacers, should be represented by its actual dimensions and permittivity. An "equivalent" non-linear resistor column of larger diameter, and correspondingly decreased permittivity, results in a higher maximum voltage stress. Similarly, replacing the actual non-linear resistor/spacer column with an "equivalent" column without spacers, and with a correspondingly increased permittivity, also results in a higher maximum voltage stress.

De la même façon, si on remplace la colonne de résistances non linéaires avec ses entretoises réelles par une colonne «équivalente» sans entretoise, avec une permittivité accrue proportionnellement, on obtient également une contrainte de tension maximale supérieure.

- L'enveloppe peut être représentée par un cylindre de diamètre intérieur égal au diamètre intérieur de l'enveloppe réelle et d'épaisseur radiale égale à l'épaisseur de la paroi de l'enveloppe réelle. Il convient que la permittivité soit celle du matériau de l'enveloppe réelle, à savoir de la porcelaine ou d'un matériau synthétique. Les ailettes peuvent être omises dans la mesure où leur influence sur la répartition de tension est négligeable.
- Il convient que le matériau entre l'isolateur et la colonne de résistances non linéaires (par exemple un gaz ou un matériau de remplissage) soit modélisé avec ses dimensions et sa permittivité réelles.
- Les brides métalliques peuvent être représentées par des cylindres dont les diamètres sont égaux au diamètre extérieur maximal des brides réelles et dont les hauteurs sont égales aux hauteurs des brides réelles.
- Les anneaux de répartition de potentiel peuvent être représentés par des formes toroïdales dont les dimensions et l'emplacement physique sont les mêmes que les éléments toroïdaux des anneaux réels. L'omission des bras de fixation, qu'il est impossible de représenter dans un modèle axisymétrique, peut conduire à une surestimation de la contrainte de tension maximale. La représentation des bras de fixation dans des modèles à axe de symétrie et dans des modèles tridimensionnels est exposée à l'article M.5.
- S'il est utilisé, le socle peut être représenté par un cylindre dont la section transversale permet de contenir la section transversale maximale du socle réel et dont la hauteur est égale à celle du socle réel. Réduire la hauteur du socle conduit à une contrainte de tension maximale supérieure dans la partie supérieure du parafoudre.
- Il convient que le câble haute tension soit représenté par un conducteur cylindrique vertical dont le diamètre n'est pas supérieur au diamètre du conducteur de ligne réel. Omettre le câble haute tension entraîne une contrainte de tension maximale supérieure dans la partie supérieure du parafoudre.

M.3 Modélisation des conditions aux limites

Dans le cas de parafoudres pour installation extérieure triphasée type, par exemple dans un poste, les conditions aux limites sont déterminées par les distances qui les séparent des structures mises à la terre et des phases adjacentes. En général, il s'agit d'un véritable problème de champ électrique tridimensionnel, où l'amplitude et l'angle de phase des tensions appliquées nécessitent d'être pris en considération.

La procédure de calcul peut être simplifiée en réduisant la configuration d'origine triphasée tridimensionnelle (3D) à une configuration équivalente axisymétrique monophasée, qui peut être traitée grâce à un logiciel de calcul bidimensionnel (2D) facilement disponible. La configuration axisymétrique équivalente s'obtient en projetant le parafoudre au centre d'un cylindre mis à la terre, dont le rayon est déterminé par la distance minimale entre phase et terre recommandée par le constructeur. Il convient que la hauteur du cylindre mis à la terre soit à égale à 1,5 fois la hauteur totale du parafoudre, socle compris.

NOTE La configuration équivalente axisymétrique est valable pour une installation triphasée type, avec les trois parafoudres alignés, parallèlement à une structure mise à la terre, à une distance égale à la distance minimale recommandée entre phase et terre et avec la distance minimale recommandée entre phases, selon la représentation de la figure M.1.

- The housing may be represented by a cylinder having an inner diameter equal to the inner diameter of the actual housing and radial thickness equal to the wall thickness of the actual housing. The permittivity should be that of the actual housing material, for example porcelain or polymer. The sheds may be omitted since they have a negligible influence on the voltage distribution.
- The material between the insulator and the non-linear resistor column (for example gas or any filling material) should be modelled with its actual dimensions and permittivity.
- The metal flanges may be represented by cylinders having diameters equal to the maximum outer diameter of the actual flanges and heights equal to the heights of the actual flanges.
- The grading rings may be represented by toroids of the same dimensions and physical location as the toroidal elements of the actual grading rings. Omitting the support members, which are not possible to represent in an axi-symmetric model, may result in an over-estimation of the maximum voltage stress. The representation of the support members in axi-symmetric and three-dimensional models is discussed further in clause M.5.
- The pedestal, if used, may be represented by a cylinder having a cross-sectional area sufficient to contain the maximum cross-section of the actual pedestal and a height equal to the actual pedestal. Reducing the height of the pedestal results in a higher maximum voltage stress in the upper part of the arrester.
- The high-voltage lead should be represented by a vertical cylindrical conductor of a diameter not greater than the diameter of the actual line lead. Omitting the high-voltage lead results in a higher maximum voltage stress in the upper part of the arrester.

M.3 Modelling of the boundary conditions

For surge arresters in typical three-phase outdoor installations, for example in substations, the boundary conditions are determined by the distances to earthed structures and adjacent phases. In general, this is a truly three-dimensional electric field problem, where both the magnitude and the phase angle of the applied voltages need to be considered.

The calculation procedure may be simplified by reducing the original three-phase, three-dimensional (3D) configuration to an equivalent single-phase, axi-symmetric configuration, which can be treated by generally available two-dimensional (2D) calculation software. The equivalent axi-symmetric configuration is obtained by modelling the arrester in the centre of an earthed cylinder having a radius determined by the minimum phase-to-earth clearance recommended by the manufacturer. The height of the earthed cylinder should be 1,5 times the total height of the arrester plus the pedestal.

NOTE The equivalent axi-symmetric configuration is valid for a typical three-phase installation with the three arresters positioned on a straight line in parallel to an earthed structure, at a distance equal to the minimum recommended phase-to-earth clearance and with the minimum recommended phase-to-phase clearance, as shown in figure M.1.

M.4 Procédure de calcul

La procédure de calcul peut être menée de deux façons différentes, comme décrit en M.4.1 et M.4.2, selon la façon dont les propriétés électriques de la colonne de résistances non linéaires sont représentées. La représentation de la capacité seule (voir M.4.1) donnera toujours des résultats plus sévères que la représentation combinée capacité/résistance (voir M.4.2), qui conduit à des contraintes moindres mais plus réalistes. Toute autre procédure de calcul qui aboutit aux mêmes résultats ou à des résultats plus sévères peut également être utilisée.

M.4.1 Représentation capacitive de la colonne de résistances non linéaires

Dans ce cas, la colonne de résistances non linéaires est représentée exclusivement par sa capacité électrique (permittivité), en négligeant l'influence de la composante résistive. Cette approximation restrictive est justifiée tant que la contrainte de tension maximale calculée correspond à une tension d'essai U_{ct} inférieure à la tension de référence des résistances. Il convient que la contrainte de tension maximale soit déterminée sur une distance axiale qui ne dépasse pas 3 % de la longueur totale du parafoudre.

M.4.2 Représentation capacitive et résistive de la colonne de résistances non linéaires

Dans ce cas, la colonne de résistances non linéaires est représentée par sa capacité électrique en parallèle avec sa caractéristique résistive non linéaire. Cette représentation de la colonne de résistances non linéaires conduit à une contrainte de tension maximale calculée plus réaliste que dans le cas d'une représentation de la capacité seule, plus sévère.

En premier lieu, un calcul du champ électrique est effectué pour déterminer les capacités parasites à la terre. Ensuite, la caractéristique résistive est introduite et la répartition de tension est calculée en modélisant un circuit électrique. En général, un processus de calcul itératif est nécessaire en raison de la dépendance de la résistance à la température. Toutefois, il convient d'utiliser, comme approximation raisonnable, la caractéristique résistive à +20 °C.

La figure M.2 représente le circuit équivalent simplifié à plusieurs étages d'un parafoudre, qui peut être utilisé avec un programme de calcul de circuit électrique pour déterminer la répartition de tension en prenant en compte les effets capacitifs et résistifs. Le parafoudre est modélisé par des résistances qui dépendent de la tension appliquée et les capacités représentent la colonne de résistances non linéaires et les capacités parasites à la terre. Chaque étage du circuit équivalent peut représenter une résistance non linéaire à oxyde métallique en cas extrême, ou une fraction de la colonne de résistances non linéaires. Il convient que la longueur de chaque fraction ne dépasse pas 3 % de la longueur totale du parafoudre.

A partir des tensions obtenues aux noeuds avec, exclusivement, un calcul du type capacitif du champ électrique, conformément à M.4.1, les capacités parasites à la terre peuvent être déterminées comme suit:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \dots, n-1)$$

où

U_x est la tension au niveau du noeud x ;

$C_{MO,x}$ est la capacité de la fraction x ;

$C_{e,x}$ est la capacité parasite à la terre au niveau du noeud x ;

n est le nombre de fractions.

M.4 Calculation procedure

The calculation procedure may be performed in two different ways, as described in M.4.1 and M.4.2, depending on how the electrical properties of the non-linear resistor column are represented. The exclusively capacitive representation (see M.4.1) will always give conservative results in comparison with the combined capacitive/resistive representation (see M.4.2), which gives lower but more realistic stresses. Any other calculation procedure that leads to the same or more conservative results may also be used.

M.4.1 Capacitive representation of the non-linear resistor column

In this case, the non-linear resistor column is represented exclusively by its capacitance (permittivity), neglecting the influence of the resistive characteristic. This conservative approximation is justified as long as the calculated maximum voltage stress corresponds to a test voltage U_{ct} that is below the reference voltage of the resistors. The maximum voltage stress should be determined over an axial distance not exceeding 3 % of the total arrester length.

M.4.2 Capacitive and resistive representation of the non-linear resistor column

Here, the non-linear resistor column is represented by its capacitance in parallel to its non-linear resistive characteristic. This representation of the non-linear resistor column results in a more realistic calculated maximum voltage stress compared to the case with the more conservative capacitance-only representation.

Firstly, a capacitive electric field calculation is carried out to determine the stray capacitances to earth. Secondly, the resistive characteristic is introduced and the voltage distribution is calculated by means of electric circuit analysis. In general, an iterative calculation process is required due to the temperature dependence of the resistance. However, as a reasonably conservative approximation, the constant resistive characteristic at +20 °C should be used.

Figure M.2 shows a simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester, which may be used with an electric circuit analysis program to determine the voltage distribution considering both capacitive and resistive effects. The arrester is modelled by the voltage-dependent resistances, the capacitances representing the non-linear resistor column and the stray capacitances to earth. Each stage of the equivalent circuit may represent one single metal-oxide non-linear resistor, as the extreme case, or a section of the non-linear resistor column. The length of each section should not exceed 3 % of the total arrester length.

With the node voltages obtained by an exclusively capacitive electric field calculation in accordance with M.4.1, the stray capacitances to earth may be derived as follows:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \dots, n-1)$$

where

U_x is the voltage at node x;

$C_{MO,x}$ is the capacitance of section x;

$C_{e,x}$ is the stray capacitance to earth at node x;

n is the number of sections.

NOTE Ces calculs peuvent fournir des valeurs négatives dans certains cas. Cela est dû au modèle choisi, avec toutes les capacités parasites reliées à la terre. On peut éviter des valeurs négatives en utilisant des modèles ayant des représentations différentes des capacités parasites.

M.4.3 Détermination de U_{ct}

Le rapport entre U_{ct} et U_c dans la procédure d'essai de vieillissement accéléré (voir 7.5.2) est déterminé en divisant la contrainte de tension maximale calculée le long de la colonne complète de résistances non linéaires (alimentée à $U = U_c$), par la contrainte de tension moyenne sur sa longueur.

M.5 Exemples de calcul

Des exemples de calculs de la répartition de tension axiale pour un parafoudre à oxyde métallique type ont été effectués en utilisant deux méthodes de calcul différentes, la méthode à éléments finis (MEF) et la méthode à éléments limites (MEL). La méthode à éléments finis a été utilisée uniquement pour les calculs 2D, tandis que la méthode à éléments limites a été utilisée pour les calculs 2D et 3D.

Les exemples de calcul ont été effectués en utilisant la représentation capacitive et la représentation capacitive/résistive. Le modèle de parafoudre utilisé dans ces calculs est une représentation simplifiée d'un parafoudre type à plusieurs unités, avec une enveloppe porcelaine (voir figure M.3a).

M.5.1 Modélisation du parafoudre et conditions aux limites

Les simplifications pour la modélisation du parafoudre ont été effectuées conformément à l'article M.2, sauf pour les anneaux de répartition de potentiel, pour lesquels des approches différentes ont été adoptées, comme explicité ci-après.

On a supposé que le parafoudre type était équipé d'un anneau de répartition de potentiel fixé par quatre bras, comme cela est indiqué à la figure M.3a. Les différentes représentations de l'anneau de répartition de potentiel et de ses bras, qui correspondent aux différents degrés de simplification, sont indiquées à la figure M.3b. Le premier modèle, qui utilise un anneau sans bras, a été utilisé dans des calculs 2D et 3D en hypothèse axisymétrique (cas A et D respectivement). Le second modèle a été utilisé pour étudier l'influence du rajout d'un anneau «virtuel» dans les calculs axisymétriques, pour simuler l'influence des bras de l'anneau. Les calculs 2D et 3D ont été effectués simultanément (cas B et E respectivement). Le troisième modèle est une représentation tridimensionnelle de l'anneau avec ses bras, utilisée uniquement pour le calcul 3D (cas F).

La permittivité relative des colonnes de résistances non linéaires «équivalentes» a été fixée à 800, tandis que la permittivité relative des enveloppes porcelaine est égale à cinq. Les conditions aux limites ont été choisies conformément à l'article M.3, c'est-à-dire que le parafoudre est placé dans un cylindre relié à la terre dont le rayon est déterminé par les exigences de distances minimales à respecter.

M.5.2 Effet résistif des résistances non linéaires à oxyde métallique

L'effet résistif des résistances non linéaires à oxyde métallique a été introduit conformément à M.4.2. La caractéristique résistive non linéaire utilisée dans les calculs est donnée à la figure M.4. L'influence résistive a été étudiée en calcul 2D avec l'anneau «virtuel» (cas C) comparé au cas B, et en calcul 3D avec les bras de l'anneau (cas G) comparé au cas F.

Etant donné l'effet non linéaire introduit par la caractéristique résistive, il est nécessaire d'effectuer les calculs combinés capacitifs/résistifs à un niveau de tension donné. Pour les exemples de calcul, on suppose que $U_c = 333$ kV eff. (471 kV crête) à une fréquence de 50 Hz.

NOTE These calculations may result in negative values in certain cases. This is a consequence of the chosen model, with all the stray capacitances connected to earth. By using other models with different representations of stray capacitances, negative values may be avoided.

M.4.3 Determination of U_{ct}

The ratio of U_{ct} to U_c in the accelerated ageing procedure (see 7.5.2) is determined by dividing the calculated maximum voltage stress along the total length of the non-linear resistor column (energised at $U = U_c$), by the mean voltage stress along the same length.

M.5 Example calculations

Example calculations of the axial voltage distribution for a typical metal-oxide surge arrester were carried out using two different computation methods: the finite element method (FEM) and the boundary element method (BEM). The finite element method was used only for 2D computations, while the boundary element method was used for both 2D and 3D computations.

The example calculations were carried out using both the capacitance-only representation, as well as the capacitive/resistive representation. The arrester model used in the calculations is a simplified representation of a typical multi-unit arrester with porcelain housing (see figure M.3a).

M.5.1 Modelling of the arrester and the boundary conditions

The simplifications in the modelling of the arrester were made in accordance with clause M.2 except for the grading rings, where different approaches were applied as described below.

It was assumed that the typical arrester is equipped with one grading ring and four support members for the ring, as shown in figure M.3a. The different representations of the grading ring and its supports, corresponding to different degrees of simplification, are shown in figure M.3b. The first model, using one ring without supports, was used in axi-symmetric 2D and 3D computations (cases A and D, respectively). The second model was used to study the feasibility of adding a "virtual" grading ring in axi-symmetric calculations to simulate the influence of the grading ring supports. Both 2D and 3D computations were carried out (cases B and E, respectively). The third model is a three-dimensional representation of the grading ring including the supports, used only for 3D computation (case F).

The relative permittivity of the "equivalent" non-linear resistor columns was chosen as 800, while the relative permittivity of the porcelain housings was set equal to five. The boundary conditions were chosen in accordance with clause M.3, i.e. the arrester is positioned in an earthed cylinder with a radius determined by the minimum clearance requirement.

M.5.2 Resistive effects of the metal-oxide non-linear resistors

The resistive effect of the metal-oxide non-linear resistors was introduced in accordance with M.4.2. The non-linear resistive characteristic used in the computations is shown in figure M.4. The resistive effect was investigated in 2D computations with the "virtual" grading ring included (case C) for comparison with case B, and in 3D computations with the supports included (case G) for comparison with case F.

Due to the non-linear effect introduced by the resistive characteristic, it is necessary to carry out the combined capacitive/resistive calculations at a given voltage level. For the example calculations, it was assumed that $U_c = 333$ kV rms (471 kV peak) with a frequency of 50 Hz.

M.5.3 Résultats et conclusions des calculs de champ électrique

Les contraintes de tension maximales calculées sur la colonne de résistances non linéaires à oxyde métallique de chaque unité sont résumées dans le tableau M.1 pour les différents cas A à G. La contrainte de tension est exprimée en pourcentage de U_c par mètre de longueur de la colonne de résistances non linéaires, en supposant que le parafoudre est alimenté à $U_c = 100 \%$, conduisant à une contrainte de tension moyenne de 34,7 %/m. Les résultats du tableau M.1 sont des valeurs moyennes obtenues à partir de plusieurs calculs en utilisant différents logiciels de calcul types MEF et MEL. Des différences de 1 %/m à 2 %/m sont généralement probables. La contrainte maximale pour les trois unités est également exprimée en termes de rapport U_{ct}/U_c pour déterminer la tension de l'essai de vieillissement accéléré (voir M.4.3.). Des résultats de calcul détaillés indiquant la contrainte de tension le long de la colonne de résistances sont représentés à la figure M.5 pour le cas B.

En général, on peut en conclure que les calculs 2D et 3D donnent des résultats similaires (cas A contre D et cas B contre E). Les temps de calcul sont toutefois plus longs de plusieurs ordres de grandeur si l'on utilise des méthodes de calcul 3D.

Sur la base des différentes simplifications de la modélisation du parafoudre exposées dans les paragraphes précédents, on peut tirer quelques conclusions générales du tableau M.1:

- la contrainte de tension calculée dans l'unité supérieure est sensiblement inférieure si les bras de fixation de l'anneau de répartition de potentiel sont pris en compte dans le calcul 3D (cas A et D contre cas F);
- la contrainte calculée est encore réduite dans les calculs 2D et 3D si les effets résistifs sont pris en compte (cas B contre cas C et cas F contre cas G);
- l'effet des bras de fixation de l'anneau peut être simulé en introduisant un anneau «virtuel» dans un modèle axisymétrique (cas B contre cas F et cas C contre cas G). Toutefois, on ne peut donner aucune règle générale sur le dimensionnement et le positionnement correct de l'anneau «virtuel» sur la base de ces résultats.

Tableau M.1 – Résultats d'exemples de calcul

Modèle Parafoudre	Cas	Distortion maximale			Rapport maximal U_{ct}/U_c
		Elément supérieur	Elément intermédiaire	Elément inférieur	
		% / m	% / m	% / m	p.u.
Calculs en 2D					
Avec un anneau de garde	A	50	39	26	1,44
Avec deux anneaux de garde	B	44	40	27	1,27
Avec trois anneaux de garde et effets résistifs	C	41	39	29	1,18
Calculs en 3D					
Avec un anneau de garde	D	50	37	27	1,44
Avec deux anneaux de garde	E	43	38	28	1,24
Avec un anneau de garde à quatre bras	F	44	39	27	1,27
Avec un anneau de garde à quatre bras et effets résistifs	G	41	39	28	1,18

M.5.3 Results and conclusions from electric field calculations

The calculated maximum voltage stresses on the metal-oxide non-linear resistor column in each unit are summarised in table M.1 for the different cases, A to G. The voltage stress is expressed in percent of U_c per metre length of the non-linear resistor column, assuming that the arrester is energized at $U_c = 100\%$, yielding a mean voltage stress of 34,7 %/m. The results in table M.1 are average values from several computations using different FEM and BEM computation software. Deviations of 1 %/m to 2 %/m may typically be expected. The maximum stress among the three units is also expressed in terms of the ratio U_{ct}/U_c for determination of the test voltage in the accelerated ageing test (see M.4.3.) Detailed example calculation results showing the voltage stress along the arrester column are presented in figure M.5 for case B.

In general, it can be concluded that 2D and 3D computations give similar results (case A versus D, and case B versus E). The computation time is, however, several orders of magnitude longer when using 3D computation methods.

With reference to the various simplifications in the modelling of the arrester discussed in previous subclauses, some general conclusions can be drawn from table M.1:

- the calculated voltage stress in the top unit is significantly lower if the grading ring supports are included in the 3D computation (case A and D versus case F);
- the calculated stress is further reduced in both 2D and 3D computations if the resistive effects are considered (case B versus C, and case F versus G);
- the effect of the grading ring supports may be simulated by introducing a "virtual" grading ring in the axi-symmetric model (case B versus F, and case C versus G). However, no general rules for proper sizing or placement of the "virtual" ring can be given on the basis of these results.

Table M.1 – Results from example calculations

Surge arrester model	Case	Maximum voltage stress			Maximum ratio U_{ct}/U_c
		Top unit	Middle unit	Bottom unit	
		% / m	% / m	% / m	p.u.
2D computations					
One grading ring	A	50	39	26	1,44
Two grading rings	B	44	40	27	1,27
Two grading rings, resistive effects	C	41	39	29	1,18
3D computations					
One grading ring	D	50	37	27	1,44
Two grading rings	E	43	38	28	1,24
One grading ring with four supports	F	44	39	27	1,27
One grading ring with four supports, resistive effects	G	41	39	28	1,18

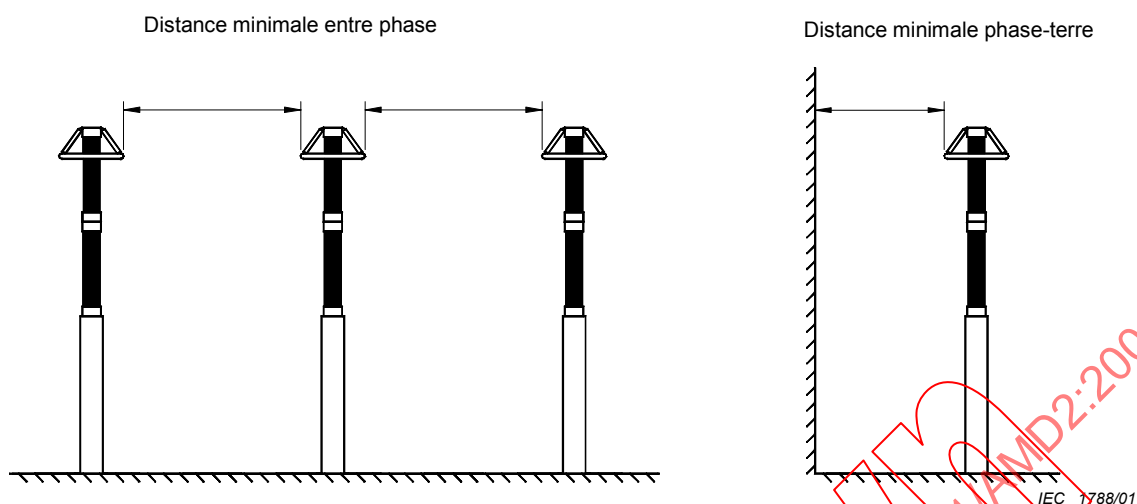
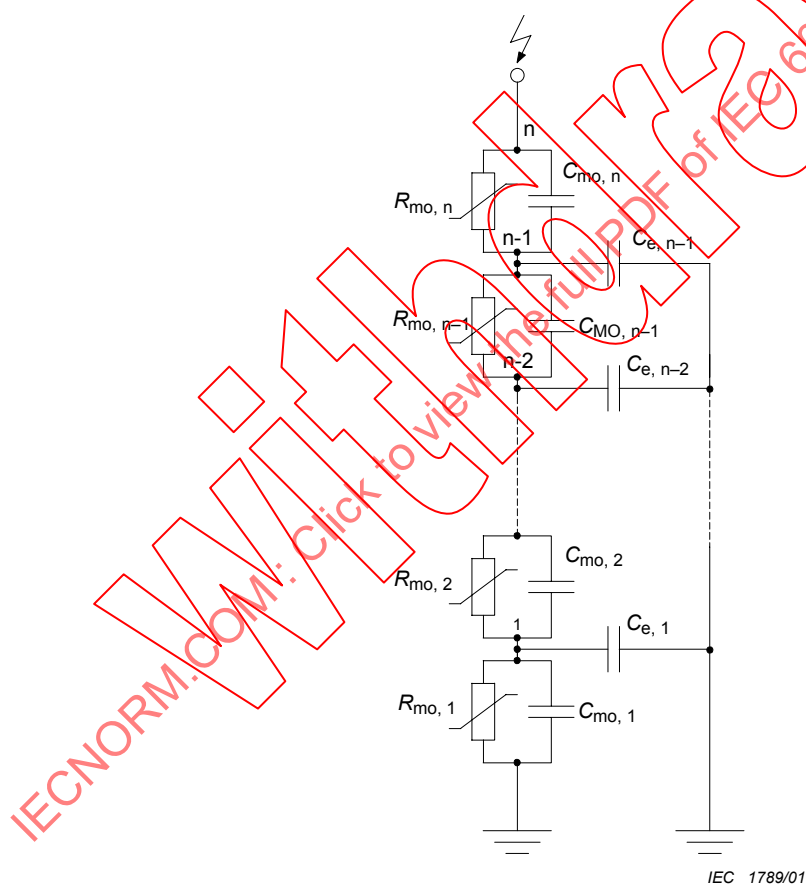


Figure M.1 – Installation triphasée type de parafoudres



Légende

- $R_{MO, x}$ Résistance équivalente de la fraction x
- $C_{MO, x}$ Capacité de la fraction x
- $C_{e, x}$ Capacité parasite à la terre au niveau du noeud x
- n Nombre de fractions

Figure M.2 – Circuit équivalent simplifié multi-étages d'un parafoudre

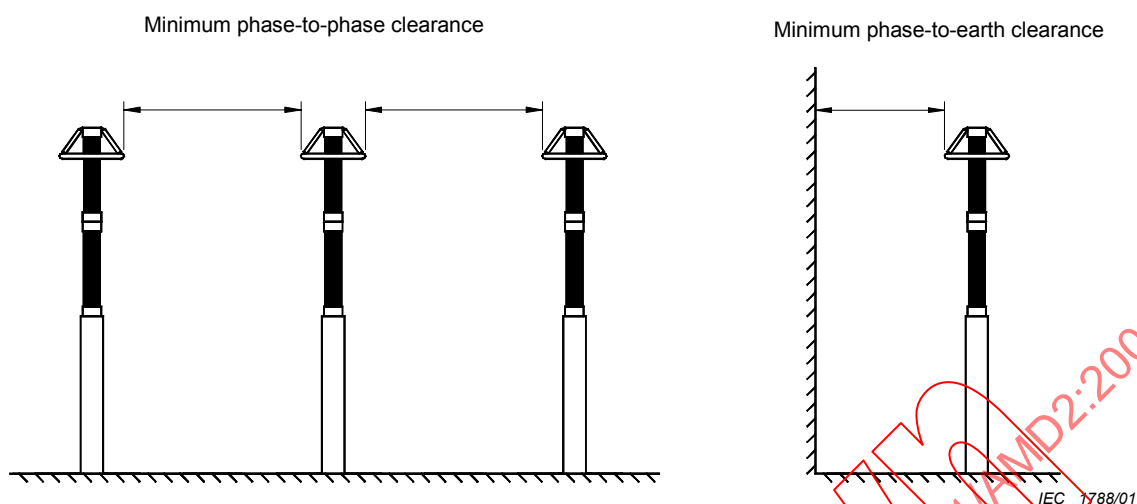
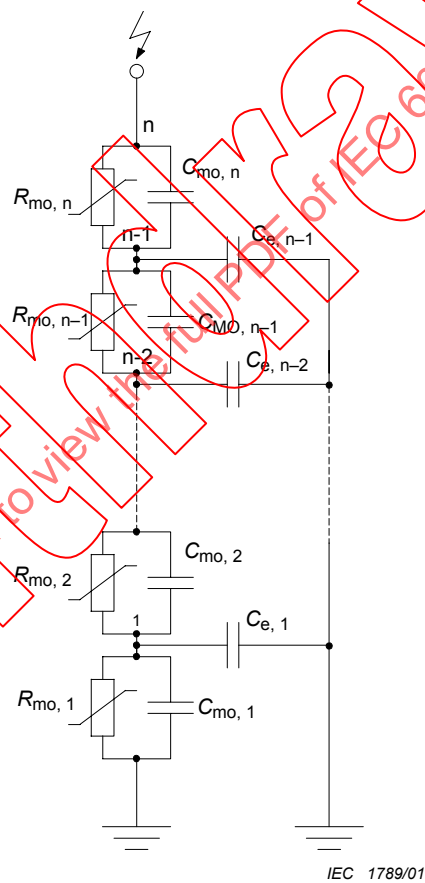


Figure M.1 – Typical three-phase arrester installation

**Key**

- $R_{mo, x}$ Voltage-dependent resistance of section x
 $C_{mo, x}$ Capacitance of section x
 $C_{e, x}$ Stray capacitance to earth at node x
 n Number of sections

Figure M.2 – Simplified multi-stage equivalent circuit of an arrester

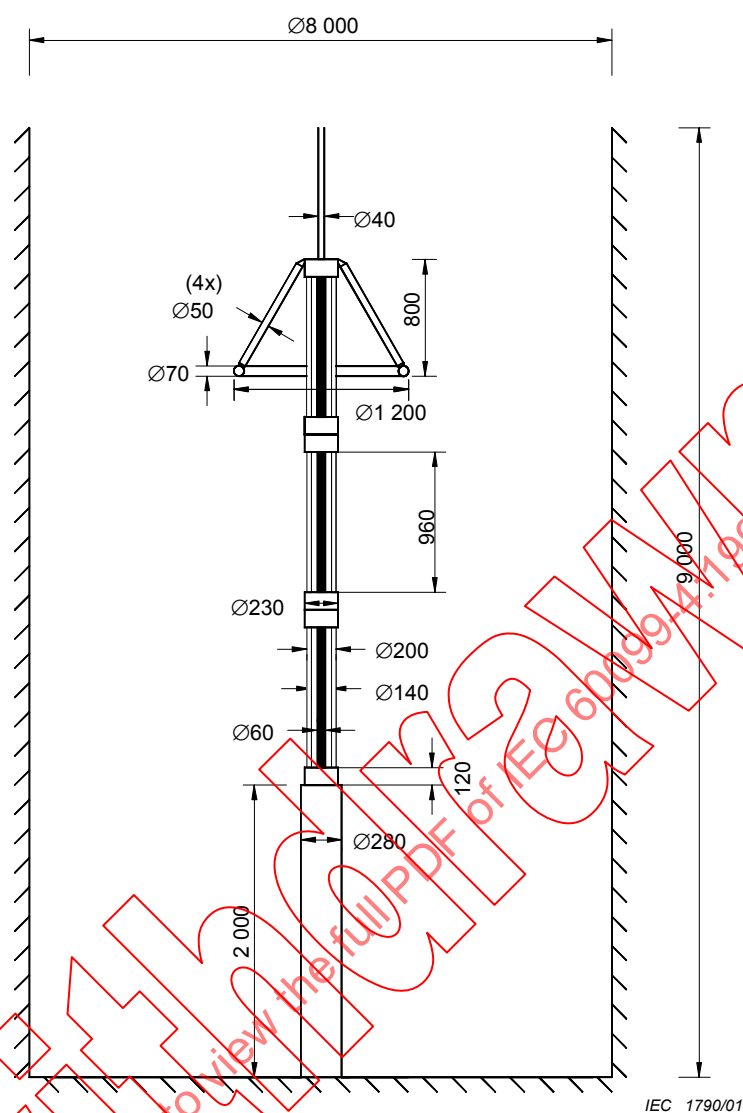
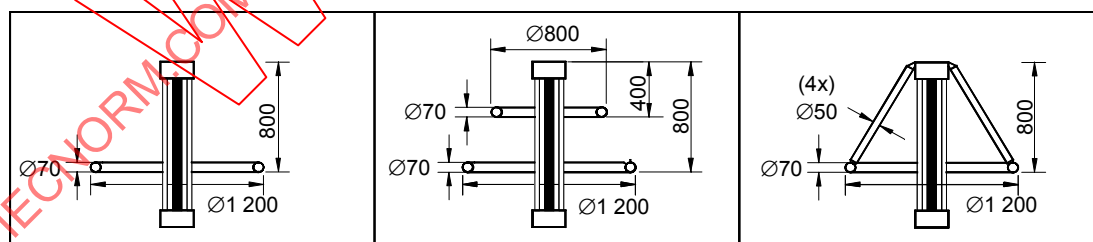


Figure M.3a – Représentation simplifiée d'un parafoudre à plusieurs unités



Cas A, D

Cas B, C, E

Cas F, G

Figure M.3b – Différentes modélisations de l'anneau de répartition de potentiel

Figure M.3 – Géométrie du modèle de parafoudre

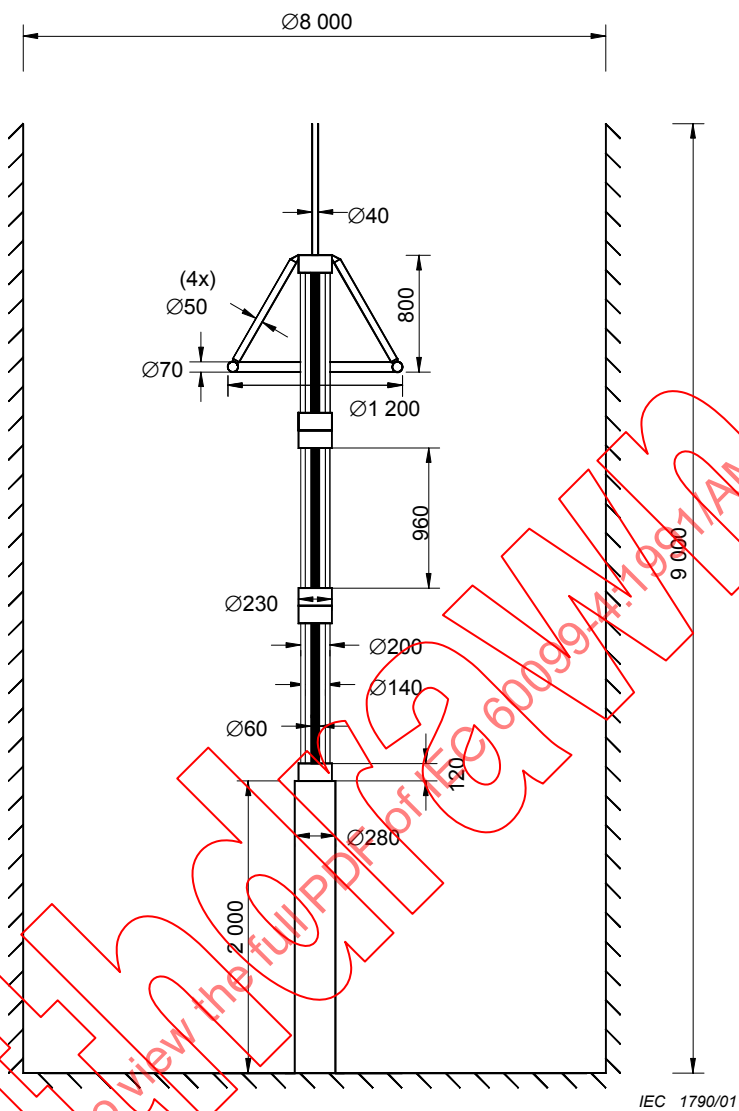
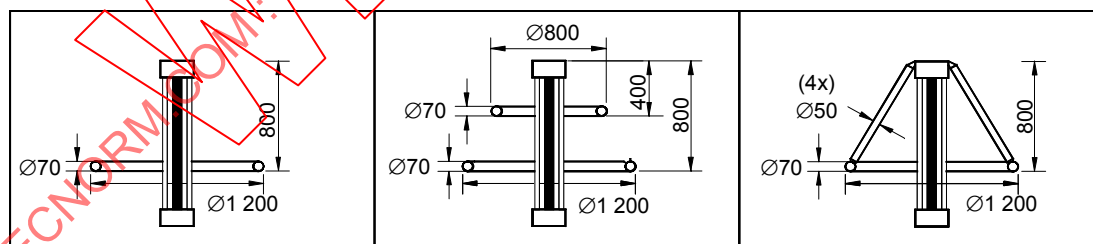


Figure M.3a – Simplified model of multi-unit arrester



Case A, D

Case B, C, E

Case F, G

Figure M.3b – Different representations of the grading ring

Figure M.3 – Geometry of arrester model