

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60099-4

**Edition 1.1
1998-08**

Edition 1:1991 consolidée par l'amendement 1:1998
Edition 1:1991 consolidated with amendment 1:1998

Parafoudres –

Partie 4:

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

Surge arresters –

Part 4:

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60099-4:1991+A.1:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant des amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- «Site web»* de la CEI
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible sur le «site web»* de la CEI et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60099-4

**Edition 1.1
1998-08**

Edition 1:1991 consolidée par l'amendement 1:1998
Edition 1:1991 consolidated with amendment 1:1998

Parafoudres –

Partie 4:

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

Surge arresters –

Part 4:

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

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	10

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

Articles

1.1	Domaine d'application	12
1.2	Références normatives	12

SECTION 2: DÉFINITIONS

2.1	Parafoudre à oxyde métallique sans éclateur	14
2.2	Résistance variable à oxyde métallique	14
2.3	Système de répartition interne d'un parafoudre	14
2.4	Anneau de garde d'un parafoudre	14
2.5	Fraction de parafoudre	14
2.6	Élément de parafoudre	14
2.7	Limiteur de pression d'un parafoudre	14
2.8	Tension assignée d'un parafoudre (U_r)	16
2.9	Tension de régime permanent d'un parafoudre (U_c)	16
2.10	Fréquence nominale d'un parafoudre	16
2.11	Décharge disruptive	16
2.12	Perforation (claquage)	16
2.13	Contournement	16
2.14	Choc	16
2.15	Enoncé de la forme d'un choc	16
2.16	Choc de courant à front raide	18
2.17	Choc de courant de foudre	18
2.18	Choc de courant de longue durée	18
2.19	Valeur de crête d'un choc	18
2.20	Front d'un choc	18
2.21	Queue d'un choc	18
2.22	Origine conventionnelle d'un choc	18
2.23	Durée conventionnelle du front d'un choc de courant (T_1)	18
2.24	Raideur conventionnelle du front d'un choc	18
2.25	Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue d'un choc (T_2)	20
2.26	Durée conventionnelle de la crête d'un choc rectangulaire	20
2.27	Durée conventionnelle totale d'un choc rectangulaire	20
2.28	Valeur de crête de polarité opposée d'un choc	20
2.29	Courant de décharge d'un parafoudre	20
2.30	Courant nominal de décharge d'un parafoudre (I_n)	20
2.31	Choc de courant de grande amplitude d'un parafoudre	20
2.32	Courant de choc de manoeuvre d'un parafoudre	20
2.33	Courant permanent d'un parafoudre	20
2.34	Courant de référence d'un parafoudre	22
2.35	Tension de référence d'un parafoudre (U_{ref})	22
2.36	Tension résiduelle d'un parafoudre (U_{res})	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	11

SECTION 1: GENERAL

Clause

1.1 Scope.....	13
1.2 Normative references	13

SECTION 2: DEFINITIONS

2.1 Metal-oxide surge arrester without gaps.....	15
2.2 Non-linear metal-oxide resistor	15
2.3 Internal grading system of an arrester	15
2.4 Grading ring of an arrester.....	15
2.5 Section of an arrester	15
2.6 Unit of an arrester	15
2.7 Pressure relief device of an arrester	15
2.8 Rated voltage of an arrester (U_r).....	17
2.9 Continuous operating voltage of an arrester (U_c).....	17
2.10 Rated frequency of an arrester	17
2.11 Disruptive discharge	17
2.12 Puncture (breakdown).....	17
2.13 Flashover	17
2.14 Impulse	17
2.15 Designation of an impulse shape.....	17
2.16 Steep current impulse.....	19
2.17 Lightning current impulse.....	19
2.18 Long duration current impulse.....	19
2.19 Peak (crest) value of an impulse.....	19
2.20 Front of an impulse.....	19
2.21 Tail of an impulse	19
2.22 Virtual origin of an impulse	19
2.23 Virtual front time of a current impulse (T_1)	19
2.24 Virtual steepness of the front of an impulse.....	19
2.25 Virtual time to half value on the tail of an impulse (T_2).....	21
2.26 Virtual duration of the peak of a rectangular impulse	21
2.27 Virtual total duration of a rectangular impulse	21
2.28 Peak (crest) value of opposite polarity of an impulse.....	21
2.29 Discharge current of an arrester	21
2.30 Nominal discharge current of an arrester (I_n)	21
2.31 High current impulse of an arrester.....	21
2.32 Switching current impulse of an arrester	21
2.33 Continuous current of an arrester	21
2.34 Reference current of an arrester.....	21
2.35 Reference voltage of an arrester (U_{ref}).....	23
2.36 Residual voltage of an arrester (U_{res})	23

Articles	Pages
2.37 Caractéristique de tenue d'un parafoudre sous tension à fréquence industrielle en fonction du temps	22
2.38 Courant présumé d'un circuit	22
2.39 Caractéristiques de protection d'un parafoudre	22
2.40 Emballlement thermique d'un parafoudre	24
2.41 Stabilité thermique d'un parafoudre.....	24
2.42 Dispositif de déconnexion pour parafoudre	24
2.43 Essais de type	24
2.44 Essais individuels	24
2.45 Essais de réception	24
SECTION 3: IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION	
3.1 Identification des parafoudres.....	26
3.2 Classification des parafoudres.....	26
SECTION 4: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES	
4.1 Tensions assignées normales.....	30
4.2 Fréquences assignées normales.....	30
4.3 Valeurs normales des courants nominaux de décharge.....	30
4.4 Conditions de service	30
SECTION 5: PRÉSCRIPTIONS	
5.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre	32
5.2 Tension de référence.....	32
5.3 Tensions résiduelles.....	32
5.4 Décharges partielles.....	32
5.5 Étanchéité	32
5.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes.....	34
5.7 Stabilité thermique.....	34
5.8 Tenue au choc de courant de longue durée.....	34
5.9 Fonctionnement des parafoudres.....	34
5.10 Caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre	36
5.11 Limiteur de pression	36
5.12 Dispositif de déconnexion	36
5.13 Prescriptions pour les équipements auxiliaires tels que les éléments de répartition .	36
SECTION 6: CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION DES ESSAIS	
6.1 Appareillage de mesure et précision	38
6.2 Mesures de la tension de référence	38
6.3 Echantillons destinés aux essais.....	38

Clause	Page
2.37 Power frequency withstand voltage versus time characteristic of an arrester	23
2.38 Prospective current of a circuit.....	23
2.39 Protective characteristics of an arrester	23
2.40 Thermal runaway of an arrester	25
2.41 Thermal stability of an arrester	25
2.42 Arrester disconnecter	25
2.43 Type tests (design tests).....	25
2.44 Routine tests	25
2.45 Acceptance tests	25

SECTION 3: IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION

3.1 Arrester identification.....	27
3.2 Arrester classification	27

SECTION 4: STANDARD RATINGS

4.1 Standard rated voltages.....	31
4.2 Standard rated frequencies.....	31
4.3 Standard nominal discharge currents.....	31
4.4 Service conditions	31

SECTION 5: REQUIREMENTS

5.1 Insulation withstand of the arrester housing.....	33
5.2 Reference voltage	33
5.3 Residual voltages.....	33
5.4 Partial discharges.....	33
5.5 Seal leakage	33
5.6 Current distribution in a multi-column arrester.....	35
5.7 Thermal stability.....	35
5.8 Long duration current impulse withstand	35
5.9 Operating duty.....	35
5.10 Power frequency voltage versus time characteristics of an arrester	37
5.11 Pressure relief.....	37
5.12 Disconnectors	37
5.13 Requirements for auxiliary equipment such as grading components	37

SECTION 6: GENERAL TESTING PROCEDURE

6.1 Measuring equipment and accuracy.....	39
6.2 Reference voltage measurements.....	39
6.3 Test samples.....	39

SECTION 7: ESSAIS DE TYPE

Articles	Pages
7.1 Généralités.....	40
7.2 Essais de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	42
7.3 Essais de vérification de la tension résiduelle	44
7.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée	46
7.5 Essais de fonctionnement.....	50
7.6 Essai des dispositifs de déconnexion pour parafoudres.....	64

SECTION 8: ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION

8.1 Essais individuels	68
8.2 Essais de réception	68

Figures.....	72
--------------	----

Annexes

A Conditions anormales de service.....	78
B Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre	80
C Prescriptions relatives aux parafoudres pour courants de foudre élevés pour la gamme de tension de 1 kV à 52 kV	82
D Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre	88
E Guide pour le choix de la classe de décharge de ligne	92
F Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments.....	96
G Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres.....	128
H Circuit type pour l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude	132
J Circuit type de générateur de choc à constantes réparties pour l'essai de tenue aux chocs de courant de longue durée	136
K Tensions résiduelles maximales typiques.....	138

SECTION 7: TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

Clause	Page
7.1 General	41
7.2 Insulation withstand tests on the arrester housing	43
7.3 Residual voltage tests	45
7.4 Long duration current impulse withstand test.....	47
7.5 Operating duty tests	51
7.6 Tests of arrester disconnectors.....	65

SECTION 8: ROUTINE TESTS AND ACCEPTANCE TESTS

8.1 Routine tests	69
8.2 Acceptance tests	69

Figures	73
---------------	----

Annexes

A Abnormal service conditions.....	79
B Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section	81
C Requirements for High Lightning Duty arresters for voltage range 1 kV to 52 kV	83
D Procedure to verify the power frequency voltage versus time characteristics of an arrester	89
E Guide to selection of line discharge class	93
F Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters.....	97
G Typical information given with enquiries and tenders	129
H Typical circuit for high current impulse operating duty test	133
J Typical circuit for a distributed constant impulse generator for the long duration current impulse withstand test.....	137
K Typical maximum residual voltages	139

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PARAFOUDRES –

Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La présente Norme internationale a été établie par le comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

La présente version consolidée de la CEI 60099-4 est issue de la première édition (1991) [documents 37(BC)38 et 37(BC)45], et de son amendement 1 (1998) [documents 37/192/FDIS et 37/198/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A, B, C, D et F font partie intégrante de la présente norme.

Les annexes E, G, H, J et K sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SURGE ARRESTERS –**Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps
for a.c. systems**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This consolidated version of IEC 60099-4 is based on the first edition (1991) [documents 37(CO)38 and 37(CO)45], and its amendment 1 (1998) [documents 37/192/FDIS and 37/198/RVD].

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A, B, C, D and F form an integral part of this standard.

Annexes E, G, H, J and K are for information only.

INTRODUCTION

Cette Norme internationale contient des informations minimales pour spécifier et pour essayer les parafoudres sans éclateur à oxyde métallique destinés à être utilisés sur les réseaux de puissance en courant alternatif.

Les parafoudres décrits dans cette norme sont couramment utilisés dans des installations reliées à des lignes aériennes, à la place des parafoudres à éclateurs à résistance variable qui font l'objet de la CEI 60099-1. La protection des circuits à basse tension (inférieure à 3 kV) est à l'étude.

Cette norme comprend une procédure de vieillissement accéléré destinée à simuler l'effet à long terme de la tension et de la température sur les parafoudres à oxyde métallique. La nécessité d'une telle procédure est liée au fait que les résistances composant le parafoudre sont soumises en permanence à la tension du réseau pendant toute la durée d'utilisation du parafoudre.

INTRODUCTION

This International Standard presents the minimum criteria for the requirements and testing of gapless metal-oxide surge arresters that are applied to a.c. power systems.

Arresters covered by this standard are commonly applied to live/front overhead installations in place of the non-linear resistor type gapped arresters covered in IEC 60099-1. Protection of low-voltage circuits, below 3 kV, is under consideration.

An accelerated ageing procedure is incorporated in the standard to simulate the long-term effects of voltage and temperature on the metal-oxide arrester. This is necessary since the arrester's resistor elements will have system power frequency voltage continuously applied across them during the arrester's time in service.

PARAFOUDRES –

Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux parafoudres à résistance variable à oxyde métallique sans éclateur conçus pour limiter les surtensions sur les réseaux à courant alternatif.

Cette norme s'applique fondamentalement à tous les parafoudres à oxyde métallique; cependant, les parafoudres à enveloppe synthétique, les parafoudres destinés aux postes blindés (GIS), les parafoudres plongés dans un liquide et d'autres parafoudres de type spécial peuvent exiger une étude particulière pour leur conception, les essais qui leur sont appliqués et leur utilisation.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension. Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071: *Coordination de l'isolement*

CEI 60071-2:1976, *Coordination de l'isolement. Deuxième partie: Guide d'application*

CEI 60099-1:1991, *Parafoudres. Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60099-3:1990, *Parafoudres. Partie 3: Essais de pollution artificielle des parafoudres*

CEI 60270:1981, *Mesures des décharges partielles*

CEI 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

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

SURGE ARRESTERS –

Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope

This International Standard applies to non-linear metal-oxide resistor type surge arresters without spark gaps designed to limit voltage surges on a.c. power circuits.

This standard basically applies to all metal-oxide surge arresters; however, polymeric housed, GIS, liquid immersed and other special designs may require special consideration in design, test and application.

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques. Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071: *Insulation co-ordination*

IEC 60071-2:1976, *Insulation co-ordination. Part 2: Application guide*

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters. Part 1: Non-linear resistor type gapped arresters for a.c. systems*

IEC 60099-3:1990, *Surge arresters. Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters*

IEC 60270:1981, *Partial discharge measurements*

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used in a.c. systems*

IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

SECTION 2: DÉFINITIONS

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

2.1 Parafoudre à oxyde métallique sans éclateur

Parafoudre à résistances variables à oxyde métallique connectées en série et/ou en parallèle, ne comportant pas d'éclateurs en série ou en parallèle.

2.2 Résistance variable à oxyde métallique

Partie d'un parafoudre qui, par sa caractéristique non linéaire de la tension en fonction du courant fonctionne comme une résistance de faible valeur pour les surtensions, limitant ainsi la tension aux bornes du parafoudre, et comme une résistance de valeur élevée à la tension normale à fréquence industrielle.

2.3 Système de répartition interne d'un parafoudre

Impédances de répartition, en particulier condensateurs de répartition connectés en parallèle sur une seule résistance ou sur un groupe de résistances non linéaires à oxyde métallique pour fixer la répartition de la tension le long de la colonne de résistances à oxyde métallique.

2.4 Anneau de garde d'un parafoudre

Une partie métallique, généralement de forme circulaire, montée pour modifier électrostatiquement la répartition de la tension le long du parafoudre.

2.5 Fraction de parafoudre

Partie complète d'un parafoudre, correctement assemblée, nécessaire pour représenter le comportement d'un parafoudre complet lors d'un essai particulier. Une fraction de parafoudre n'est pas nécessairement un élément de parafoudre.

2.6 Élément de parafoudre

Partie d'un parafoudre, entièrement contenue dans une enveloppe, qui peut être connectée en série et/ou en parallèle avec d'autres éléments pour réaliser un parafoudre ayant des valeurs assignées de tension et/ou de courant plus élevées. Un élément de parafoudre n'est pas nécessairement une fraction de parafoudre.

2.7 Limiteur de pression d'un parafoudre

Dispositif destiné à limiter la pression interne d'un parafoudre et à éviter la rupture brutale de l'enveloppe à la suite du passage prolongé du courant de défaut ou d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre.

SECTION 2: DEFINITIONS

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

2.1 Metal-oxide surge arrester without gaps

An arrester having non-linear metal-oxide resistors connected in series and/or in parallel without any integrated series or parallel spark gaps.

2.2 Non-linear metal-oxide resistor

The part of the surge arrester which by its non-linear voltage versus current characteristics acts as a low resistance to overvoltages, thus limiting the voltage across the arrester terminals, and as a high resistance at normal power frequency voltage.

2.3 Internal grading system of an arrester

Grading impedances, in particular grading capacitors connected in parallel to one single or to a group of non-linear metal-oxide resistors, to control the voltage distribution along the metal-oxide resistor stack.

2.4 Grading ring of an arrester

A metal part, usually circular in shape, mounted to modify electrostatically the voltage distribution along the arrester.

2.5 Section of an arrester

A complete, suitably assembled part of an arrester necessary to represent the behaviour of a complete arrester with respect to a particular test. A section of an arrester is not necessarily a unit of an arrester.

2.6 Unit of an arrester

A completely housed part of an arrester which may be connected in series and/or in parallel with other units to construct an arrester of higher voltage and/or current rating. A unit of an arrester is not necessarily a section of an arrester.

2.7 Pressure relief device of an arrester

Means for relieving internal pressure in an arrester and preventing violent shattering of the housing following prolonged passage of fault current or internal flashover of the arrester.

2.8 Tension assignée d'un parafoudre (U_T)

Valeur maximale de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre ses bornes pour laquelle le parafoudre est prévu pour fonctionner correctement dans des conditions de surtension temporaires comme il est défini dans les essais de fonctionnement, voir 7.5. La tension assignée est utilisée comme un paramètre de référence pour la spécification des caractéristiques de fonctionnement.

NOTE – La tension assignée comme définie dans le présent document est la tension à fréquence industrielle de 10 secondes, utilisée pour vérifier la stabilité après application des chocs de courant de grande amplitude ou de longue durée lors de l'essai de fonctionnement. Les essais utilisés pour définir la tension assignée dans la CEI 60099-1, ainsi que dans certaines Normes nationales, impliquent l'application de chocs répétés au courant nominal pendant que la tension à fréquence industrielle est appliquée. On attire l'attention sur le fait que ces deux méthodes utilisées pour définir les valeurs assignées ne produisent pas nécessairement des valeurs équivalentes (une résolution de cette différence est à l'étude).

2.9 Tension de régime permanent d'un parafoudre (U_C)

La tension de régime permanent est la valeur spécifiée admissible de la tension efficace à fréquence industrielle qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre selon 7.5.

2.10 Fréquence nominale d'un parafoudre

Fréquence du réseau pour laquelle le parafoudre est prévu.

2.11 Décharge disruptive

Phénomène associé à une défaillance de l'isolation sous l'effet de la contrainte électrique, avec chute de la tension et passage d'un courant. Ce terme s'applique aux perforations électriques de diélectriques solides, liquides et gazeux, et à leurs combinaisons.

NOTE – Une décharge disruptive dans un isolant électrique solide entraîne une perte permanente de la rigidité diélectrique. Dans un isolant liquide ou gazeux, la perte de la rigidité diélectrique peut n'être que temporaire.

2.12 Perforation (claquage)

Décharge disruptive à travers un solide.

2.13 Contournement

Décharge disruptive le long d'une surface solide.

2.14 Choc

Onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui, sans oscillations appréciables, croît rapidement jusqu'à une valeur maximale et tombe, habituellement moins rapidement, à zéro avec, éventuellement, de petites ondes de polarité opposée.

Les paramètres qui définissent un choc de tension ou de courant sont la polarité, la valeur de crête, la durée du front et la durée jusqu'à la mi-valeur sur la queue.

2.15 Enoncé de la forme d'un choc

Combinaison de deux valeurs exprimée en microsecondes, la première représentant la durée conventionnelle du front (T_1) et la seconde la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue (T_2). L'onde est représentée par T_1/T_2 , le signe «/» n'ayant aucune signification mathématique.

2.8 Rated voltage of an arrester (U_r)

The maximum permissible r.m.s. value of power frequency voltage between its terminals at which it is designed to operate correctly under temporary overvoltage conditions as established in the operating duty tests, see 7.5. The rated voltage is used as a reference parameter for the specification of operating characteristics.

NOTE – The rated voltage as defined in this document is the 10 s power frequency voltage used in the operating duty test after high current or long duration impulses. Tests used to establish the voltage rating in IEC 60099-1, as well as some National Standards, involve the application of repetitive impulses at nominal current with power frequency voltage applied. Attention is drawn to the fact that these two methods used to establish rating do not necessarily produce equivalent values. (A resolution to this discrepancy is under consideration.)

2.9 Continuous operating voltage of an arrester (U_c)

The continuous operating voltage is the designated permissible r.m.s. value of power frequency voltage that may be applied continuously between the arrester terminals in accordance with 7.5.

2.10 Rated frequency of an arrester

The frequency of the power system on which the arrester is designed to be used.

2.11 Disruptive discharge

The phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, which include a collapse of voltage and the passage of current. The term applies to electrical breakdowns in solid, liquid and gaseous dielectric, and combinations of these.

NOTE – A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of electric strength. In a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

2.12 Puncture (breakdown)

A disruptive discharge through a solid.

2.13 Flashover

A disruptive discharge over a solid surface.

2.14 Impulse

A unidirectional wave of voltage or current which without appreciable oscillations rises rapidly to a maximum value and falls – usually less rapidly – to zero with small, if any, excursions of opposite polarity.

The parameters which define a voltage or current impulse are polarity, peak value, front time and time to half value on the tail.

2.15 Designation of an impulse shape

A combination of two numbers, the first representing the virtual front time (T_1) and the second the virtual time to half value on the tail (T_2). It is written as T_1/T_2 , both in microseconds, the sign "/" having no mathematical meaning.

2.16 Choc de courant à front raide

Choc de courant dont la durée conventionnelle de front est de 1 μ s; les limites de réglage doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 0,9 μ s et 1,1 μ s. La durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue ne doit pas dépasser 20 μ s.

NOTE – Pour la mesure de la tension résiduelle lors des essais de type (voir 7.3), la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue n'est pas un paramètre critique et aucune tolérance n'est imposée.

2.17 Choc de courant de foudre

Choc de courant 8/20; les limites de réglage doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre 7 μ s et 9 μ s pour la durée conventionnelle de front et entre 18 μ s et 22 μ s pour la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue.

NOTE – Pour la mesure de la tension résiduelle lors des essais de type (voir 7.3), la durée jusqu'à mi-valeur sur la queue n'est pas un paramètre critique et aucune tolérance n'est imposée.

2.18 Choc de courant de longue durée

Choc rectangulaire qui croît rapidement jusqu'à une valeur maximale, se maintient à peu près constant pendant une durée déterminée et tombe ensuite rapidement à zéro. Les paramètres qui définissent un choc rectangulaire sont la polarité, la valeur de crête, la durée conventionnelle de la crête et la durée conventionnelle totale.

2.19 Valeur de crête d'un choc

Valeur maximale de la tension ou du courant lors d'un choc. Certaines oscillations superposées peuvent être négligées, voir 7.4.2c et 7.5.4.2e.

2.20 Front d'un choc

Partie d'un choc précédant la crête.

2.21 Queue d'un choc

Partie d'un choc postérieure à la crête.

2.22 Origine conventionnelle d'un choc

Point d'une courbe «tension en fonction du temps» ou «courant en fonction du temps» déterminé par l'intersection de l'axe des temps, à tension ou courant nul, et de la droite passant par deux points de référence sur le front du choc. Pour les chocs de courant, les points de référence sont à 10 % et 90 % de la valeur de crête.

NOTE 1 – Cette définition ne s'applique que lorsque l'échelle des abscisses et celle des ordonnées sont toutes deux linéaires.

NOTE 2 – S'il existe des oscillations sur le front, il convient de prendre les points de référence sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

2.23 Durée conventionnelle du front d'un choc de courant (T_1)

Durée exprimée en microsecondes égale à 1,25 fois le temps nécessaire au courant pour croître de 10 % à 90 % de sa valeur de crête.

NOTE – S'il existe des oscillations sur le front, il convient de prendre les points de référence à 10 % et 90 % sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

2.24 Raideur conventionnelle du front d'un choc

Quotient de la valeur de crête par la durée conventionnelle du front du choc.

2.16 Steep current impulse

A current impulse with a virtual front time of 1 μs with limits in the adjustment of equipment such that the measured values are from 0,9 μs to 1,1 μs . The virtual time to half value on the tail shall be not longer than 20 μs .

NOTE – The time to half value on the tail is not critical and may have any tolerance during the residual voltage type tests, see 7.3.

2.17 Lightning current impulse

An 8/20 current impulse with limits on the adjustment of equipment such that the measured values are from 7 μs to 9 μs for the virtual front time and from 18 μs to 22 μs for the time to half value on the tail.

NOTE – The time to half value on the tail is not critical and may have any tolerance during the residual voltage type tests, see 7.3.

2.18 Long duration current impulse

A rectangular impulse which rises rapidly to maximum value, remains substantially constant for a specified period and then falls rapidly to zero. The parameters which define a rectangular impulse are polarity, peak value, virtual duration of the peak and virtual total duration.

2.19 Peak (crest) value of an impulse

The maximum value of a voltage or current impulse. Superimposed oscillations may be disregarded, see 7.4.2c and 7.5.4.2e.

2.20 Front of an impulse

The part of an impulse which occurs prior to the peak.

2.21 Tail of an impulse

The part of an impulse which occurs after the peak.

2.22 Virtual origin of an impulse

The point on a graph of voltage versus time or current versus time determined by the intersection between the time axis at zero voltage or zero current and the straight line drawn through two reference points on the front of the impulse. For current impulses the reference points shall be 10 % and 90 % of the peak value.

NOTE 1 – This definition applies only when scales of both ordinate and abscissa are linear.

NOTE 2 – If oscillations are present on the front, the reference points at 10 % and 90 % should be taken on the mean curve drawn through the oscillations.

2.23 Virtual front time of a current impulse (T_1)

The time in microseconds equal to 1,25 multiplied by the time in microseconds for the current to increase from 10 % to 90 % of its peak value.

NOTE – If oscillations are present on the front, the reference points at 10 % and 90 % should be taken on the mean curve drawn through the oscillations.

2.24 Virtual steepness of the front of an impulse

The quotient of the peak value and the virtual front time of an impulse.

2.25 Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue d'un choc (T_2)

Intervalle de temps entre l'origine conventionnelle et l'instant où la tension ou le courant a diminué jusqu'à atteindre la moitié de sa valeur de crête. Cette durée est exprimée en microsecondes.

2.26 Durée conventionnelle de la crête d'un choc rectangulaire

Temps pendant lequel l'amplitude du choc est supérieure à 90 % de sa valeur de crête.

2.27 Durée conventionnelle totale d'un choc rectangulaire

Temps pendant lequel l'amplitude du choc est supérieure à 10 % de sa valeur de crête. S'il existe de petites oscillations sur le front, il convient de tracer une courbe moyenne pour déterminer l'instant où la valeur de 10 % est atteinte.

2.28 Valeur de crête de polarité opposée d'un choc

Amplitude maximale de polarité opposée atteinte par un choc de tension ou de courant lorsqu'il oscille autour de zéro avant d'atteindre une valeur nulle permanente.

2.29 Courant de décharge d'un parafoudre

Onde de courant qui circule à travers le parafoudre.

2.30 Courant nominal de décharge d'un parafoudre (I_n)

Valeur de crête du choc de courant de foudre (voir 2.17) utilisé pour désigner un parafoudre.

2.31 Choc de courant de grande amplitude d'un parafoudre

Valeur de crête du courant de décharge de forme d'onde 4/10 utilisé pour vérifier la stabilité du parafoudre lors des coups de foudre directs.

2.32 Courant de choc de manoeuvre d'un parafoudre

Valeur de crête du courant de décharge dont la durée conventionnelle du front est comprise entre 30 μ s et 100 μ s, et dont la durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue est d'environ deux fois la durée conventionnelle du front.

2.33 Courant permanent d'un parafoudre

Courant circulant à travers le parafoudre quand celui-ci est soumis à la tension de régime permanent.

NOTE Le courant permanent, qui comporte une composante résistive et une composante capacitive, peut varier avec la température et les effets des capacités parasites ou de la pollution externe. Le courant permanent d'un échantillon en essai peut donc être différent du courant permanent d'un parafoudre complet.

A des fins de comparaison, le courant permanent est exprimé soit par sa valeur efficace, soit par sa valeur de crête.

2.25 Virtual time to half value on the tail of an impulse (T_2)

The time interval between the virtual origin and the instant when the voltage or current has decreased to half its peak value. This time is expressed in microseconds.

2.26 Virtual duration of the peak of a rectangular impulse

The time during which the amplitude of the impulse is greater than 90 % of its peak value.

2.27 Virtual total duration of a rectangular impulse

The time during which the amplitude of the impulse is greater than 10 % of its peak value. If small oscillations are present on the front, a mean curve should be drawn in order to determine the time at which the 10 % value is reached.

2.28 Peak (crest) value of opposite polarity of an impulse

The maximum amplitude of opposite polarity reached by a voltage or current impulse when it oscillates about zero before attaining a permanent zero value.

2.29 Discharge current of an arrester

The impulse current which flows through the arrester.

2.30 Nominal discharge current of an arrester (I_n)

The peak value of lightning current impulse (see 2.17) which is used to classify an arrester.

2.31 High current impulse of an arrester

The peak value of discharge current having a 4/10 impulse shape which is used to test the stability of the arrester on direct lightning strokes.

2.32 Switching current impulse of an arrester

The peak value of discharge current having a virtual front time greater than 30 μ s but less than 100 μ s and a virtual time to half value on the tail of roughly twice the virtual front time.

2.33 Continuous current of an arrester

The continuous current is the current flowing through the arrester when energized at the continuous operating voltage.

NOTE – The continuous current, which consists of a resistive and a capacitive component, may vary with temperature, stray capacitance and external pollution effects. The continuous current of a test sample may, therefore, not be the same as the continuous current of a complete arrester.

The continuous current is, for comparison purposes, expressed either by its r.m.s. or peak value.

2.34 Courant de référence d'un parafoudre

Valeur de crête (la plus grande des deux polarités si le courant est dissymétrique) de la composante résistive du courant à fréquence industrielle utilisée pour déterminer la tension de référence d'un parafoudre. Le courant de référence doit être suffisamment élevé pour rendre négligeables les effets des capacités parasites aux tensions de référence mesurées sur les éléments de parafoudre (avec leur système de répartition) et doit être spécifié par le constructeur.

NOTE – Fonction du courant de décharge nominal et/ou de la classe de décharge de ligne du parafoudre, le courant de référence sera typiquement dans la gamme de 0,05 mA à 1,0 mA par centimètre carré de surface de disque pour les parafoudres à colonne unique.

2.35 Tension de référence d'un parafoudre (U_{ref})

Valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$ de la tension à fréquence industrielle qui doit être appliquée aux bornes du parafoudre pour que celui-ci soit parcouru par le courant de référence. La tension de référence d'un parafoudre à plusieurs éléments est la somme des tensions de référence des éléments séparés.

NOTE – La mesure de la tension de référence est nécessaire au choix d'un échantillon d'essai convenable dans l'essai de fonctionnement, voir 7.5.

2.36 Tension résiduelle d'un parafoudre (U_{res})

Valeur de crête de la tension entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

NOTE – L'expression «discharge voltage» est utilisée dans certains pays.

2.37 Caractéristique de tenue d'un parafoudre sous tension à fréquence industrielle en fonction du temps

La caractéristique de tenue sous tension à fréquence industrielle en fonction du temps définit les durées maximales pendant lesquelles les tensions à fréquence industrielle correspondantes peuvent être appliquées aux parafoudres sans entraîner de détérioration ou d'instabilité thermique, dans des conditions spécifiées selon 5.10.

2.38 Courant présumé d'un circuit

Courant qui circulerait en un lieu donné d'un circuit si l'on établissait un court-circuit en ce lieu au moyen d'une connexion d'impédance négligeable.

2.39 Caractéristiques de protection d'un parafoudre

Combinaison des caractéristiques suivantes:

- a) Tension résiduelle pour les chocs de courant à front raide selon 7.3.1.
- b) Caractéristique de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge pour les chocs de foudre selon 7.3.2.

Le niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre est la tension résiduelle maximale pour le courant de décharge nominal.

- c) Tension résiduelle pour les chocs de manoeuvre selon 7.3.3.

Le niveau de protection aux chocs de manoeuvre du parafoudre est la tension résiduelle maximale aux courants de choc de manoeuvre spécifiés.

2.34 Reference current of an arrester

The reference current is the peak value (the higher peak value of the two polarities if the current is asymmetrical) of the resistive component of a power frequency current used to determine the reference voltage of the arrester. The reference current shall be high enough to make the effects of stray capacitances at the measured reference voltage of the arrester units (with designed grading system) negligible and shall be specified by the manufacturer.

NOTE – Depending on the nominal discharge current and/or line discharge class of the arrester, the reference current will be typically in the range of 0,05 mA to 1,0 mA per square centimetre of disc area for single column arresters.

2.35 Reference voltage of an arrester (U_{ref})

The peak value of power frequency voltage divided by $\sqrt{2}$ which shall be applied to the arrester to obtain the reference current. The reference voltage of a multi-unit arrester is the sum of the reference voltages of the individual units.

NOTE – Measurement of reference voltage is necessary for the selection of a correct test sample in the operating duty test, see 7.5.

2.36 Residual voltage of an arrester (U_{res})

The peak value of voltage that appears between the terminals of an arrester during the passage of discharge current.

NOTE – The term "discharge voltage" is used in some countries.

2.37 Power frequency withstand voltage versus time characteristic of an arrester

The power frequency withstand voltage versus time characteristic shows the maximum time durations for which corresponding power frequency voltages may be applied to arresters without causing damage or thermal instability, under specified conditions in accordance with 5.10.

2.38 Prospective current of a circuit

The current which would flow at a given location in a circuit if it were short-circuited at that location by a link of negligible impedance.

2.39 Protective characteristics of an arrester

The combination of the following:

- a) Residual voltage for steep current impulse according to 7.3.1.
- b) Residual voltage versus discharge current characteristic for lightning impulses according to 7.3.2.

The lightning impulse protection level of the arrester is the maximum residual voltage for the nominal discharge current.

- c) Residual voltage for switching impulse according to 7.3.3.

The switching impulse protection level of the arrester is the maximum residual voltage at the specified switching impulse currents.

2.40 Emballlement thermique d'un parafoudre

Le terme «emballage thermique» est utilisé pour décrire une situation où la puissance absorbée de façon prolongée par un parafoudre dépasse la capacité de dissipation de l'enveloppe et des connexions, et conduit à une augmentation cumulative de la température des varistances qui se termine par une défaillance du parafoudre.

2.41 Stabilité thermique d'un parafoudre

Un parafoudre est thermiquement stable si, à la suite d'un fonctionnement ayant entraîné un échauffement, la température des varistances baisse quand le parafoudre est soumis à la tension spécifiée de service permanent et dans des conditions ambiantes spécifiées.

2.42 Dispositif de déconnexion pour parafoudre

Dispositif permettant de déconnecter du réseau un parafoudre en cas de défaillance de ce dernier afin d'éviter un défaut permanent sur le réseau et de signaler de façon visible le parafoudre défectueux.

NOTE – L'interruption du courant de défaut dans le parafoudre pendant l'ouverture du circuit ne dépend généralement pas du dispositif de déconnexion.

2.43 Essais de type

Essais effectués après la mise au point d'un nouveau type de parafoudre pour déterminer ses caractéristiques et montrer qu'il est conforme à la norme appropriée. Ces essais ne doivent être repris sur un appareil que si des modifications viennent en changer les caractéristiques. Dans ce cas, seuls les essais concernés seront repris.

2.44 Essais individuels

Essais effectués sur chaque parafoudre, élément ou matériau, pour s'assurer que le produit répond aux spécifications.

2.45 Essais de réception

Essais effectués sur les parafoudres ou sur des prélèvements d'une fourniture après accord entre le constructeur et le client.

2.40 Thermal runaway of an arrester

The term "thermal runaway" is used to describe a situation when the sustained power loss of an arrester exceeds the thermal dissipation capability of the housing and connections, leading to a cumulative increase in the temperature of the resistor elements culminating in failure.

2.41 Thermal stability of an arrester

An arrester is thermally stable if, after an operating duty causing temperature rise, the temperature of the resistor elements decreases with time when the arrester is energized at specified continuous operating voltage and at specified ambient conditions.

2.42 Arrester disconnecter

A device for disconnecting an arrester from the system in the event of arrester failure, to prevent a persistent fault on the system and to give visible indication of the failed arrester.

NOTE – Clearing of the fault current through the arrester during disconnection generally is not a function of the device.

2.43 Type tests (design tests)

Tests which are made upon the completion of the development of a new arrester design to establish representative performance and to demonstrate compliance with the relevant standard. Once made, these tests need not be repeated unless the design is changed so as to modify its performance. In such a case only the relevant tests need be repeated.

2.44 Routine tests

Tests made on each arrester, or on parts and materials, as required, to ensure that the product meets the design specifications.

2.45 Acceptance tests

Tests which are made when it has been agreed between the manufacturer and the purchaser that the arresters or representative samples of an order are to be tested.

SECTION 3: IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION

3.1 Identification des parafoudres

Les parafoudres à oxyde métallique doivent être définis au moins au moyen des indications suivantes devant figurer sur une plaque placée en permanence sur le parafoudre:

- tension de régime permanent;
- tension assignée;
- fréquence nominale, si elle diffère des fréquences normales, voir 4.2;
- courant nominal de décharge;
- courant assigné du limiteur de pression en kA efficaces (pour les parafoudres munis de limiteurs de pression), voir 5.11;
- nom du constructeur ou marque de fabrique, type et repères d'identification du parafoudre complet;
- repères d'identification de l'emplacement de l'élément dans l'assemblage (pour les parafoudres à plusieurs éléments uniquement);
- année de construction;
- numéro de série (au moins pour les parafoudres dont les tensions assignées sont supérieures à 60 kV).

NOTE – Si la dimension de la plaque signalétique est suffisante, il est recommandé d'y faire figurer également:

- la classe de décharge de ligne ou l'appartenance au type des parafoudres pour courants de foudre élevés, voir annexe C;
- le niveau de tenue sous pollution de l'enveloppe, voir CEI 60815.

3.2 Classification des parafoudres

Les parafoudres sont classés par les valeurs normales de leurs courants nominaux de décharge et doivent répondre au moins aux conditions d'essais et aux caractéristiques de fonctionnement spécifiées dans le tableau 1.

NOTE – Il existe cinq types de parafoudres 10 000 A et 20 000 A, qui se différencient par l'amplitude et la durée du courant de choc de longue durée qu'ils peuvent supporter, voir tableau 4 en 7.4.2.

SECTION 3: IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION

3.1 Arrester identification

Metal-oxide surge arresters shall be identified by the following minimum information which shall appear on a nameplate permanently attached to the arrester:

- continuous operating voltage;
- rated voltage;
- rated frequency, if other than one of the standard frequencies, see 4.2;
- nominal discharge current;
- pressure relief rated current in kA r.m.s. (for arresters fitted with pressure relief devices), see 5.11;
- the manufacturer's name or trade mark, type and identification of the complete arrester;
- identification of the assembling position of the unit (for multi-unit arresters only);
- the year of the manufacture;
- serial number (at least for arresters with rated voltage above 60 kV).

NOTE – If sufficient space is available the nameplate should also contain:

- line discharge class or high lightning duty type, see annex C;
- contamination withstand level of the enclosure, see IEC 60815.

3.2 Arrester classification

Surge arresters are classified by their standard nominal discharge currents and they shall meet at least the test requirements and performance characteristics specified in table 1.

NOTE – For the 10 000 A and 20 000 A arresters there are five types differentiated by the amplitude and the duration of the long duration current which they are capable of withstanding, see table 4 in 7.4.2.

Tableau 1 – Classification des parafoudres et essais ¹⁾

	Valeurs normales des courants nominaux de décharge ²⁾				
	20 000 A	10 000 A	5 000 A	2 500 A	1 500 A
1. Tension assignée U_r (kV _{eff})	360 < U_r ≤ 756	3 ≤ U_r ≤ 360	U_r ≤ 132	U_r ≤ 36	Voir note 3
2. Essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	7.2.6, 7.2.7	7.2.6, 7.2.7, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8
3. Essai de vérification de la tension résiduelle	Tableau K.1	Tableau K.1	Tableau K.2	Tableau K.2	Tableau K.2
a) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide	7.3.1	7.3.1	7.3.1	7.3.1	7.3.1
b) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	7.3.2	7.3.2	7.3.2	7.3.2	7.3.2
c) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre	7.3.3	7.3.3	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
4. Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée	7.4.2	7.4.2	7.4.3	7.4.3	Non spécifié
5. Essai de fonctionnement					
a) Essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude	Non spécifié	7.5.4 Tableau 6	7.5.4 Tableau 6	7.5.4 Tableau 6	7.5.4 Tableau 6
b) Essai de fonctionnement aux surtensions de manoeuvre	7.5.5 Tableau 4	7.5.5 Tableau 4	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
6. Courbe de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
7. Essai du limiteur de pression (pour les parafoudres munis d'un limiteur de pression)	5.11	5.11	5.11	Non spécifié	Non spécifié
8. Dispositifs de déconnexion (pour les parafoudres munis de ces dispositifs)	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
9. Essai de pollution des enveloppes	Annexe F				
1) Les nombres des lignes 2 à 8 se réfèrent aux articles et aux paragraphes de cette norme.					
2) Dans certains pays, il est habituel de classer les parafoudres selon 3 types: – poste pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A; – intermédiaire ou de distribution pour les parafoudres 5 000 A; – secondaire pour les parafoudres 1 500 A.					
3) Cette gamme de basses tensions est à l'étude.					

Table 1 – Arrester classification and test requirements 1)

	Standard nominal discharge current ²⁾				
	20 000 A	10 000 A	5 000 A	2 500 A	1 500 A
1. Rated voltage U_r (kV _{rms})	360 < U_r ≤ 756	3 ≤ U_r ≤ 360	U_r ≤ 132	U_r ≤ 36	See note 3
2. Insulation withstand tests on the arrester housing	7.2.6, 7.2.7	7.2.6, 7.2.7, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8	7.2.6, 7.2.8
3. Residual voltage test	Table K.1	Table K.1	Table K.2	Table K.2	Table K.2
a) Steep current impulse residual voltage test	7.3.1	7.3.1	7.3.1	7.3.1	7.3.1
b) Lightning impulse residual voltage test	7.3.2	7.3.2	7.3.2	7.3.2	7.3.2
c) Switching impulse residual voltage test	7.3.3	7.3.3	Not required	Not required	Not required
4. Long duration current impulse withstand test	7.4.2	7.4.2	7.4.3	7.4.3	Not required
5. Operating duty test					
a) High current impulse operating duty test	Not required	7.5.4 Table 6	7.5.4 Table 6	7.5.4 Table 6	7.5.4 Table 6
b) Switching surge operating duty test	7.5.5 Table 4	7.5.5 Table 4	Not required	Not required	Not required
6. Power frequency voltage versus time curve	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
7. Pressure relief (when fitted with relief device)	5.11	5.11	5.11	Not required	Not required
8. Arrester disconnector (when fitted)	5.12	5.12	5.12	5.12	5.12
9. Polluted housing test	Annex F				
1) Numbers in rows 2-8 refer to clauses and subclauses in this standard.					
2) In some countries it is customary to classify arresters as:					
– station for 10 000 A and 20 000 A arresters;					
– intermediate or distribution for 5 000 A arresters;					
– secondary for 1 500 A arresters.					
3) This low voltage range is under consideration.					

SECTION 4: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

4.1 Tensions assignées normales

Les tensions assignées normales (en kilovolts, valeur efficace) des parafoudres sont spécifiées dans le tableau 2 avec des échelons de tension constants dans les gammes de tension spécifiées:

Tableau 2 – Echelons de tensions assignées

Gammes de tension assignée kV efficace	Echelons de tension assignée kV efficace
< 3	A l'étude
3 – 30	1
30 – 54	3
54 – 96	6
96 – 288	12
288 – 396	18
396 – 756	24

NOTE – Des valeurs de tension assignée autres que celles indiquées ci-dessus peuvent être admises à condition qu'elles soient des multiples de 6.

4.2 Fréquences assignées normales

Les fréquences assignées normales sont 50 Hz et 60 Hz.

4.3 Valeurs normales des courants nominaux de décharge

Les valeurs normales des courants nominaux de décharge 8/20 (voir 2.30) sont: 20 000 A, 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A.

4.4 Conditions de service

4.4.1 Conditions normales de service

Les parafoudres conformes à la présente norme doivent pouvoir fonctionner dans les conditions normales de service suivantes:

- a) Température ambiante de l'air comprise entre –40 °C et +40 °C.
- b) Rayonnement solaire.

NOTE – Les effets d'un rayonnement solaire maximal (1,1 kW/m²) sont pris en compte en préchauffant le spécimen en essai lors des essais de type. S'il existe d'autres sources de chaleur à proximité du parafoudre, l'utilisation du parafoudre doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

- c) Altitude ne dépassant pas 1 000 m.
- d) Fréquence de la source d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz.
- e) Tension à fréquence industrielle appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension de régime permanent.
- f) Conditions mécaniques (à l'étude).
- g) Conditions de pollution (pas de prescription actuellement).

4.4.2 Conditions anormales de service

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à d'autres conditions de service que les conditions normales peuvent exiger une étude spéciale pour leur conception, leur fabrication ou leur utilisation. L'utilisation de la présente norme en cas de conditions de service anormales est sujette à un accord entre le constructeur et le client. Une liste des conditions anormales de service possibles est donnée dans l'annexe A.

SECTION 4: STANDARD RATINGS

4.1 Standard rated voltages

Standard values of rated voltages for arresters (in kilovolts r.m.s.) are specified in table 2 in equal voltage steps within specified voltage ranges:

Table 2 – Steps of rated voltages

Range of rated voltage kV r.m.s.	Steps of rated voltage kV r.m.s.
< 3	Under consideration
3 – 30	1
30 – 54	3
54 – 96	6
96 – 288	12
288 – 396	18
396 – 756	24

NOTE – Other values of rated voltage may be accepted, provided they are multiples of 6.

4.2 Standard rated frequencies

The standard rated frequencies are 50 Hz and 60 Hz.

4.3 Standard nominal discharge currents

The standard nominal 8/20 discharge currents are: 20 000 A, 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A, see 2.30.

4.4 Service conditions

4.4.1 Normal service conditions

Surge arresters which conform to this standard shall be suitable for normal operation under the following normal service conditions:

- Ambient air temperature within the range of -40°C to $+40^{\circ}\text{C}$.
- Solar radiation.

NOTE – The effects of maximum solar radiation ($1,1 \text{ kW/m}^2$) have been taken into account by preheating the test specimen in the type tests. If there are other heat sources near the arrester, the application of the arrester shall be subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser.

- Altitude not exceeding 1 000 m.
- Frequency of the a.c. power supply not less than 48 Hz and not exceeding 62 Hz.
- Power frequency voltage applied continuously between the terminals of the arrester not exceeding its continuous operating voltage.
- Mechanical conditions (under consideration).
- Pollution conditions (no requirement at this time).

4.4.2 Abnormal service conditions

Surge arresters subject to other than normal application or service conditions may require special consideration in design, manufacture or application. The use of this standard in case of abnormal service conditions is subject to agreement between the manufacturer and the purchaser. A list of possible abnormal service conditions is given in annex A.

SECTION 5: PRESCRIPTIONS

5.1 Tenue diélectrique de l'enveloppe du parafoudre

L'enveloppe du parafoudre, essayée suivant 7.2, doit supporter les tensions suivantes:

- Niveau de protection aux chocs de foudre (voir 2.39) multiplié par 1,3.

NOTE – Le facteur de 1,3 tient compte des variations des conditions atmosphériques et des courants de décharge supérieurs à la valeur nominale.

- Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées de 200 kV et plus, niveau de protection aux chocs de manœuvre (voir 2.39) multiplié par 1,25.

NOTE – Le facteur de 1,25 tient compte des variations des conditions atmosphériques et des courants de décharge supérieurs aux valeurs maximales du tableau 3, voir 7.3.3.

- Tension à fréquence industrielle, sous pluie pour les enveloppes de parafoudres de type extérieur, à sec pour les enveloppes de parafoudres de type intérieur.

Les enveloppes des parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, et des parafoudres pour courants de foudre élevés (annexe C) doivent supporter pendant 1 minute une tension à fréquence industrielle dont la valeur de crête est égale au niveau de protection aux chocs de foudre multiplié par 0,88.

Les enveloppes des parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées inférieures à 200 kV doivent supporter pendant 1 minute une tension à fréquence industrielle dont la valeur de crête est égale au niveau de protection aux chocs de manœuvre multiplié par 1,06.

5.2 Tension de référence

La tension de référence de chaque parafoudre doit être mesurée par le constructeur pour le courant de référence qu'il a choisi, voir 6.2. La valeur minimale de la tension de référence du parafoudre pour le courant de référence utilisé lors des essais individuels doit être spécifiée et elle doit figurer parmi les informations fournies par le constructeur.

5.3 Tensions résiduelles

Le but des mesures des tensions résiduelles est de connaître les valeurs maximales de ces tensions résiduelles pour une conception donnée et pour tous les courants et formes d'onde spécifiés. Ces valeurs sont déduites du résultat des essais de type ainsi que de la valeur spécifiée et publiée par le constructeur pour la tension résiduelle maximale sous le courant de choc de foudre utilisé lors des essais individuels.

La tension résiduelle maximale d'un parafoudre de type donné, pour un courant et une forme d'onde donnée, est calculée en multipliant la tension résiduelle des fractions essayées lors de l'essai de type par un facteur d'échelle spécifique. Ce facteur d'échelle est égal au rapport entre la tension résiduelle maximale annoncée, telle qu'elle est contrôlée pendant les essais individuels, et la tension résiduelle mesurée sur les fractions, pendant les essais de type, pour le même courant et la même forme d'onde.

NOTE – Pour certains parafoudres dont la tension assignée est inférieure à 36 kV (voir 8.1b), on peut, pour ce calcul, remplacer la tension résiduelle par la tension de référence.

5.4 Décharges partielles

Lorsque cette mesure est spécifiée, le niveau des décharges partielles dans un parafoudre soumis à une tension de 1,05 fois sa tension de régime permanent ne doit pas dépasser 50 pC, voir 8.1c et 8.2.1c.

5.5 Etanchéité

Les éléments de parafoudres comportant des enveloppes munies de joints ne doivent présenter aucune fuite mesurable, voir 8.1d.

SECTION 5: REQUIREMENTS

5.1 Insulation withstand of the arrester housing

The arrester housing shall withstand the following voltages when tested according to clause 7.2:

- The lightning impulse protection level of the arresters (see 2.39) multiplied by 1,3.

NOTE – The 1,3 factor covers variations in atmospheric conditions and discharge currents higher than nominal.

- For 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above, switching impulse protection level of the arrester (see 2.39) multiplied by 1,25.

NOTE – The 1,25 factor covers variations in atmospheric conditions and discharge currents higher than the maximum values of table 3, see 7.3.3.

- Power frequency voltage in wet conditions for arrester housings for outdoor use and in dry conditions for arrester housings for indoor use.

Housings of 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters and high lightning duty arresters (annex C) shall withstand a power frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level multiplied by 0,88 for a duration of 1 minute.

Housings of 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages less than 200 kV shall withstand a power frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,06 for a duration of 1 minute.

5.2 Reference voltage

The reference voltage of each arrester shall be measured by the manufacturer at the reference current selected by the manufacturer, see 6.2. The minimum reference voltage of the arrester at the reference current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data.

5.3 Residual voltages

The purpose of the measurement of residual voltages is to obtain the maximum residual voltages for a given design for all specified currents and waveshapes. These are derived from the type test data and from the maximum residual voltage at a lightning impulse current used for routine tests as specified and published by the manufacturer.

The maximum residual voltage of a given arrester design for any current and waveshape is calculated from the residual voltage of sections tested during type tests multiplied by a specific scale factor. This scale factor is equal to the ratio of the declared maximum residual voltage, as checked during the routine tests, to the measured residual voltage of the sections at the same current and waveshape.

NOTE – For some arresters with a rated voltage less than 36 kV (see 8.1b) the reference voltage may be used for this calculation instead of the residual voltage.

5.4 Partial discharges

When required, the partial discharges in the arrester energized at 1,05 times its continuous operating voltage shall not exceed 50 pC, see 8.1c and 8.2.1c.

5.5 Seal leakage

Arrester units with sealed housings shall exhibit no measurable leakage, see 8.1d.

5.6 Répartition du courant dans les parafoudres à plusieurs colonnes

Le constructeur doit spécifier la valeur maximale du courant dans une des colonnes d'un parafoudre qui en comporte plusieurs, voir 8.1e.

5.7 Stabilité thermique

Après accord entre le constructeur et le client, il est possible d'effectuer un essai spécial de stabilité thermique, conformément à 8.2.2.

5.8 Tenue au choc de courant de longue durée

Les parafoudres doivent supporter des courants de longue durée suivant les modalités décrites pour les essais de type, voir 7.4.

Pour les parafoudres 10 000 A et 20 000 A, la tenue aux courants de longue durée est démontrée par un essai de décharge de ligne (voir 7.4.2) correspondant à la classe de décharge de ligne spécifiée par l'utilisateur.

Pour les parafoudres 5 000 A et 2 500 A, la tenue aux courants de longue durée est démontrée par un essai au choc de longue durée, voir 7.4.3.

L'examen visuel des échantillons après l'essai doit révéler l'absence de toute trace de perforation, d'amorçage, de fissure ou d'autre détérioration importante des résistances à oxyde métallique.

La tension résiduelle mesurée avant et après l'essai au courant de longue durée ne doit pas avoir varié de plus de 5 %.

5.9 Fonctionnement des parafoudres

Les parafoudres doivent être capables de supporter des contraintes combinées comme il en existe en service, ceci est contrôlé lors des essais de fonctionnement, voir 7.5. Ces contraintes ne doivent occasionner ni détérioration ni emballement thermique.

Les parafoudres 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A classe de décharge 1 et les parafoudres pour courants de foudre élevés (voir annexe C) sont contrôlés par l'essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude, voir 7.5.4 et figure 1 ou C.1.

Les parafoudres 10 000 A, classes de décharge 2 et 3, et les parafoudres 20 000 A, classes de décharge 4 et 5, sont contrôlés par l'essai de fonctionnement aux surtensions de manoeuvre, voir 7.5.5 et figure 2.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 %, et si l'examen des échantillons essayés ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

5.6 Current distribution in a multi-column arrester

The manufacturer shall specify the highest value of the current in a column of a multi-column arrester, see 8.1e.

5.7 Thermal stability

When agreed between manufacturer and purchaser, a special thermal stability test may be performed according to 8.2.2.

5.8 Long duration current impulse withstand

Arresters shall withstand long duration currents as checked during type tests, see 7.4.

For 20 000 A and 10 000 A arresters the long duration withstand is demonstrated by a line discharge test (see 7.4.2) with the line discharge class specified by the user.

For 5 000 A and 2 500 A arresters the long duration withstand is demonstrated by a long duration impulse test, see 7.4.3.

Visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover, cracking or other significant damage of the metal-oxide resistors.

The residual voltage measured before and after the long duration current test shall not have changed by more than 5 %.

5.9 Operating duty

Arresters shall be able to withstand the combination of stresses arising in service as demonstrated by the operating duty tests, see 7.5. These stresses shall not cause damage or thermal runaway.

For 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A and 10 000 A line discharge class 1 arresters and High Lightning Duty arresters (see annex C), this is demonstrated by the high current impulse operating duty test, see 7.5.4 and figure 1 or C.1.

For 10 000 A line discharge classes 2 and 3 and 20 000 A line discharge classes 4 and 5 arresters, this is demonstrated by the switching surge operating duty test, see 7.5.5 and figure 2.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 %, and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

5.10 Caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre

Le constructeur doit indiquer les durées admissibles d'application de différentes valeurs de la tension à fréquence industrielle après que le parafoudre ait été préchauffé à 60 °C et ait subi la contrainte énergétique de l'essai de décharge de ligne ou de l'essai au courant de grande amplitude, suivant le cas, sans détérioration ou emballement thermique.

Ces indications doivent être présentées sous forme de courbes de la tension à fréquence industrielle en fonction du temps, qui doivent mentionner l'absorption d'énergie due au choc avant application de cette tension à fréquence industrielle.

NOTE 1 – Ces courbes sont nécessaires pour le choix de la tension assignée du parafoudre en fonction des caractéristiques locales du réseau telles que les surtensions de foudre et de manœuvre, et les surtensions temporaires.

NOTE 2 – On peut déterminer les courbes par des calculs.

NOTE 3 – La courbe des surtensions temporaires doit couvrir l'intervalle de temps compris entre 0,1 seconde et 20 minutes. Pour les parafoudres devant être utilisés sur des réseaux à neutre isolé ou compensé par bobine d'extinction sans élimination des défauts à la terre, cet intervalle de temps doit être prolongé jusqu'à 24 heures.

S'il est convenu entre le constructeur et le client de procéder à la vérification de la courbe de tension à fréquence industrielle en fonction du temps, on doit utiliser la méthode décrite à l'annexe D.

5.11 Limiteur de pression

Lorsqu'un parafoudre est muni d'un dispositif limiteur de pression, une défaillance du parafoudre ne doit pas provoquer une rupture explosive de l'enveloppe. Cela est vérifié par l'essai décrit au paragraphe 8.7 de la CEI 60099-1. D'autres modalités d'essais sont à l'étude.

On estime que l'échantillon en essai a satisfait aux conditions d'essais si l'enveloppe demeure intacte ou si elle se brise d'une façon peu brusque et si tous les éléments de l'échantillon essayé restent à l'intérieur de l'enceinte prescrite.

5.12 Dispositif de déconnexion

5.12.1 Tenue du dispositif de déconnexion

Lorsqu'un parafoudre est muni d'un dispositif de déconnexion (intégré ou séparé), ce dispositif doit supporter sans fonctionner chacun des essais suivants:

- essai aux chocs de courant de longue durée, voir 7.6.2.1;
- essai de fonctionnement, voir 7.6.2.2.

5.12.2 Fonctionnement du dispositif de déconnexion

Le temps de retard au fonctionnement du déconnecteur est déterminé, conformément à 7.6.3, pour trois valeurs de courant. Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente.

5.13 Prescriptions pour les équipements auxiliaires tels que les éléments de répartition

Pas de prescriptions actuellement.

5.10 Power frequency voltage versus time characteristics of an arrester

The manufacturer shall supply data on the allowable time duration of power frequency voltage and the corresponding voltage value which may be applied to the arrester after the arrester has been preheated to 60 °C and subjected to the high current or line discharge class energy duty respectively, without damage or thermal runaway.

This information shall be presented as power frequency voltage versus time curves with the impulse energy consumption prior to this power frequency voltage application stated on the above mentioned curve.

NOTE 1 – Such curves are necessary for the selection of the arrester rated voltage depending on local system conditions, such as lightning, switching and temporary overvoltages.

NOTE 2 – The curves may be established by calculation.

NOTE 3 – The temporary overvoltage curve should cover the time range from 0,1 s to 20 min. For arresters to be used in isolated neutral or resonant earthed systems without earth fault clearing, the time should be extended to 24 h.

If verification of the power frequency voltage versus time curve is agreed upon by the manufacturer and the purchaser, the procedure described in annex D shall be used.

5.11 Pressure relief

When an arrester is fitted with a pressure relief device, the failure of the arrester shall not cause explosive shattering of the housing. This is verified by the test described in clause 8.7 of IEC 60099-1. Other test conditions are under consideration.

The test sample is deemed to have passed the test if the housing remains intact or if it breaks non-explosively and if all parts of the sample are contained within the required enclosure.

5.12 Disconnectors

5.12.1 Disconnector withstand

When an arrester is fitted or associated with a disconnector, this device shall withstand, without operating, each of the following tests:

- long duration current impulse test, see 7.6.2.1;
- operating duty test, see 7.6.2.2.

5.12.2 Disconnector operation

The time delay for the operation of the disconnector is determined for three values of current according to 7.6.3. There shall be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device.

5.13 Requirements for auxiliary equipment such as grading components

No requirement at this time.

SECTION 6: CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION DES ESSAIS

6.1 Appareillage de mesure et précision

L'appareillage de mesure devra satisfaire aux exigences de la CEI 60060-3. On admettra que la précision des valeurs obtenues répond aux prescriptions relatives aux essais.

Sauf indication contraire, tous les essais à fréquence industrielle doivent être effectués sous une tension alternative ayant une fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz et une forme d'onde pratiquement sinusoïdale.

6.2 Mesures de la tension de référence

La tension de référence d'un parafoudre (voir 2.35) est mesurée au courant de référence (voir 2.34) sur des fractions et des éléments quand cela est nécessaire. Cette mesure doit être effectuée à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ et cette température doit être enregistrée.

NOTE – On peut considérer comme une approximation acceptable de remplacer la valeur de crête de la composante résistive du courant par la valeur instantanée du courant au moment de la crête de tension.

6.3 Échantillons destinés aux essais

Sauf pour les articles comportant une indication contraire, tous les essais seront effectués sur les mêmes parafoudres, fractions ou éléments d'appareils. Ces matériels seront neufs, propres, complètement montés (par exemple avec les anneaux de garde s'ils sont utilisés) et installés dans des conditions simulant le plus fidèlement possible les conditions de service.

Si les essais sont effectués sur des fractions, celles-ci devront reproduire le comportement de tous les parafoudres possibles, dans les limites de tolérance du constructeur, en ce qui concerne un essai particulier.

Les échantillons à choisir pour l'essai de décharge de ligne (voir 7.4.2) et l'essai de fonctionnement (voir 7.5) doivent avoir une valeur de tension de référence égale à la limite minimale de la gamme de variation indiquée par le constructeur. De plus, pour les parafoudres à plusieurs colonnes, on doit considérer la valeur la plus élevée de la répartition inégale du courant. En vue de respecter cette exigence, les conditions suivantes doivent être remplies:

- a) Le rapport entre la tension assignée du parafoudre complet et la tension assignée de la fraction est appelé n . Le volume des varistances utilisées comme échantillons d'essai ne doit pas être supérieur au volume minimal de l'ensemble des varistances utilisés dans le parafoudre complet divisé par n .
- b) Il est souhaitable que la tension de référence de la fraction d'essai soit égale à $k U_r/n$, k étant le rapport entre la tension minimale de référence du parafoudre et sa tension assignée. Si, pour un échantillon d'essai disponible, $U_{ref} > k U_r/n$, le facteur n doit être réduit en conséquence. (Si $U_{ref} < k U_r/n$, le parafoudre pourrait absorber trop d'énergie. Une telle fraction ne peut être utilisée qu'après accord du constructeur.)
- c) Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, la répartition du courant entre les colonnes doit être mesurée au courant de choc utilisé pour l'essai de répartition du courant, voir 8.1e. La valeur de courant la plus élevée ne doit pas être supérieure à la limite maximale spécifiée par le constructeur.

SECTION 6: GENERAL TESTING PROCEDURE

6.1 Measuring equipment and accuracy

The measuring equipment shall meet the requirements of IEC 60060-3. The values obtained shall be accepted as accurate for the purpose of compliance with the relevant test clauses.

Unless elsewhere stated, all tests with power frequency voltages shall be made with an alternating voltage having a frequency between the limits of 48 Hz and 62 Hz and an approximately sinusoidal waveshape.

6.2 Reference voltage measurements

The reference voltage of an arrester (see 2.35) is measured at the reference current (see 2.34) on sections and units when required. The measurement shall be performed at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$ and this temperature shall be recorded.

NOTE – As an acceptable approximation, the peak value of the resistive component of current may be taken to correspond to the momentary value of the current at the instant of voltage peak.

6.3 Test samples

Unless otherwise specified all tests shall be made on the same arresters, arrester sections or arrester units. They shall be new, clean, completely assembled (e.g. with grading rings if applicable) and arranged as nearly as possible to simulate the conditions in service.

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

The samples to be chosen for the line discharge test (see 7.4.2) and operating duty test (see 7.5) shall have a reference voltage value at the lowest end of the variation range declared by the manufacturer. Furthermore, in case of multi-column arresters the highest value of uneven current distribution shall be considered. In order to comply with this demand the following shall be fulfilled:

- a) the ratio between rated voltage of the complete arrester to the rated voltage of the section is defined as n . The volume of the resistor elements used as test samples shall not be greater than the minimum volume of all resistor elements used in the complete arrester divided by n .
- b) The reference voltage of the test section should be equal to $k U_r/n$ where k is the ratio between the minimum reference voltage of the arrester and its rated voltage. In case $U_{ref} > k U_r/n$ for an available test sample, the factor n has to be reduced correspondingly. (In case $U_{ref} < k U_r/n$ the arrester may absorb too much energy. Such a section can be used only after agreement from the manufacturer.)
- c) For multi-column arresters the distribution of the current between the columns shall be measured at the impulse current used for current distribution test, see 8.1e. The highest current value shall not be higher than an upper limit specified by the manufacturer.

SECTION 7: ESSAIS DE TYPE

7.1 Généralités

Les essais de type suivants doivent être effectués comme requis dans le tableau 1 et dans le tableau C.1 de l'annexe C:

- 1) Essais de tenue de l'isolation, voir 5.1 et 7.2.

Ces essais démontrent la capacité de l'enveloppe du parafoudre à supporter des contraintes de tension à sec et sous pluie.

- 2) Essais de vérification de la tension résiduelle, voir 5.3 et 7.3.

Ces essais déterminent les niveaux de protection du parafoudre.

- 3) Essais de tenue aux courants de choc de longue durée, voir 5.8 et 7.4.

Ces essais démontrent la capacité des varistances à supporter d'éventuelles contraintes diélectriques et énergétiques sans perforation ni contournement.

- 4) Essais de fonctionnement, voir 5.9 et 7.5.

Ces essais démontrent la stabilité thermique du parafoudre dans les conditions spécifiées.

- 5) Essais du limiteur de pression, voir 5.11.

Pour les parafoudres munis d'un limiteur de pression, ces essais démontrent la capacité de l'enveloppe du parafoudre à supporter des courants de court-circuit sans rupture brutale de l'enveloppe dans les conditions d'essais spécifiées.

- 6) Essais des dispositifs de déconnexion, voir 5.12 et 7.6.

Pour les parafoudres munis d'un dispositif de déconnexion, ces essais montrent que le fonctionnement de ce dispositif est correct.

- 7) Essai de pollution artificielle pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et à plusieurs éléments (voir annexe F)

Cet essai est effectué pour évaluer l'augmentation de température des parties internes due à une distribution non linéaire et transitoire de potentiel à cause d'une couche de pollution à la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température doit être effectué selon l'article F.5. Si le résultat du calcul est inférieur à 40 K, aucun essai n'est nécessaire. Si le résultat du calcul est supérieur ou égal à 40 K, un essai selon l'annexe F doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques).

- 8) Essai de décharges partielles, voir 5.4.

Cet essai permet de déterminer l'intensité des décharges partielles internes.

- 9) Essai d'étanchéité (pas encore défini).

Cet essai démontre le bon comportement des joints des parafoudres.

- 10) Essai de répartition du courant pour les parafoudres à plusieurs colonnes, voir 5.6 et 8.1e.

Cet essai permet de connaître le courant dans chacune des colonnes de résistances montées en parallèle sans connexion électrique intermédiaire.

Le nombre prescrit d'échantillons et leurs caractéristiques sont indiqués dans chaque article. Les parafoudres qui diffèrent entre eux seulement par des modalités de montage ou par la disposition du support et qui, par ailleurs, sont basés sur les mêmes éléments et une construction semblable, se traduisant par des caractéristiques de fonctionnement identiques, y compris les caractéristiques de dissipation de chaleur et l'atmosphère interne, sont considérés comme étant du même type.

SECTION 7: TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

7.1 General

The following type tests shall be made as far as required in table 1 and table C.1 of annex C:

- 1) Insulation withstand tests, see 5.1 and 7.2.

These tests demonstrate the ability of the arrester housing to withstand voltage stresses under dry and wet conditions.

- 2) Residual voltage tests, see 5.3 and 7.3.

These tests demonstrate the protective levels of the arrester.

- 3) Long duration current impulse withstand test, see 5.8 and 7.4.

These tests demonstrate the ability of the resistor elements to withstand possible dielectric and energy stresses without puncture or flashover.

- 4) Operating duty tests, see 5.9 and 7.5.

These tests demonstrate the thermal stability of the arrester under defined conditions.

- 5) Pressure relief test, see clause 5.11.

For arresters fitted with pressure relief devices these tests demonstrate the ability of the arrester housing to withstand short-circuit currents without violent shattering of the housing under specified test conditions.

- 6) Tests of arrester disconnectors, see 5.12 and 7.6.

For arresters fitted with disconnectors these tests demonstrate the correct operation of the disconnector.

- 7) Artificial pollution test for porcelain-housed multi-unit surge arresters (see annex F)

This test is made to evaluate the temperature rise of the internal parts due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

A preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise shall be performed according to clause F.5. If the result of the calculation is less than 40 K, no test is required. If the result of the calculation is 40 K or higher, a test according to annex F shall be performed unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the test can be omitted.

- 8) Partial discharge test, see 5.4.

This test measures the internal partial discharges.

- 9) Seal leakage test (not yet established).

This test determines the integrity of the arrester seals.

- 10) Current distribution test for multi-column arrester, see 5.6 and 8.1e.

This test determines the current through each column of parallel resistors when there is no electrical connection between columns.

The required numbers of samples and their conditions are specified in the individual clauses. Arresters which differ only in methods of mounting or arrangement of the supporting structure and which are otherwise based on the same components and similar construction resulting in the same performance characteristics including their heat dissipation conditions and internal atmosphere, are considered to be of the same design.

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

7.2.1 Généralités

Les essais de tenue de l'isolation démontrent la capacité de tenue à la tension de l'isolation externe de l'enveloppe des parafoudres. Pour d'autres configurations, l'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

Les essais doivent être effectués dans les conditions et sous les tensions d'essai spécifiées en 5.1 et rappelées ci-dessous. La surface extérieure des parties isolantes doit être nettoyée soigneusement et les parties internes doivent être retirées ou rendues inopérantes pour permettre d'effectuer ces essais.

7.2.2 Essais sur l'enveloppe d'un élément individuel

Les essais appropriés doivent être effectués sur la plus grande enveloppe de parafoudre. Si celle-ci ne représente pas la contrainte spécifique de tension par unité de longueur la plus élevée, des essais supplémentaires doivent être effectués sur l'enveloppe de l'élément ayant 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.

7.2.3 Essais sur l'assemblage des enveloppes du parafoudre complet

A l'étude.

7.2.4 Caractéristiques de l'air ambiant pendant les essais

La tension à appliquer pendant un essai de tenue est définie en multipliant la tension de tenue spécifiée par le facteur de correction tenant compte de la densité de l'air et de l'humidité, voir CEI 60060-1.

La correction due à l'humidité ne doit pas être appliquée pour les essais sous pluie.

7.2.5 Modalités des essais sous pluie

L'isolation externe des parafoudres de type extérieur doit être soumise à des essais de tenue sous pluie suivant la procédure d'essais décrite dans la CEI 60060-1.

7.2.6 Essais aux chocs de tension de foudre

Le parafoudre doit être soumis à un essai à sec au choc de tension de foudre normal en conformité avec la CEI 60060-1.

L'essai est effectué en appliquant quinze chocs consécutifs à la tension d'essai pour chaque polarité. Le parafoudre est déclaré avoir satisfait à l'essai si aucune décharge disruptive interne n'a lieu et si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de quinze chocs. La tension d'essai doit être égale au niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre multiplié par 1,3.

Si la distance d'amorçage à sec ou la somme des distances partielles d'amorçage à sec est supérieure à la tension d'essai divisée par 500 kV/m, cet essai n'est pas nécessaire.

7.2 Insulation withstand tests on the arrester housing

7.2.1 General

The voltage withstand tests demonstrate the voltage withstand capability of the external insulation of the arrester housing. For other designs the test has to be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

The tests shall be performed in the conditions and with the test voltages specified in 5.1 and repeated below. The outside surface of insulating parts shall be carefully cleaned and the internal parts removed or rendered inoperative to permit these tests.

7.2.2 Tests on individual unit housing

The applicable tests shall be run on the longest arrester housing. If this does not represent the highest specific voltage stress per unit length, additional tests shall be performed on the unit housing 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.

7.2.3 Tests on complete arrester housing assemblies

Under consideration.

7.2.4 Ambient air conditions during tests

The voltage to be applied during a withstand test is determined by multiplying the specified withstand voltage by the correction factor taking into account density and humidity, see IEC 60060-1.

Humidity correction shall not be applied for wet tests.

7.2.5 Wet test procedure

The external insulation of outdoor arresters shall be subjected to wet withstand tests under the test procedure given in IEC 60060-1.

7.2.6 Lightning impulse voltage test

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

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester shall be considered to have passed the test if no internal disruptive discharges occur and if the number of the external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses. The test voltage shall be equal to the lightning impulse protection level of the arrester multiplied by 1,3.

If the dry arcing distance or the sum of the partial dry arcing distances is larger than the test voltage divided by 500 kV/m, this test is not required.

7.2.7 Essai aux chocs de tension de manoeuvre

Les parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées de 200 kV et plus doivent être soumis à un essai au choc de tension de manoeuvre normal selon la CEI 60060. Les parafoudres de type extérieur doivent être essayés sous pluie, les parafoudres de type intérieur à sec.

L'essai est effectué en appliquant quinze chocs consécutifs à la tension d'essai pour chaque polarité. Le parafoudre est déclaré avoir satisfait à l'essai si aucune décharge disruptive interne n'a lieu et si le nombre de décharges disruptives externes ne dépasse pas deux pour chaque série de quinze chocs. La tension d'essai doit être égale au niveau de protection aux chocs de manoeuvre du parafoudre, multiplié par 1,25.

7.2.8 Essai à la tension à fréquence industrielle

Les enveloppes des parafoudres de type extérieur doivent être essayées sous pluie, celles des parafoudres de type intérieur à sec.

Les enveloppes des parafoudres 1 500 A, 2 500 A et 5 000 A, ainsi que des parafoudres pour courants de foudre élevés (annexe C) doivent supporter pendant 1 minute une tension à fréquence industrielle de valeur de crête égale au niveau de protection aux chocs de foudre multiplié par 0,88.

Les enveloppes des parafoudres 10 000 A et 20 000 A ayant des tensions assignées inférieures à 200 kV doivent supporter pendant 1 minute une tension à fréquence industrielle, de valeur crête égale au niveau de protection aux chocs de manoeuvre multiplié par 1,06.

7.3 Essais de vérification de la tension résiduelle

La mesure de la tension résiduelle lors des essais de type a pour but de fournir les éléments nécessaires au calcul de la tension résiduelle maximale, comme expliqué en 5.3. Cela passe par la détermination du rapport entre les tensions résiduelles aux courants de chocs spécifiés et le niveau de tension vérifié lors des essais individuels. Cette dernière valeur peut être soit la tension de référence, soit la tension résiduelle pour un courant de foudre convenable compris entre 0,01 et 2 fois le courant nominal de décharge, selon le choix fait par le constructeur pour les modalités des essais individuels.

La tension résiduelle maximale au courant de choc de foudre utilisé pour les essais individuels doit être spécifiée et publiée par le constructeur. Pour obtenir la tension résiduelle maximale du type considéré pour tous les courants et les formes d'onde spécifiés, les tensions résiduelles mesurées sur les fractions en essai sont alors multipliées par le rapport entre la valeur maximale annoncée de la tension résiduelle au courant de l'essai individuel et la tension résiduelle mesurée sur la fraction pour le même courant.

Pour les parafoudres dont la tension assignée est inférieure à 36 kV (voir 8.1b), le constructeur peut choisir de ne vérifier que la tension de référence lors des essais individuels. La tension de référence maximale doit alors être spécifiée. Pour obtenir la tension résiduelle maximale pour tous les courants et les formes d'onde spécifiés, les tensions résiduelles mesurées sur les fractions en essai sont multipliées par le rapport entre cette tension de référence maximale du parafoudre et la tension de référence mesurée sur les fractions essayées.

Tous les essais de vérification de la tension résiduelle doivent être effectués sur les trois mêmes échantillons de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre. Le temps séparant les décharges doit être suffisant pour permettre aux échantillons de revenir à une température approximativement égale à la température ambiante. Pour les parafoudres à plusieurs colonnes, l'essai peut être effectué sur des fractions composées d'une seule colonne; les tensions résiduelles sont alors mesurées pour des courants égaux aux courants du parafoudre complet divisés par le nombre de colonnes.

7.2.7 Switching impulse voltage test

The 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages of 200 kV and above shall be subjected to a standard switching impulse voltage test according to IEC 60060. Arresters for outdoor use shall be tested in wet conditions, arresters for indoor use in dry conditions.

Fifteen consecutive impulses at the test voltage value shall be applied for each polarity. The arrester shall be considered to have passed the test if no internal disruptive discharges occur and if the number of the external disruptive discharges does not exceed two in each series of 15 impulses. The test voltage shall be equal to the switching impulse protection level of the arrester multiplied by 1,25.

7.2.8 Power frequency voltage test

The housings of arresters for outdoor use shall be tested in wet conditions, and housings of arresters for indoor use, in dry conditions.

Housings of 1 500 A, 2 500 A and 5 000 A arresters and High Lightning Duty arresters (annex C) shall withstand a power frequency voltage with a peak value equal to the lightning impulse protection level multiplied by 0,88 for a duration of 1 minute.

Housings of 10 000 A and 20 000 A arresters with rated voltages less than 200 kV shall withstand a power frequency voltage with a peak value equal to the switching impulse protection level multiplied by 1,06 for a duration of 1 minute.

7.3 Residual voltage tests

The purpose of the residual voltage type test is to obtain the data necessary to derive the maximum residual voltage as explained in 5.3. It includes the calculation of the ratio between voltages at specified impulse currents and the voltage level checked in routine tests. The latter voltage can be either the reference voltage or the residual voltage at a suitable lightning impulse current in the range 0,01 to 2 times the nominal discharge current depending on the manufacturer's choice of routine test procedure.

The maximum residual voltage at a lightning impulse current used for routine tests shall be specified and published in the manufacturer's data. Maximum residual voltages of the design for all specified currents and wave-shapes are obtained by multiplying the measured residual voltages of the test sections by the ratio of the declared maximum residual voltage at the routine test current to the measured residual voltage for the section at the same current.

For arresters with rated voltages below 36 kV (see 8.1b), the manufacturer may choose to check only the reference voltage by routine test. The maximum reference voltage shall then be specified. The measured residual voltages of the test sections are multiplied by the ratio of this maximum arrester reference voltage to the measured reference voltage of the test sections to obtain maximum residual voltages for all specified currents and wave shapes.

All residual voltage tests shall be made on the same three samples of complete arresters or arrester sections. The time between discharges shall be sufficient to permit the samples to return to approximately ambient temperature. For multi-column arresters the test may be performed on sections made of only one column; the residual voltages are then measured for currents obtained from the total currents in the complete arrester divided by the number of columns.

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

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un choc de courant à front raide selon 2.16 de valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre $\pm 5\%$. Les trois crêtes de tension sont déterminées selon 5.3. La valeur la plus élevée est définie comme la tension résiduelle aux courants à front raide du parafoudre. Les temps de réponse T et T_1 du circuit de mesure de la tension ne doivent pas dépasser 20 ns, voir CEI 60060-3.

7.3.2 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un choc de courant de foudre selon 2.17 avec des valeurs de crête qui sont approximativement les suivantes: 0,5, 1 et 2 fois le courant nominal de décharge du parafoudre. La durée conventionnelle du front doit être comprise entre 7 et 9 μs tandis que la durée jusqu'à mi-valeur (qui n'est pas critique) peut avoir n'importe quelle tolérance. Les tensions résiduelles sont déterminées selon 5.3. Les valeurs maximales des tensions résiduelles déterminées seront portées sur une courbe donnant la tension résiduelle en fonction du courant de décharge. La tension résiduelle lue sur cette courbe correspondant au courant nominal de décharge est définie comme le niveau de protection aux chocs de foudre du parafoudre.

NOTE – Si l'essai individuel du parafoudre complet ne peut être effectué à l'un de ces courants, des essais complémentaires doivent être effectués sur des fractions avec un courant compris entre 0,01 et 0,25 fois le courant nominal de décharge, pour comparaison avec le parafoudre complet.

7.3.3 Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre

Chacun des trois échantillons doit être soumis à un courant de choc de manoeuvre selon 2.32 à chacune des valeurs spécifiées dans le tableau 3, les valeurs de crête étant celles du tableau 3 avec une tolérance de $\pm 5\%$. Les tensions résiduelles sont déterminées selon 5.3. Parmi les trois crêtes de tension, on détermine la plus élevée que l'on définit comme la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre du parafoudre au courant considéré. Le niveau de protection aux chocs de manoeuvre du parafoudre est défini comme la valeur de tension la plus élevée mesurée aux courants spécifiés dans le tableau 3.

Tableau 3 – Valeurs de crête des courants pour l'essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre

Classification des parafoudres	Courant de crête A
20 000 A, décharge de ligne classes 4 et 5	500 et 2 000
10 000 A, décharge de ligne classe 3	250 et 1 000
10 000 A, décharge de ligne classes 1 et 2	125 et 500

7.4 Essai de tenue aux chocs de courant de longue durée

7.4.1 Généralités

Avant les essais, on doit mesurer, à des fins d'évaluation, sur chaque échantillon essayé, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge.

Chacun des essais de tenue aux courants de choc de longue durée doit être effectué conformément à 6.3 et 7.1 sur trois échantillons neufs de parafoudres complets, de fractions de parafoudre ou de varistances n'ayant subi aucun essai antérieurement à l'exception de celui spécifié ci-dessus à des fins d'évaluation. Pendant les essais, les résistances variables à oxyde métallique peuvent être exposées à l'air libre immobile à une température de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. La tension assignée des échantillons essayés doit être au moins 3 kV, si la tension assignée du parafoudre n'est pas inférieure à cette valeur, mais n'a pas besoin de dépasser 6 kV. Si le parafoudre considéré comporte un dispositif de déconnexion, ces essais doivent être effectués avec le dispositif en état de fonctionnement, voir 7.6.

7.3.1 Steep current impulse residual voltage test

One steep current impulse in accordance with 2.16 with peak value equal to the nominal discharge current of the arrester $\pm 5\%$ shall be applied to each of the three samples. The three voltage peaks are recorded. The residual voltages are determined in accordance with 5.3. The highest value is defined as the steep current residual voltage of the arrester. The response times T and T_1 of the voltage measuring circuit used shall not exceed 20 ns, see IEC 60060-3.

7.3.2 Lightning impulse residual voltage test

One lightning current impulse in accordance with 2.17 shall be applied to each of the three samples for each of the following three peak values of approximately 0,5, 1 and 2 times the nominal discharge current of the arrester. Virtual front time shall be within 7 to 9 μs while the half value time (which is not critical) may have any tolerance. The residual voltages are determined in accordance with 5.3. The maximum values of the determined residual voltages shall be drawn in a residual voltage versus discharge current curve. The residual voltage read on such a curve corresponding to the nominal discharge current is defined as the lightning impulse protection level of the arrester.

NOTE – If a complete arrester routine test cannot be carried out at one of the above currents, then additional type tests shall be carried out at a current in the range of 0,01 to 0,25 times nominal discharge current for comparison to the complete arrester.

7.3.3 Switching impulse residual voltage test

One switching current impulse in accordance with 2.32 of each specified value in table 3 shall be applied to each of the three samples with peak values according to table 3 with a tolerance of $\pm 5\%$. The residual voltages are determined in accordance with 5.3. The highest of these three voltages is defined as the switching impulse residual voltage of the arrester at the respective current. The switching impulse protection level of the arrester is defined as the highest voltage measured at the currents specified in table 3.

Table 3 – Peak currents for switching impulse residual voltage test

Arrester classification	Peak currents A
20 000 A, line discharge classes 4 and 5	500 and 2 000
10 000 A, line discharge class 3	250 and 1 000
10 000 A, line discharge classes 1 and 2	125 and 500

7.4 Long duration current impulse withstand test

7.4.1 General

Before the tests the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each test sample shall be measured for evaluation purposes.

Each long duration current impulse withstand test shall be made in accordance with 6.3 and 7.1 on three new samples of complete arresters, arrester sections or resistor elements which have not been subjected previously to any test except that specified above for evaluation purposes. The non-linear metal-oxide resistors may be exposed to the open air at a still air temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ during these tests. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not less than this and need not exceed 6 kV. If an arrester disconnector is built into the design of the arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector in operable condition, see 7.6.

Chaque essai aux courants de choc de longue durée comporte l'application de 18 décharges réparties en 6 séries de 3 décharges. Les intervalles entre les décharges doivent être de 50 s à 60 s et les intervalles entre les séries doivent être suffisants pour permettre à l'échantillon de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante.

A la suite de l'essai aux courants de longue durée et après refroidissement de l'échantillon à une température voisine de la température ambiante, on recommencera les essais de vérification de la tension résiduelle effectués avant l'essai aux courants de longue durée, en vue de comparer les valeurs mesurées avec celles obtenues avant l'essai et les valeurs ne doivent pas avoir varié de plus de 5 %.

L'examen visuel des échantillons après l'essai doit révéler l'absence de toute trace de perforation, d'amorçage, de fissure ou d'autre détérioration importante des résistances à oxyde métallique.

7.4.2 Prescriptions pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres 20 000 A et 10 000 A

Cet essai consiste en l'application à l'échantillon en essai de chocs de courant simulant la décharge à travers cet échantillon d'une ligne préchargée définie par les paramètres donnés au tableau 4.

**Tableau 4 – Paramètres pour l'essai de décharge de ligne sur les parafoudres
20 000 A et 10 000 A**

Classification des parafoudres	Classe de décharge de ligne	Impédance d'onde de la ligne Z Ω	Durée conventionnelle de la crête T μs	Tension de charge U_L kV tension continue
10 000 A	1	$4,9 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 000 A	2	$2,4 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 000 A	3	$1,3 U_r$	2 400	$2,8 U_r$
20 000 A	4	$0,8 U_r$	2 800	$2,6 U_r$
20 000 A	5	$0,5 U_r$	3 200	$2,4 U_r$

U_r est la tension assignée de l'échantillon essayé en kilovolts, valeur efficace.

NOTE – Les classes 1 à 5 du tableau précédent correspondent à des prescriptions en matière de décharge de sévérité croissante. Le choix de la classe de décharge appropriée est fonction des exigences du réseau et fait l'objet de l'annexe E.

L'énergie (W) injectée dans l'échantillon en essai est déterminée à partir des paramètres du tableau 4 grâce à la formule:

$$W = U_{res} \cdot (U_L - U_{res}) \cdot 1/Z \cdot T$$

où U_{res} est la plus faible valeur de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre mesurée sur les trois échantillons en essai pour la valeur la plus faible des courants donnés au tableau 3.

L'essai peut être réalisé avec n'importe quel générateur remplissant les conditions suivantes:

- La durée conventionnelle de la crête du choc de courant doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée dans le tableau 4.
- La durée conventionnelle totale du choc de courant ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête.
- Les oscillations ou le décrochement initial ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête du courant. S'il existe des oscillations, on déterminera la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.
- L'énergie de chacun des chocs pour chacun des échantillons essayés doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur calculée plus haut pour le premier choc et entre 100 % et 110 % de cette valeur pour les chocs suivants.

Each long duration current impulse test shall consist of 18 discharge operations divided into six groups of three operations. Intervals between operations shall be 50 s to 60 s and between groups such that the sample cools to near ambient temperature.

Following the long duration current test and after the sample has cooled to near ambient temperature the residual voltage tests which were made before the long duration current test shall be repeated for comparison with the values obtained before the test and the values shall not have changed by more than 5 %.

Visual examination of the test samples after the test shall reveal no evidence of puncture, flashover, cracking or other significant damage of the metal-oxide resistors.

7.4.2 Line discharge test requirements for 20 000 A and 10 000 A arresters

This test consists in the application of current impulses to the test sample simulating discharges through it of a precharged line as defined by the parameters given in table 4.

Table 4 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters

Arrester classification	Line discharge class	Surge impedance of the line Z Ω	Virtual duration of peak T μs	Charging voltage U_L kV d.c.
10 000 A	1	$4,9 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 000 A	2	$2,4 U_r$	2 000	$3,2 U_r$
10 000 A	3	$1,3 U_r$	2 400	$2,8 U_r$
20 000 A	4	$0,8 U_r$	2 800	$2,6 U_r$
20 000 A	5	$0,5 U_r$	3 200	$2,4 U_r$

U_r is the rated voltage of the test sample in kilovolts r.m.s.

NOTE – The classes 1 to 5 of the preceding table correspond to increasing discharge requirements. The selection of the appropriate discharge class is based on system requirements and is dealt with in annex E.

The energy (W) injected into the test sample is determined from the parameters of table 4 by the formula:

$$W = U_{\text{res}} \cdot (U_L - U_{\text{res}}) \cdot 1/Z \cdot T$$

where U_{res} is the lowest value of the switching impulse residual voltage measured on the three test samples for the lower current value of table 3.

The test may be carried out with any generator fulfilling the following requirements:

- The virtual duration of the peak of the current impulse shall be between 100 % and 120 % of the value specified in table 4.
- The virtual total duration of the current impulse shall not exceed 150 % of the virtual duration of the peak.
- Oscillations or initial overshoot shall not exceed 10 % of the peak of the current value. If oscillations occur, a mean curve shall be drawn for the determination of the peak value.
- The energy for each impulse on each tested sample shall lie between 90 % and 110 % of the above calculated value for the first impulse and between 100 % and 110 % of this value for the following impulses.

Le générateur sera déconnecté de l'échantillon d'essai à un moment compris entre 1 et 2 fois la durée conventionnelle totale des chocs de courant après le passage du courant par zéro.

Un exemple de circuit d'essai est décrit à l'annexe J.

7.4.3 Prescriptions pour l'essai au courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 A et 2 500 A

Le générateur utilisé pour cet essai devra fournir un choc de courant remplissant les prescriptions suivantes:

- La durée conventionnelle de la crête doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée dans le tableau 5.
- La durée totale conventionnelle ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête.
- Les oscillations ou le décrochement initial ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête du courant. S'il existe des oscillations, on déterminera la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.
- Le courant de crête doit être compris entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée dans le tableau 5 pour le premier choc et entre 100 % et 110 % de cette valeur pour les chocs suivants.

Tableau 5 – Prescriptions pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 5 000 et 2 500 A

Classification des parafoudres	Courant de crête A	Durée conventionnelle de la crête T μ s
5 000 A	75	1 000
2 500 A	50	500

7.5 Essais de fonctionnement

7.5.1 Généralités

Dans ces essais, on reproduit les conditions de service, comme expliqué en 5.9, en appliquant au parafoudre un nombre fixé de chocs de courant spécifiés en association avec une source d'alimentation à fréquence industrielle de fréquence et de tension spécifiées. La tension doit être mesurée avec une précision de ± 1 % et sa valeur de crête ne doit pas varier de plus de 1 % entre la valeur à vide et la valeur à pleine charge. Il convient que le rapport de la tension de crête à la valeur efficace ne s'éloigne pas de $\sqrt{2}$ de plus de 2 %. Pendant les essais de fonctionnement, il est souhaitable que la tension à fréquence industrielle ne s'écarte pas des valeurs spécifiées de plus de ± 1 %.

L'exigence principale pour que le parafoudre passe avec succès ces essais est qu'il soit capable de se refroidir pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir d'emballlement thermique. Les fractions de parafoudre en essai doivent donc avoir une capacité de dissipation de chaleur égale ou inférieure à celle du parafoudre complet tant en régime transitoire qu'en régime permanent, voir 7.5.3.

La séquence d'essai comprend:

- des mesures initiales;
- un conditionnement;
- l'application des chocs;
- des mesures et examens.

Cette séquence est illustrée par les figures 1, 2 et C.1.

The current generator shall be disconnected from the test sample later than one time and earlier than two times the virtual total duration of the current impulses after passing through zero.

An example of a suitable test circuit is described in annex J.

7.4.3 Long duration current requirements for 5 000 A and 2 500 A arresters

The generator used in this test shall deliver a current impulse fulfilling the following requirements:

- The virtual duration of the peak shall lie between 100 % and 120 % of the value specified in table 5.
- The virtual total duration shall not exceed 150 % of the virtual duration of the peak.
- Oscillations or initial overshoot shall not exceed 10 % of the peak current value. If oscillations occur, a mean curve shall be drawn for the determination of the peak value.
- The peak current shall lie between 90 % and 110 % of the value specified in table 5 for the first impulse and between 100 % and 110 % of this value for the following impulses.

Table 5 – Requirements for the long-duration current impulse test on 5 000 A and 2 500 A arresters

Arrester classification	Peak current A	Virtual duration of peak T μs
5 000 A	75	1 000
2 500 A	50	500

7.5 Operating duty tests

7.5.1 General

As explained in 5.9 these are tests in which service conditions are simulated by the application to the arrester of a stipulated number of specified impulses in combination with energization by a power supply of specified voltage and frequency. The voltage should be measured with an accuracy of ± 1 % and its peak value is not allowed to vary by more than 1 % from no load to full load condition. The ratio of peak voltage to r.m.s. value should not deviate from $\sqrt{2}$ by more than 2 %. During the operating duty tests the power frequency voltage should not deviate from the specified values by more than ± 1 %.

The main requirement to pass these tests is that the arrester is able to cool down during the power frequency voltage application, i.e. thermal runaway does not occur. It is required therefore that the arrester sections tested shall have both a transient and a steady state heat dissipation capability equal to or less than for the complete arrester, see 7.5.3.

The test sequence comprises:

- initial measurements;
- conditioning;
- application of impulses;
- measurements and examination.

This sequence is illustrated in figures 1, 2 and C.1.

L'essai doit être effectué, conformément à 6.2, 6.3 et 7.1, sur trois échantillons de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. La tension assignée de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV (sauf si la tension assignée du parafoudre est inférieure à cette valeur) mais sans dépasser nécessairement 12 kV. Si le parafoudre considéré comporte par construction un dispositif de déconnexion, ces essais doivent être effectués avec le dispositif de déconnexion en état de fonctionnement, voir 7.6.

Pour les parafoudres de tension assignée supérieure à 12 kV, il est habituellement nécessaire, en raison des limitations des installations d'essai existantes, d'effectuer cet essai sur une fraction de parafoudre. Il importe que la tension aux bornes de l'échantillon en essai et le courant à fréquence industrielle traversant l'échantillon représentent le mieux possible les conditions prévalant pour le parafoudre complet.

La puissance dissipée par les varistances constitue le paramètre critique pour que le parafoudre passe avec succès l'essai de fonctionnement. On doit donc effectuer l'essai de fonctionnement sur des varistances neuves avec des tensions d'essai majorées U_c^* et U_r^* , qui donnent les mêmes valeurs de puissance dissipée que des varistances vieilles sous la tension de régime permanent et sous la tension assignée. Ces tensions d'essai majorées doivent être déterminées à partir de l'essai de vieillissement accéléré de la manière décrite en 7.5.2.2.

La fraction de parafoudre essayée doit être soumise à des tensions égales à la tension de régime permanent (voir 2.9) et à la tension assignée (voir 2.8) du parafoudre complet divisées par le nombre total n de fractions semblables, voir 6.3. Ces tensions, U_{sc} égale à U_c/n et U_{sr} égale à U_r/n sont modifiées conformément à 7.5.2.2 pour obtenir les tensions d'essais majorées U_c^* et U_r^* .

NOTE – La température de préchauffage de $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ spécifiée dans les figures 1 et 2 est une moyenne pondérée qui tient compte de l'influence de la température ambiante, du rayonnement solaire ainsi que de certains effets de la pollution sur l'enveloppe du parafoudre.

7.5.2 Essai de vieillissement accéléré

Cet essai est prévu pour déterminer les valeurs de tension U_c^* et U_r^* qui sont utilisées dans les essais de fonctionnement (voir les figures 1, 2 et C.1) et qui permettront d'effectuer ces derniers sur des varistances neuves.

NOTE – Ce paragraphe est provisoire; le vieillissement des varistances à oxyde de zinc est encore en cours d'étude.

7.5.2.1 Modalités d'essai

Trois échantillons de varistances doivent être soumis à une tension égale à la tension de régime permanent corrigée U_{ct} (voir plus loin) de l'échantillon pendant 1 000 heures, durant lesquelles la température doit être régulée de façon à ce que la température à la surface de la varistance se maintienne à $115\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$.

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

NOTE 1 – 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.

NOTE 2 – Le milieu entourant la varistance à l'intérieur du parafoudre peut subir une modification pendant la vie normale de ce dernier. Une procédure d'essai appropriée prenant en compte de telles modifications est à l'étude.

NOTE 3 – Si le milieu ambiant est une matière liquide ou solide, les modalités d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

The test shall be made on three samples of complete arresters or arrester sections in accordance with 6.2, 6.3 and 7.1 at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV if the rated voltage of the arrester is not lower than this and need not exceed 12 kV. If an arrester disconnector is built into the design of arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnector in operable condition, see 7.6.

For arresters rated above 12 kV it is usually necessary to make this test on an arrester section because of limitations of existing test facilities. It is important that the voltage across the test sample and the power frequency current through the sample represent as closely as possible the conditions in the complete arrester.

The critical arrester parameter for successfully passing the operating duty test is the resistor power loss. The operating duty test shall, therefore, be carried out on new resistors at elevated test voltages U_c^* and U_r^* that give the same power losses as aged resistors at continuous operating and rated voltage respectively. These elevated test voltages shall be determined from the accelerated ageing procedure in the way described in 7.5.2.2.

The power frequency test voltages to be applied to the test arrester section shall be the continuous operating (see 2.9) and rated (see 2.8) voltages of the complete arrester divided by the total number of similar arrester sections n , see 6.3. These voltages, U_{sc} equal to U_c/n and U_{sr} equal to U_r/n are modified according to 7.5.2.2 to establish the elevated test voltages U_c^* and U_r^* .

NOTE – The established preheat temperature of $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ specified in figures 1 and 2 is a weighted average that covers the influence of ambient temperature, solar radiation and some influence of pollution on the arrester housing.

7.5.2 Accelerated ageing procedure

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 C.1) which will allow those tests to be carried out on new resistors.

NOTE – This clause is provisional as the ageing of metal-oxide resistors is still under study.

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 $115\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$.

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 is not less than the density of the medium in the arrester.

NOTE 1 – 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.

NOTE 2 – The medium surrounding the resistor within the arrester may be subject to a modification during the normal life of the arrester. A suitable test procedure taking account of such modifications is under consideration.

NOTE 3 – If the surrounding medium is a liquid or solid material, the ageing procedure shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

La tension appropriée pour cet essai est la tension maximale de régime permanent corrigée (U_{ct}) que les varistances doivent supporter dans le parafoudre, tenant compte des effets de déséquilibre de tension. Cette tension est normalement donnée par la formule:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,05 L)$$

où L est la longueur totale du parafoudre en mètres. Si le constructeur annonce des valeurs plus basses, celles-ci doivent être démontrées par des mesures ou des calculs de répartition de la tension. En variante, si la répartition de la tension sur chacun des éléments d'un parafoudre à plusieurs éléments est déterminée par des mesures ou des calculs, la formule est appliquée sur l'élément dont la contrainte est la plus forte.

NOTE 4 – Quand la méthode employée pour déterminer la répartition de la tension diffère de la formule précédente, les détails de la méthode adoptée doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client en tenant compte de la disposition de montage possible du parafoudre dans les conditions de service.

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

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

Les trois échantillons en essai doivent être chauffés jusqu'à une température de $115\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$ et la puissance dissipée des varistances P_{1ct} doit être mesurée à la tension U_{ct} une à deux heures après l'application de la tension. La puissance dissipée des varistances P_{2ct} doit être mesurée au bout de 1 000 heures ($0 + 100\text{ h}$) de vieillissement dans les mêmes conditions sans interruption intermédiaire de l'application de tension sur les échantillons en essai. Dans la gamme de température permise, les deux mesures seront faites à la même température $\pm 1\text{ °C}$.

Si P_{2ct} est inférieure ou égale à P_{1ct} , U_{sc} et U_{sr} sont employées 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 varistances neuves à la température ambiante les puissances dissipées P_{1c} et P_{1r} respectivement à U_{sc} et U_{sr} . Puis on élève les tensions de telle façon 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 de U_c^* et U_r^* sont respectivement les plus élevées parmi les trois valeurs des tensions ainsi obtenues.

La durée des mesures doit être suffisamment courte pour éviter une augmentation de la puissance dissipée due à l'échauffement.

7.5.3 Capacité de dissipation de chaleur de l'échantillon en essai

7.5.3.1 Généralités

Dans les essais de fonctionnement, le comportement de l'échantillon en essai est, dans une large mesure, fonction de sa capacité à dissiper la chaleur, c'est-à-dire à se refroidir à la suite d'une contrainte de décharge.

En conséquence, pour que l'essai apporte des renseignements corrects, les échantillons en essai doivent avoir une capacité de dissipation de chaleur et une chaleur massique équivalentes à celles du parafoudre complet, tant en régime transitoire qu'en régime permanent. En principe, quand elles sont soumises à la même contrainte de tension dans les mêmes conditions ambiantes, les résistances variables à oxyde métallique doivent atteindre la même température dans l'échantillon et dans le parafoudre complet.

The relevant voltage for this procedure is the corrected maximum continuous operating voltage (U_{ct}) which the resistors shall support in the arrester including voltage unbalance effects. This voltage should be determined from the formula:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,05 L)$$

where L is the total length of the arrester in metres. If lower values are claimed by the manufacturer, they shall be demonstrated by voltage distribution measurements or computations. Alternatively, if the voltage distribution on each unit in a multi-unit arrester is determined by measurement or by calculation, the formula is applied on the maximum stressed unit.

NOTE 4 – Where a procedure differing from the above formula is employed, the details of the adopted procedure for determination of voltage distribution have to be agreed upon by the manufacturer and the purchaser taking into account possible arrester mounting configuration in service.

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 fulfill 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 $115\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$ and the resistor power losses P_{1ct} shall be measured at a voltage U_{ct} one to two hours after the voltage application. The resistor power losses P_{2ct} shall be measured after 1 000 h (0 + 100 h) of ageing under the same conditions without intermediate de-energizing of the test samples. Within the temperature range allowed, both measurements shall be made at the same temperature $\pm 1\text{ °C}$.

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:

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

U_c^* and U_r^* are the highest of the three increased voltages obtained.

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

7.5.3 Heat dissipation behaviour of test sample

7.5.3.1 General

In the operating duty tests the behaviour of the test sample is to a great extent dependent on the ability of the sample to dissipate heat, i.e. to cool down after being stressed by a discharge.

Consequently, the test samples shall have a transient and a steady state heat dissipation capability and heat capacity equivalent to the complete arrester if correct information is to be obtained from the test. For the same ambient conditions the non-linear metal-oxide resistors in the sample and in the complete arrester should in principle reach the same temperature when subjected to the same voltage stress.

7.5.3.2 Prescriptions pour les fractions de parafoudre

Le présent paragraphe spécifie un modèle thermique pour les fractions de parafoudre et devra être appliqué s'il est prescrit d'établir l'équivalence thermique:

- a) Le modèle doit simuler, électriquement et thermiquement, une tranche de la partie active du parafoudre à modéliser.
- b) L'enveloppe doit répondre aux prescriptions suivantes:
 - i) Le matériau doit être le même que celui de l'enveloppe du parafoudre.
 - ii) Le diamètre intérieur doit être le même que celui du parafoudre $\pm 5 \%$.
 - iii) La masse totale de l'enveloppe ne doit pas dépasser de plus de 10 % la masse de la fraction d'enveloppe moyenne du parafoudre à modéliser.
 - iv) L'enveloppe doit être suffisamment longue pour contenir la fraction de parafoudre; la quantité de matériau isolant aux deux extrémités devra être réglée de façon à satisfaire aux exigences thermiques décrites dans l'annexe B.
- c) Le conducteur utilisé pour les connexions électriques de l'échantillon est un fil de cuivre dont le diamètre maximal est de 3 mm.

7.5.4 Essai de fonctionnement aux chocs de courant de grande amplitude

Cet essai s'applique aux parafoudres 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A de classe de décharge de ligne 1 ainsi qu'aux parafoudres pour courants de foudre élevés décrits dans l'annexe C, conformément à 5.9.

La séquence d'essai complète est représentée par la figure 1 ou C.1.

Avant l'essai de conditionnement, la première partie de l'essai de fonctionnement consiste à déterminer, à la température ambiante, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge des trois échantillons essayés (varistances), voir 7.3.2.

7.5.4.1 Conditionnement

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement comportant vingt chocs de courant de foudre 8/20 selon 2.17 et dont la valeur de crête est égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon d'essai est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. L'application des vingt chocs se fait en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps séparant les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant doit être de la même polarité que la demi-période de tension à la fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

Cet essai de conditionnement peut être effectué sur les varistances à l'air libre immobile à une température de $20 \text{ °C} \pm 15 \text{ °C}$. La valeur de crête mesurée du choc de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

Après l'essai de conditionnement, les varistances sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans les essais de fonctionnement, voir la figure 1 et la figure C.1 de l'annexe C.

7.5.3.2 Arrester section requirements

This subclause specifies a thermal model of the arrester section and shall be followed when thermal equivalence is required:

- a) The model shall electrically and thermally represent a sliced portion of the active part of the arrester being modeled.
- b) The housing shall meet the following requirements:
 - i) Material shall be the same as that of the arrester housing.
 - ii) Inside diameter shall be the same as that of the arrester ± 5 %.
 - iii) The total mass of the housing shall not be more than 10 % greater than the mass of the average housing section of the arrester being modelled.
 - iv) The housing shall be long enough to enclose the arrester section and the amount of insulation at the two ends shall be adjusted so as to meet the thermal requirements described in annex B.
- c) The maximum conductor size used for electrical connections within the sample is 3 mm diameter copper wire.

7.5.4 High current impulse operating duty test

This test applies to 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A and 10 000 A line discharge class 1 arresters and High Lightning Duty arresters in annex C, according to 5.9.

The complete test sequence is illustrated in figure 1 of C.1.

Before the conditioning test, as the first part of the operating duty test, the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each of the three test samples (resistor elements) is determined at ambient temperature, see 7.3.2.

7.5.4.1 Conditioning

The samples are exposed to a conditioning test consisting of twenty 8/20 lightning current impulses according to 2.17 and having a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The twenty impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half cycle of power frequency voltage during which it occurs and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power frequency voltage.

This conditioning test may be carried out on the resistor elements in open air at a still air temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. The measured peak value of the current impulse shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

After this conditioning test the resistors are stored for future use in the operating duty tests, see figures 1 and C.1 in annex C.

7.5.4.2 Application des chocs

Au début de l'essai de fonctionnement, la température de la fraction complète doit être de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

On soumet la fraction à deux chocs de courant de grande amplitude dont la valeur de crête et la forme d'onde sont spécifiées dans le tableau 6. On soumet les parafoudres pour courants de foudre élevés spécifiés dans l'annexe C à trois chocs 30/80 dont la valeur de crête est 40 kA.

Tableau 6 – Prescriptions pour les chocs de courant de grande amplitude

Classification des parafoudres	Courant de crête 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

NOTE 1 – Selon les conditions de service, on pourra adopter pour le courant de crête des valeurs différentes (inférieures ou supérieures).

Entre les deux chocs, la fraction doit être préchauffée dans une étuve de façon que la température au moment d'application du deuxième choc soit de $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. Les essais doivent être effectués à la température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

Si, en raison d'une pollution élevée ou de conditions de service anormales, une température plus élevée est jugée nécessaire, la valeur plus élevée sera utilisée pour l'essai à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai pour les courants de choc doivent être telles que l'on mesure des valeurs comprises entre les limites suivantes:

- valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;
- durée conventionnelle du front comprise entre 3,5 μs et 4,5 μs ;
- durée conventionnelle jusqu'à mi-valeur sur la queue comprise entre 9 μs à 11 μs ;
- la valeur de crête de toute onde de courant de la polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;
- on admet la présence sur l'onde de petites oscillations à condition que leur amplitude au voisinage de la crête du choc soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, pour les besoins des mesures, on établit une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

L'essai de conditionnement et les chocs de courant de grande amplitude qui le suivent doivent être appliqués avec la même polarité.

Un circuit type pouvant être utilisé pour cet essai est décrit dans l'annexe H.

Dès que possible après le dernier choc de courant de grande amplitude et avant que 100 milli-secondes ne se soient écoulées, on applique une tension à fréquence industrielle égale aux valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) (voir 7.5.2) pendant une durée de 10 secondes et de 30 minutes respectivement, pour mettre en évidence la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

NOTE 2 – Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de grande amplitude est appliqué de préférence pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^* . Le délai de 100 ms est admis en considérant les limitations pratiques du circuit d'essai.

7.5.4.2 Application of impulses

At the beginning of the operating duty test the temperature of the complete section shall be $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

The section is subjected to two high current impulses with peak value and impulse shape as specified in table 6. High Lightning Duty arresters specified in annex C are subjected to three 30/80 impulses with a peak value of 40 kA.

Table 6 – Requirements for high current impulses

Arrester classification	Peak current 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

NOTE 1 – According to service conditions other values (lower or higher) may be adopted for the peak current.

Between the two impulses the section shall be preheated in an oven so that the temperature at the application of the second impulse is $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. The tests shall be carried out at an ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value is used for the test if agreed to between manufacturer and purchaser.

The tolerances on the adjustment of the equipment shall be such that the measured values of the current impulses are within the following limits:

- from 90 % to 110 % of the specified peak value;
- from 3,5 μs to 4,5 μs for virtual front time;
- from 9 μs to 11 μs for virtual time to half value on the tail;
- the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current;
- small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The conditioning test and the following high current impulses shall be applied at the same polarity.

Annex H describes a typical test circuit which may be used.

As soon as possible but not later than 100 ms after the last high current impulse a power frequency voltage equal to the elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*) (see 7.5.2) shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE 2 – To reproduce actual system conditions the second high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r^* . The 100 ms are permitted in view of practical limitations in the test circuit.

On doit enregistrer le courant à chaque choc et les différents enregistrements de courant effectués sur un même échantillon ne doivent mettre en évidence aucune variation indiquant une perforation ou un contournement de l'échantillon.

Le courant à la valeur majorée de la tension de régime permanent (U_c^*) doit être enregistré de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique, voir 7.5.6.

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début des essais.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable, si la tension résiduelle mesurée avant et après essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons ne met en évidence ni perforation, ni contournement, ni fissure des résistances variables à oxyde métallique.

7.5.5 Essai de fonctionnement en surtensions de manoeuvre

Cet essai s'applique aux parafoudres 10 000 A des classes de décharge de ligne 2 et 3 ainsi qu'aux parafoudres 20 000 A des classes de décharge de ligne 4 et 5, conformément à 5.9.

La séquence d'essai complète est représentée par la figure 2.

Avant l'essai de fonctionnement en surtensions de manoeuvre, on doit déterminer, à la température ambiante, la tension résiduelle aux chocs de foudre au courant nominal de décharge de chacun des trois échantillons d'essai (varistances), voir 7.3.2.

Les échantillons d'essai doivent être convenablement repérés afin d'assurer la polarité correcte de l'application décrite aux paragraphes suivants.

7.5.5.1 Conditionnement

On soumet les échantillons à un essai de conditionnement dont la première partie se compose de vingt chocs de courant 8/20 selon 2.17 avec une valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Les chocs sont appliqués pendant que l'échantillon est soumis à une tension égale à 1,2 fois sa tension de régime permanent. Les vingt chocs sont appliqués en quatre séries de cinq chocs. L'intervalle de temps entre les chocs consécutifs doit être de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les séries de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire que l'échantillon reste sous tension entre les séries de chocs. Le choc de courant sera de la même polarité que la demi-période de tension à fréquence industrielle pendant laquelle il survient; il doit être appliqué 60 ± 15 degrés électriques avant la crête de la tension à fréquence industrielle.

La première partie du conditionnement peut être effectuée sur les varistances à l'air libre immobile à la température de $20^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$.

La deuxième partie du conditionnement consiste à appliquer deux chocs de courant de grande amplitude 100 kA 4/10, voir 2.31. La valeur de crête mesurée des chocs de courant doit être comprise entre 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée.

The current shall be recorded in each impulse and the current records from the same sample should show no difference that indicates puncture or flashover of the sample.

The current at the elevated continuous operating voltage (U_c^*) shall be registered continuously during the power frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway, see 7.5.6.

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved, if the change in residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 % and if examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

7.5.5 Switching surge operating duty test

This test applies to 10 000 A line discharge classes 2 and 3 and 20 000 A line discharge classes 4 and 5 arresters according to 5.9.

The complete test sequence is illustrated in figure 2.

Before the switching surge operating duty test the lightning impulse residual voltage at nominal discharge current of each of the three test samples (resistor elements) is determined at ambient temperature, see 7.3.2.

The test samples shall be suitably marked to ensure the correct polarity of application in the following subclauses.

7.5.5.1 Conditioning

The samples are exposed to a conditioning test the first part of which consisting of twenty 8/20 current impulses according to 2.17 and a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The impulses are applied while the test sample is energized at 1,2 times the continuous operating voltage of the sample. The twenty impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between the impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test sample shall be energized between groups of impulses. The polarity of the current impulse shall be the same as that of the half cycle of power frequency voltage during which it occurs and it shall be applied 60 ± 15 electrical degrees before the peak of the power frequency voltage.

This first part of the conditioning may be carried out on the resistor elements in open air at a still air temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

The second part of the conditioning is the application of two high current impulses 100 kA 4/10, see 2.31. The measured peak value of the current impulses shall be within 90 % and 110 % of the specified peak value.

Après ce conditionnement, les fractions sont conservées en vue de leur utilisation ultérieure dans l'essai de fonctionnement en surtensions de manoeuvre.

7.5.5.2 Application des chocs

Au début de l'essai de fonctionnement en surtensions de manoeuvre, c'est-à-dire avant l'application de deux chocs de courant de longue durée, la température de la fraction complète doit être de $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ à la température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

Si une température plus élevée est jugée nécessaire, en raison d'une forte pollution ou de conditions de service anormales, la valeur plus élevée sera utilisée à condition qu'il y ait un accord entre le constructeur et le client.

La fraction de parafoudre doit être soumise à deux chocs de courant de longue durée spécifiés au tableau 4 en 7.4.2 pour les classes de décharge de ligne considérées. L'intervalle de temps entre les chocs doit être de 50 à 60 secondes. Les chocs de conditionnement et les chocs de courant de longue durée doivent être appliqués avec la même polarité.

Dès que possible, après le deuxième choc de courant de longue durée et avant que 100 millisecondes ne se soient écoulées, la fraction sera déconnectée de la ligne et reliée à la source à fréquence industrielle. Les valeurs majorées de la tension assignée (U_r^*) et de la tension de régime permanent (U_c^*) déterminées lors de l'essai de vieillissement accéléré décrit en 7.5.2, doivent être appliquées pendant une durée respectivement de 10 secondes et de 30 minutes pour mettre en évidence soit la stabilité thermique, soit l'emballement thermique.

NOTE – Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le deuxième choc de courant de longue durée devrait être appliqué pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^* . Les 100 ms sont admises étant donné les limitations pratiques du circuit d'essai.

Au deuxième choc de courant de longue durée, on effectue des enregistrements oscillographiques de la tension aux bornes de l'échantillon en essai et du courant le traversant. L'énergie dissipée par l'échantillon en essai doit être déterminée à partir des oscillogrammes de la tension et du courant, et la valeur de l'énergie doit être mentionnée dans le rapport d'essais de type. Le courant et la tension doivent être enregistrés de façon continue pendant l'application de la tension à fréquence industrielle.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, on doit enregistrer la température des résistances variables à oxyde métallique, ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée pour démontrer la stabilité thermique ou l'emballement thermique.

Après le déroulement complet des essais et le refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on reprend les essais de vérification de la tension résiduelle effectués au début de l'essai.

Le parafoudre a passé l'essai avec succès s'il est thermiquement stable (voir 7.5.6), si la tension résiduelle mesurée avant et après l'essai n'a pas varié de plus de 5 % et si l'examen des échantillons essayés ne révèle ni perforation, ni contournement, ni fissures des résistances variables à oxyde métallique.

7.5.6 Evaluation de la stabilité thermique lors des essais de fonctionnement

On considère que les fractions de parafoudre soumises aux essais de fonctionnement sont thermiquement stables et ont passé l'essai avec succès si la crête de la composante résistive du courant de fuite ou la puissance dissipée ou la température des varistances décroît régulièrement au moins pendant les 15 dernières minutes de l'application de la tension U_c^* , selon les modalités décrites dans les figures 1, 2 et C.1 pour les différents types de parafoudres.

After this conditioning the sections are stored for future use in the switching surge operating duty test.

7.5.5.2 Application of impulses

At the beginning of the switching surge operating duty test, that is before the application of two long duration current impulses, the temperature of the complete section shall be $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ at the ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$.

If a higher temperature is deemed necessary because of high pollution or abnormal service conditions, then the higher value may be used for the test if agreed between manufacturer and purchaser.

The arrester section shall be subjected to two long duration current impulses as specified in 7.4.2 table 4 for the relevant line discharge classes. The time interval between the impulses shall be 50 s to 60 s. The conditioning impulses and the long duration current impulses shall be applied with the same polarity.

After the second long duration current impulse the section shall be disconnected from the line and connected to the power frequency source as soon as possible but not later than 100 ms after the impulse. The elevated rated voltage (U_r^*) and the elevated continuous operating voltage (U_c^*), determined from the accelerated ageing procedure described in 7.5.2, shall be applied for a time period of 10 s and 30 min respectively to prove thermal stability or thermal runaway.

NOTE – To reproduce actual system conditions the second long duration current impulse should be applied while the sample is energized at U_r^* . The 100 ms are permitted in view of practical limitation in the test circuit.

Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made at the second long duration current impulse. The energy dissipated by the test sample during the second operation shall be determined from the voltage and current oscillograms, and the energy value shall be reported in the type test report. The current and voltage shall be registered continuously during the power frequency voltage application.

Non-linear metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power frequency voltage application to prove thermal stability or thermal runaway.

Following the complete test sequence and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the residual voltage tests which were made at the beginning of the test sequence are repeated.

The arrester has passed the test if thermal stability is achieved (see 7.5.6), if the change in residual voltage measured before and after the test is not changed by more than 5 % and if visual examination of the test samples after the test reveals no evidence of puncture, flashover or cracking of the non-linear metal-oxide resistors.

7.5.6 Evaluation of thermal stability in the operating duty tests

The arrester sections subjected to the operating duty tests are considered to be thermally stable and pass the test if the peak of the resistive component of the leakage current or power dissipation or resistor temperature steadily decreases at least during the last 15 min of U_r^* voltage application in the procedures shown in figures 1, 2 and C.1 for respective types of arresters.

La crête de la composante résistive du courant de fuite dépend fortement de la stabilité de la tension appliquée et des variations de la température ambiante. En conséquence, le jugement si le parafoudre est ou n'est pas thermiquement stable peut dans certains cas ne pas apparaître clairement à la fin de l'application de la tension U_c^* . Dans ce cas, on doit prolonger la durée d'application de la tension U_c^* jusqu'à ce que soit confirmée une baisse régulière du courant ou de la puissance dissipée ou de la température. Si aucune tendance croissante du courant ou de la puissance dissipée ou de la température n'apparaît avant trois heures d'application de la tension, la stabilité est démontrée.

7.6 Essai des dispositifs de déconnexion pour parafoudres

7.6.1 Généralités

Comme indiqué en 5.12, ces essais doivent être effectués sur les parafoudres munis de dispositifs de déconnexion ou sur les dispositifs de déconnexion seuls si la conception de ces derniers est telle qu'ils ne sont pas affectés par l'échauffement des éléments voisins du parafoudre dans sa position normale d'installation.

L'échantillon essayé doit être monté conformément aux recommandations écrites du constructeur, en utilisant pour la connexion la section et la raideur maximales recommandées et la longueur recommandée la plus courte. En l'absence de recommandations écrites, on prendra comme conducteur une connexion nue en cuivre dur étiré d'environ 5 mm de diamètre et de 30 cm de longueur, disposée de façon à permettre la liberté de mouvement du dispositif de déconnexion lors de son fonctionnement.

7.6.2 Essais de tenue aux chocs de courant et lors du fonctionnement

Comme il est indiqué en 7.4 et 7.5, ces essais seront effectués en même temps que les essais du parafoudre lorsque le dispositif de déconnexion en constitue une partie intégrante. Lorsque les dispositifs de déconnexion sont prévus pour être fixés sur un parafoudre ou comme accessoires intercalés sur le trajet du conducteur de ligne ou sur celui du conducteur de terre, ces essais peuvent être effectués séparément ou en liaison avec les essais des échantillons de parafoudre. On utilisera trois échantillons neufs pour chacun des différents essais, et le dispositif de déconnexion doit supporter, sans fonctionner, chacun des essais suivants.

7.6.2.1 Essai aux chocs de courant de longue durée

On effectuera cet essai selon 7.4 avec une valeur de crête du courant et une durée correspondant à la classe de parafoudre la plus élevée associée au dispositif de déconnexion, voir tableaux 4 et 5.

7.6.2.2 Essai de fonctionnement du parafoudre

On effectuera cet essai selon 7.5 en plaçant l'échantillon du dispositif de déconnexion en série avec la fraction de parafoudre échantillon en essai possédant le plus grand courant de référence de tous les parafoudres associés au dispositif de déconnexion.

7.6.3 Fonctionnement du dispositif de déconnexion

7.6.3.1 Détermination de la courbe «temps en fonction du courant»

On déterminera les données nécessaires pour tracer une courbe du temps en fonction du courant pour trois niveaux différents de courant en régime initialement symétrique, correspondant à 20 A, 200 A et 800 A (eff.) $\pm 10\%$ traversant l'échantillon essayé du dispositif de déconnexion avec ou sans parafoudre, conformément à 7.6.1.

The peak of the resistive component of leakage current is strongly influenced by the stability of the applied voltage and also by the change in ambient temperature. Because of this, the judgement whether the arrester is thermally stable or not may in some cases not be clear at the end of the U_c^* voltage application. If that is the case, the time of the U_c^* voltage application shall be extended until the steady decrease in the current or power dissipation or temperature is clearly confirmed. If an increasing trend of current or power dissipation or temperature is not observed within 3 h of voltage application the section is considered stable.

7.6 Tests of arrester disconnectors

7.6.1 General

As noted in 5.12 these tests shall be made on arresters which are fitted with arrester disconnectors or on the disconnector 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.

The test sample shall be mounted in accordance with the manufacturer's published recommendations using the maximum recommended size and stiffness and the shortest recommended length of connecting lead. In the absence of published recommendations, the conductor shall be hard drawn bare copper approximately 5 mm in diameter and 30 cm long, arranged to allow freedom of movement of the disconnector when it operates.

7.6.2 Current impulse and operating duty withstand tests

As noted in 7.4 and 7.5 these tests will be made at the same time as the tests on the arrester, for arresters with built-in disconnectors. In the case of disconnectors designed for attachment to an arrester or for insertion into the line or ground lead as an accessory, these tests may be made separately or in conjunction with tests on arrester samples. The disconnector shall withstand without operating each of the following tests. Three new samples shall be used for each different test.

7.6.2.1 Long duration current impulse test

This test shall be made in accordance with 7.4 with the peak current and duration corresponding to the highest classification of arrester with which the disconnector is designed to be used, see tables 4 and 5.

7.6.2.2 Operating duty test

This test shall be made in accordance with 7.5 with the sample disconnector in series with a test sample section of the arrester design having the highest reference current of all the arresters with which it is designed to be used.

7.6.3 Disconnector operation

7.6.3.1 Time versus current curve test

Data for a time versus current curve shall be obtained at three different symmetrically initiated current levels – 20 A, 200 A and 800 A r.m.s. $\pm 10\%$ – flowing through test sample disconnectors with or without arresters as required by 7.6.1.

Lorsque les essais sont effectués sur des dispositifs de déconnexion qui sont affectés par l'échauffement interne des parafoudres associés, les résistances variables doivent être court-circuitées par un fil de cuivre nu de 0,08 mm à 0,13 mm de diamètre en vue de provoquer l'amorçage interne.

Lorsque les essais sont effectués sur des dispositifs de déconnexion qui ne sont pas affectés par le fonctionnement du parafoudre associé, et si le dispositif de déconnexion est monté sur le parafoudre, les résistances variables de ce dernier sont court-circuitées ou remplacées par un conducteur de section suffisante pour éviter sa fusion pendant l'essai.

La tension d'essai peut avoir toute valeur convenable permettant d'assurer le passage du plein courant dans l'arc contournant les éléments du parafoudre et permettant d'amorcer et de maintenir un arc dans tous les éclateurs dont peut dépendre le fonctionnement du dispositif de déconnexion. La tension d'essai ne doit pas dépasser la tension assignée du parafoudre de la plus faible tension assignée associée au dispositif de déconnexion.

On règle d'abord les caractéristiques du circuit d'essai en vue d'obtenir la valeur prescrite du courant en court-circuitant l'échantillon en essai par un conducteur d'impédance négligeable. Il est recommandé que la temporisation de l'interrupteur de fermeture assure la fermeture du circuit dans la limite de quelques degrés électriques au voisinage de la crête de la tension de façon à faire apparaître un courant sensiblement symétrique. On peut ajuster la durée de passage du courant dans l'échantillon en essai à l'aide d'un interrupteur d'ouverture. Cet interrupteur peut être supprimé s'il n'est pas nécessaire de fixer avec précision la durée du courant. Après réglage des caractéristiques du circuit d'essai, on enlève le conducteur court-circuitant l'échantillon en essai.

Le courant doit être maintenu au niveau prescrit jusqu'au fonctionnement du dispositif de déconnexion. L'essai doit être effectué sur au moins cinq échantillons neufs pour chacune des trois valeurs de courant.

Pour tous les échantillons essayés, on note sur un graphique la valeur efficace du courant traversant l'appareil en fonction de la durée du courant jusqu'au premier déplacement du dispositif de déconnexion. La courbe caractéristique «temps en fonction du courant» du dispositif de déconnexion est une courbe lissée correspondant aux durées maximales.

Pour les dispositifs de déconnexion fonctionnant avec un retard notable, on peut tracer la caractéristique «temps en fonction du courant» en faisant passer le courant dans les échantillons en essai pendant des durées données; on détermine alors, pour chacun des trois niveaux de courant, la durée minimale qui provoquera systématiquement un fonctionnement satisfaisant du dispositif de déconnexion. Les valeurs à retenir pour le tracé de la caractéristique «temps en fonction du courant» doivent correspondre à cinq fonctionnements satisfaisants du dispositif de déconnexion au cours de cinq essais ou, s'il survient au cours de ces cinq essais un fonctionnement non satisfaisant, à cinq fonctionnements satisfaisants au cours de cinq essais complémentaires effectués au même niveau de courant et avec la même durée.

7.6.3.2 Evaluation des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de déconnexion

Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente. S'il n'est pas nettement évident que le dispositif a accompli une séparation effective et permanente, on appliquera pendant 1 min une tension à fréquence industrielle égale à 1,2 fois la tension assignée du parafoudre de la tension assignée la plus élevée, associé au dispositif de déconnexion. Le courant correspondant ne devra pas dépasser une valeur efficace de 1 mA.

For tests on disconnectors affected by internal heating of the associated arresters, the non-linear resistors shall be bypassed with a bare copper wire 0,08 mm to 0,13 mm in diameter in order to start the internal arcing.

For tests on disconnectors unaffected by the operation of the associated arrester, the arrester, if it is used for mounting the disconnector, shall have its non-linear resistors shunted or replaced by a conductor of size sufficient to ensure that it will not be melted during the test.

The test voltage may be any convenient value so long as it is sufficient to maintain full current flow in the arc over the arrester elements and sufficient to cause and maintain arcing of any gaps upon which operation of the disconnector may depend. The test voltage shall not exceed the rated voltage of the lowest rated arrester with which the disconnector is designed to be used.

The parameters of the test circuit should first be adjusted, with the test sample shunted by a link of negligible impedance to produce the required value of current. The closing switch should be timed to close the circuit within a few electrical degrees of voltage crest so as to produce nearly symmetrical current. An opening switch may be provided with provision for adjusting the time of current flow through the test sample. This switch may be omitted when accurate control over the current duration is not necessary. After the test circuit parameters have been adjusted, the link shunting the test sample shall be removed.

The current flow shall be maintained at the required level until operation of the disconnector occurs. At least five new samples shall be tested at each of the three current levels.

The r.m.s. value of current through the specimen and the duration to the first movement of the disconnector shall be plotted for all the samples tested. The time versus current characteristic curve of the disconnector shall be drawn as a smooth curve through the points representing maximum duration.

For disconnectors which operate with an appreciable time delay, the time versus current curve test shall be made by subjecting the test samples to controlled durations of current flow to determine the minimum duration for each of the three current levels which will consistently result in successful operation of the disconnector. For the points to be used for the time versus current curve, successful operation of the disconnector shall occur in five tests out of five trials or, if one unsuccessful test occurs, five additional tests at the same current level and duration shall result in successful operations.

7.6.3.2 Evaluation of disconnector performance

There shall be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device. If there is no clear evidence of effective and permanent disconnection by the device, a power-frequency voltage equal to 1,2 times the rated voltage of the highest rated arrester with which the disconnector is designed to be used, shall be applied for one minute without current flow in excess of 1 mA r.m.s.

SECTION 8: ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION

8.1 Essais individuels

Le constructeur doit effectuer comme essais individuels au moins:

- a) La mesure de la tension de référence (U_{ref}), voir 2.35 et 5.2. Les valeurs mesurées doivent être comprises entre des limites spécifiées par le constructeur.
- b) L'essai de vérification de la tension résiduelle. Cet essai est obligatoire pour les parafoudres dont la tension assignée est supérieure à 1 kV. Il peut être effectué soit sur des parafoudres complets, soit sur des éléments de parafoudres assemblés, soit sur un échantillon composé d'une ou plusieurs varistances. Le constructeur doit spécifier un courant de choc de foudre convenable compris entre 0,01 et 2 fois le courant nominal auquel la tension résiduelle est mesurée. Si on ne la mesure pas directement, la tension résiduelle du parafoudre complet est prise comme étant la somme des tensions résiduelles des varistances, ou des éléments de parafoudre séparés. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur.

NOTE 1 – Quand des parafoudres 2 500 A et 5 000 A dont la tension assignée est inférieure à 36 kV, sont fournis en grande quantité, on peut sous réserve d'un accord entre le constructeur et le client, supprimer des essais individuels l'essai de vérification de la tension résiduelle.

- c) On doit vérifier sur chaque élément l'absence de décharges partielles et de bruits de contact au moyen de toute méthode sensible adoptée par le constructeur, voir CEI 60270 et 8.2.1c.
- d) Pour les éléments de parafoudre à enveloppe étanche, le contrôle de l'étanchéité doit être fait sur chaque élément au moyen de toute méthode sensible adoptée par le constructeur.
- e) Essai de répartition du courant pour les parafoudres à plusieurs colonnes. Cet essai doit être effectué sur tous les ensembles de varistances en parallèle. Un ensemble de varistances en parallèle désigne une partie du montage où aucune connexion électrique intermédiaire n'est utilisée entre les colonnes. Le constructeur doit spécifier un courant de choc convenable compris entre 0,01 et 1 fois le courant nominal de décharge pour lequel le courant traversant chaque colonne doit être mesuré. La valeur de courant la plus élevée ne doit pas être supérieure à la limite maximale spécifiée par le constructeur. Le choc de courant ne doit pas avoir une durée conventionnelle du front inférieure à 7 μ s et la durée jusqu'à la mi-valeur peut prendre n'importe quelle valeur.

NOTE 2 – Si la tension assignée des ensembles de varistances en parallèle utilisés dans la construction est trop élevée pour les moyens d'essais disponibles, on peut réduire la tension assignée de l'ensemble de varistances en parallèle utilisé dans cet essai en introduisant des connexions électriques intermédiaires entre les colonnes, établissant ainsi plusieurs ensembles artificiels de varistances en parallèle. Chacun de ces ensembles artificiels doit alors satisfaire l'essai spécifié de répartition du courant.

8.2 Essais de réception

8.2.1 Essais de réception normaux

Lorsque des essais de réception ont été spécifiés par le client dans la commande, les essais suivants doivent être effectués sur le nombre entier inférieur le plus proche de la racine cubique du nombre de parafoudres commandés.

- a) Mesure de la tension à fréquence industrielle sur le parafoudre complet au courant de référence mesuré à la base du parafoudre. La valeur mesurée doit être comprise entre des limites spécifiées par le constructeur. Pour les parafoudres à plusieurs éléments, cette valeur peut s'écarter de la tension de référence du parafoudre.
- b) Tension résiduelle aux chocs de foudre sur le parafoudre complet ou sur des éléments de parafoudre (voir 7.3) au courant nominal de décharge, quand cela est possible, ou à une valeur de courant choisie conformément à 7.3. Dans ce cas, la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue est moins importante et ne doit pas nécessairement être obtenue.

SECTION 8: ROUTINE TESTS AND ACCEPTANCE TESTS

8.1 Routine tests

The minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer shall be:

- a) Measurement of reference voltage (U_{ref}), see 2.35 and 5.2. The measured values shall be within a range specified by the manufacturer.
- b) Residual voltage test. This test is compulsory for arresters with rated voltage above 1 kV. The test may be performed either on complete arresters, assembled arrester units or on a sample comprising one or several resistor elements. The manufacturer shall specify a suitable lightning impulse current in the range between 0,01 and 2 times the nominal current at which the residual voltage is measured. If not directly measured, the residual voltage of the complete arrester is taken as the sum of the residual voltages of the resistor elements or the individual arrester units. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than the value specified by the manufacturer.

NOTE 1 – When 5 000 A and 2 500 A arresters below 36 kV rating are supplied in volume, the residual voltage test may be omitted in the routine tests if agreed between manufacturer and purchaser.

- c) Satisfactory absence from partial discharges and contact noise shall be checked on each unit by any sensitive method adopted by the manufacturer, see IEC 60270 and 8.2.1c.
- d) For arrester units with sealed housing a leakage check shall be made on each unit by any sensitive method adopted by the manufacturer.
- e) Current distribution test for multi-column arrester. This test shall be carried out on all groups of parallel resistors. A group of parallel resistors means a part of the assembly where no intermediate electrical connection between the columns is used. The manufacturer shall specify a suitable impulse current in the range 0,01 to 1 times the nominal discharge current at which the current through each column shall be measured. The highest current value shall not be higher than an upper limit specified by the manufacturer. The current impulse shall have a virtual front time not less than 7 microseconds and the half value time may have any value.

NOTE 2 – If the rated voltage of the groups of parallel resistors used in the design is too high compared to available test facilities, the rated voltage of the group of parallel resistors used in this test can be reduced by introducing intermediate electrical connections between the columns, thereby establishing several artificial groups of parallel resistors. Each such artificial group shall then pass the current distribution test specified.

8.2 Acceptance tests

8.2.1 Standard acceptance tests

When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, the following tests shall be made on the nearest lower whole number to the cube root of the number of arresters to be supplied.

- a) Measurement of power frequency voltage on the complete arrester at the reference current measured at the bottom of the arrester. The measured value shall be within a range specified by the manufacturer. For multi-unit arresters the value may deviate from the reference voltage of the arrester.
- b) Lightning impulse residual voltage on the complete arrester or arrester unit (see 7.3), at nominal discharge current if possible or at a current value chosen according to 7.3. In this case the virtual time to half value on the tail is less important and need not be complied with.

La tension résiduelle d'un parafoudre complet est prise comme la somme des tensions résiduelles des différents éléments de parafoudre. La tension résiduelle pour le parafoudre complet ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée par le constructeur.

- c) Pour l'essai de décharge partielle, la tension à fréquence industrielle appliquée au parafoudre complet ou à des éléments de parafoudre doit être élevée jusqu'à sa valeur assignée et dans un temps inférieur à 10 s abaissée jusqu'à 1,05 fois sa tension de régime permanent. Le niveau de décharges partielles doit être mesuré à cette tension selon la CEI 60270. L'intensité des décharges partielles internes mesurée ne doit pas dépasser 50 pC.

Toute modification dans le nombre d'échantillons ou le type d'essai doit être discutée entre le constructeur et le client.

8.2.2 Essai spécial de stabilité thermique

L'essai suivant doit faire l'objet d'un accord spécial préalable au début du montage du parafoudre, entre le constructeur et le client, voir 5.7.

Cet essai doit être effectué sur trois fractions totalement différentes; ces fractions seront constituées par des résistances variables à oxyde métallique prises dans la fabrication courante et ayant des dimensions et caractéristiques identiques à celles des varistances utilisées dans les parafoudres soumis à l'essai. L'essai consiste en une partie de l'essai de fonctionnement approprié au type de parafoudre selon les indications des figures 3, 4 et C.2.

Pendant l'application de la tension à fréquence industrielle, en vue de prouver la stabilité thermique, on doit surveiller la température des résistances à oxyde métallique ou la composante résistive du courant ou la puissance dissipée. L'essai est passé avec succès si l'on obtient une stabilité thermique sur les trois échantillons, voir 7.5.6. Si un seul échantillon échoue, tout nouvel essai devra faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

The residual voltage of a complete arrester is taken as the sum of the residual voltages of the individual arrester units. The residual voltage for the complete arrester shall not be higher than a value specified by the manufacturer.

- c) For the partial discharge test the power frequency voltage applied to the complete arrester or arrester unit shall be increased up to its rated voltage and after less than 10 s decreased to 1,05 times its continuous operating voltage. At that voltage the partial discharge level according to IEC 60270 shall be measured. The measured values for the internal partial discharges shall not exceed 50 pC.

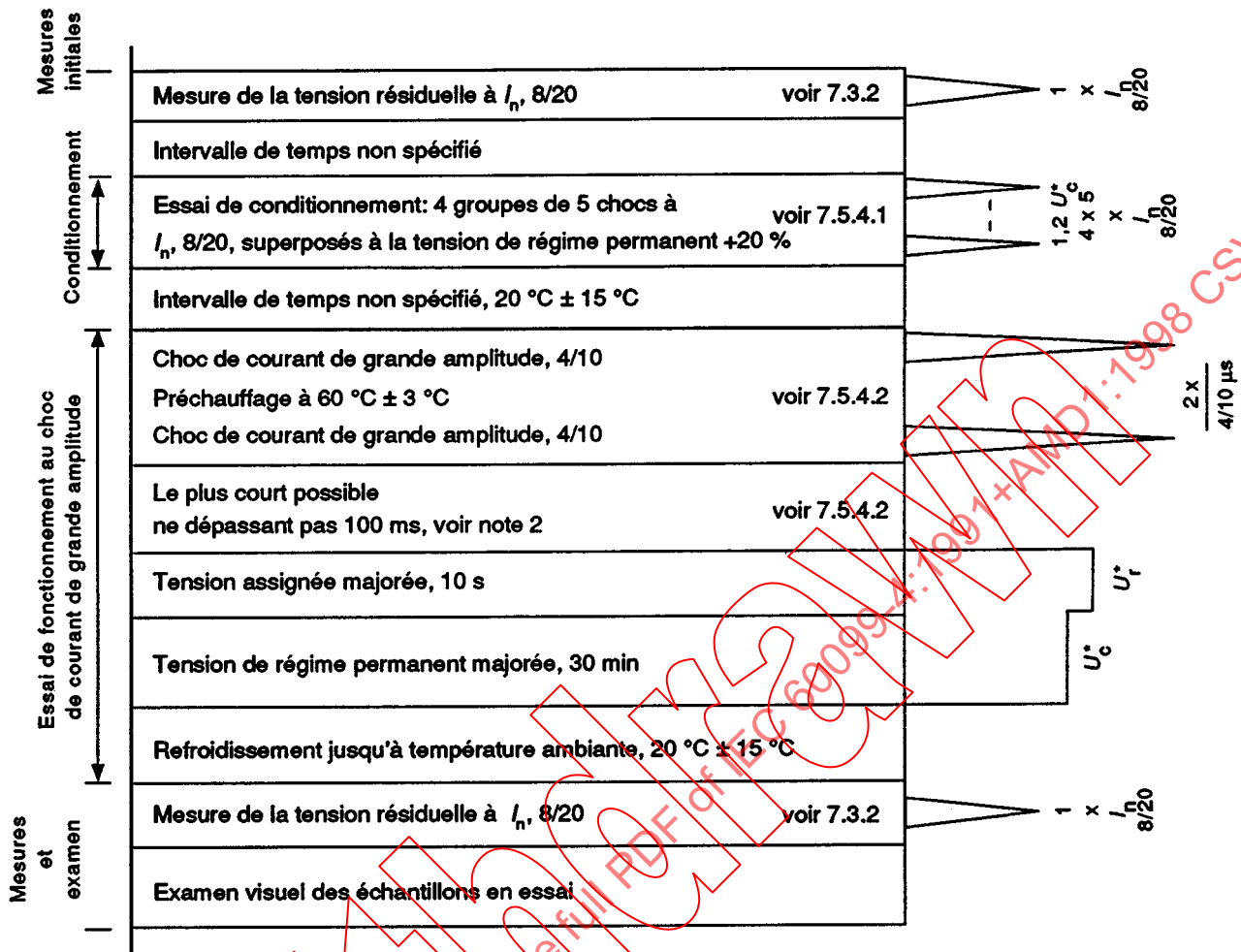
Any alteration in number of test samples or type of test shall be negotiated between the manufacturer and the purchaser.

8.2.2 Special thermal stability test

The following test requires additional agreement between manufacturer and purchaser prior to the commencement of arrester assembly, see 5.7.

This test has to be performed on three totally different test sections consisting of metal-oxide resistors taken from current routine production and having the same dimensions and characteristics as those of the arresters under test. The test consists of a part of the operating duty test relevant to the type of arrester as indicated in figures 3, 4 and C.2.

Metal-oxide resistor temperature or resistive component of current or power dissipation shall be monitored during the power frequency voltage application to prove thermal stability. The test is passed if thermal stability occurs in all three samples, see 7.5.6. If one sample fails, agreement shall be reached between the manufacturer and the purchaser regarding any further tests.



I_n = courant nominal de décharge

Figure 1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A, voir 7.5.4

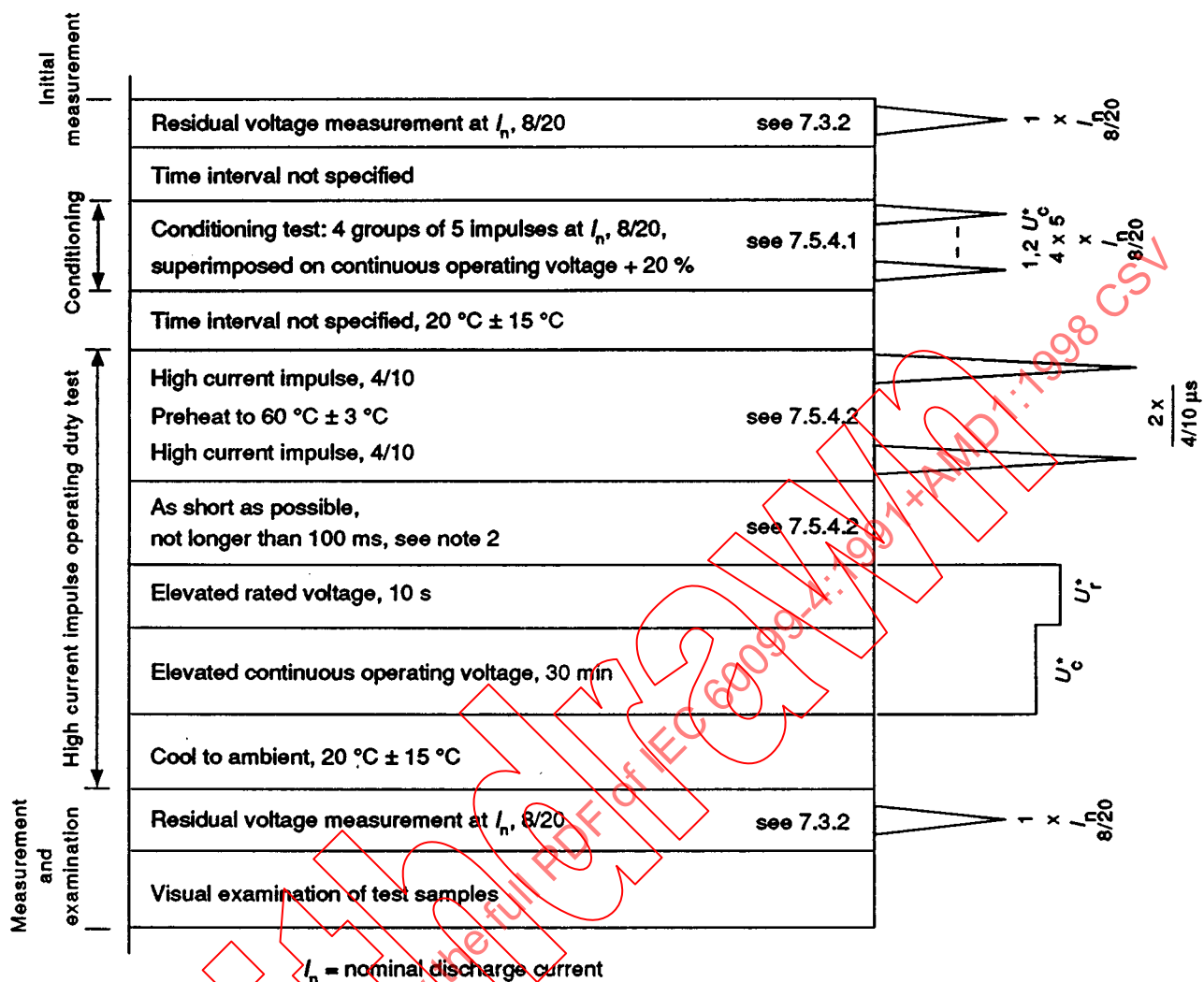


Figure 1 – Operating duty test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters, see 7.5.4

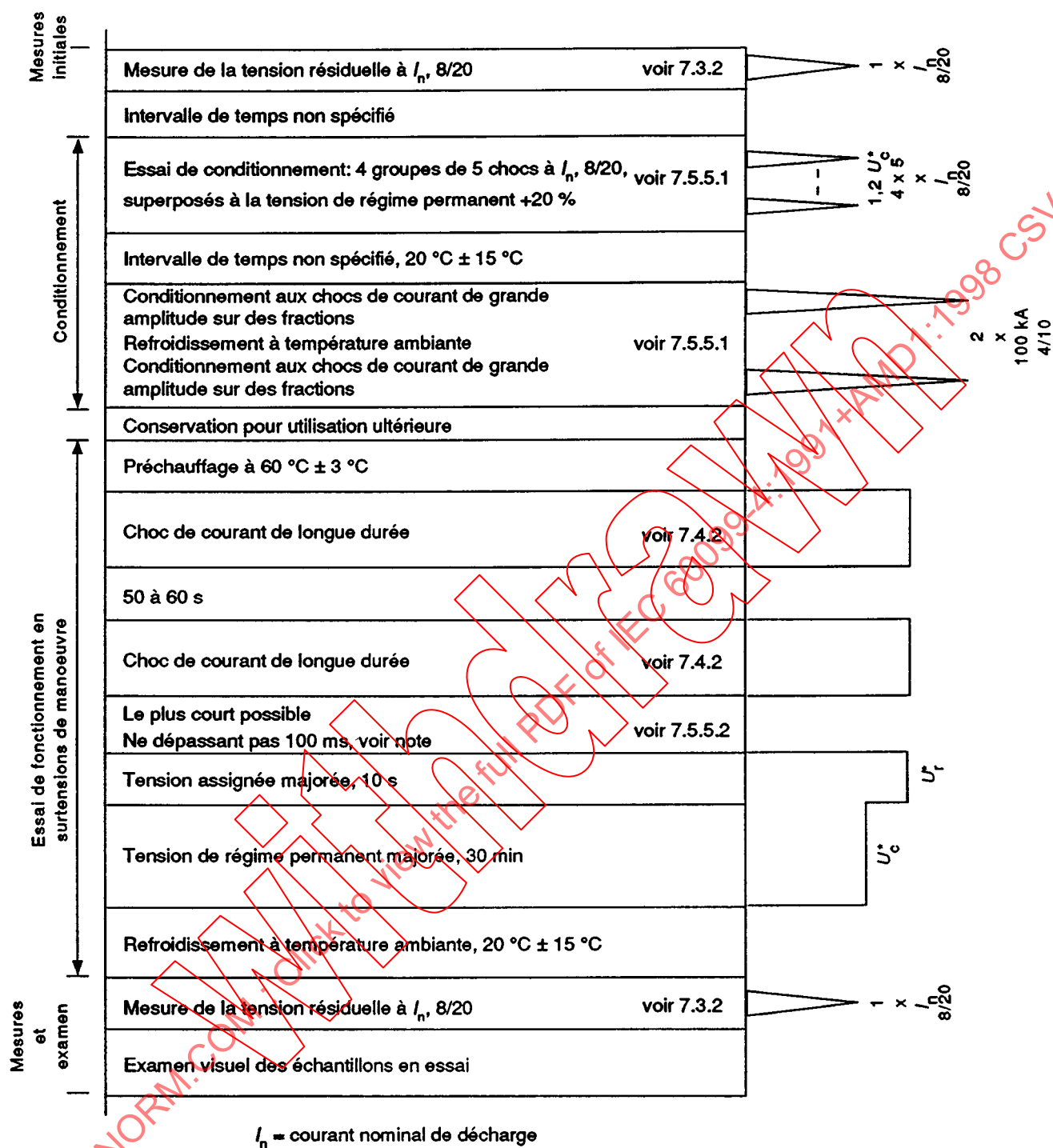


Figure 2 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5, voir 7.5.5

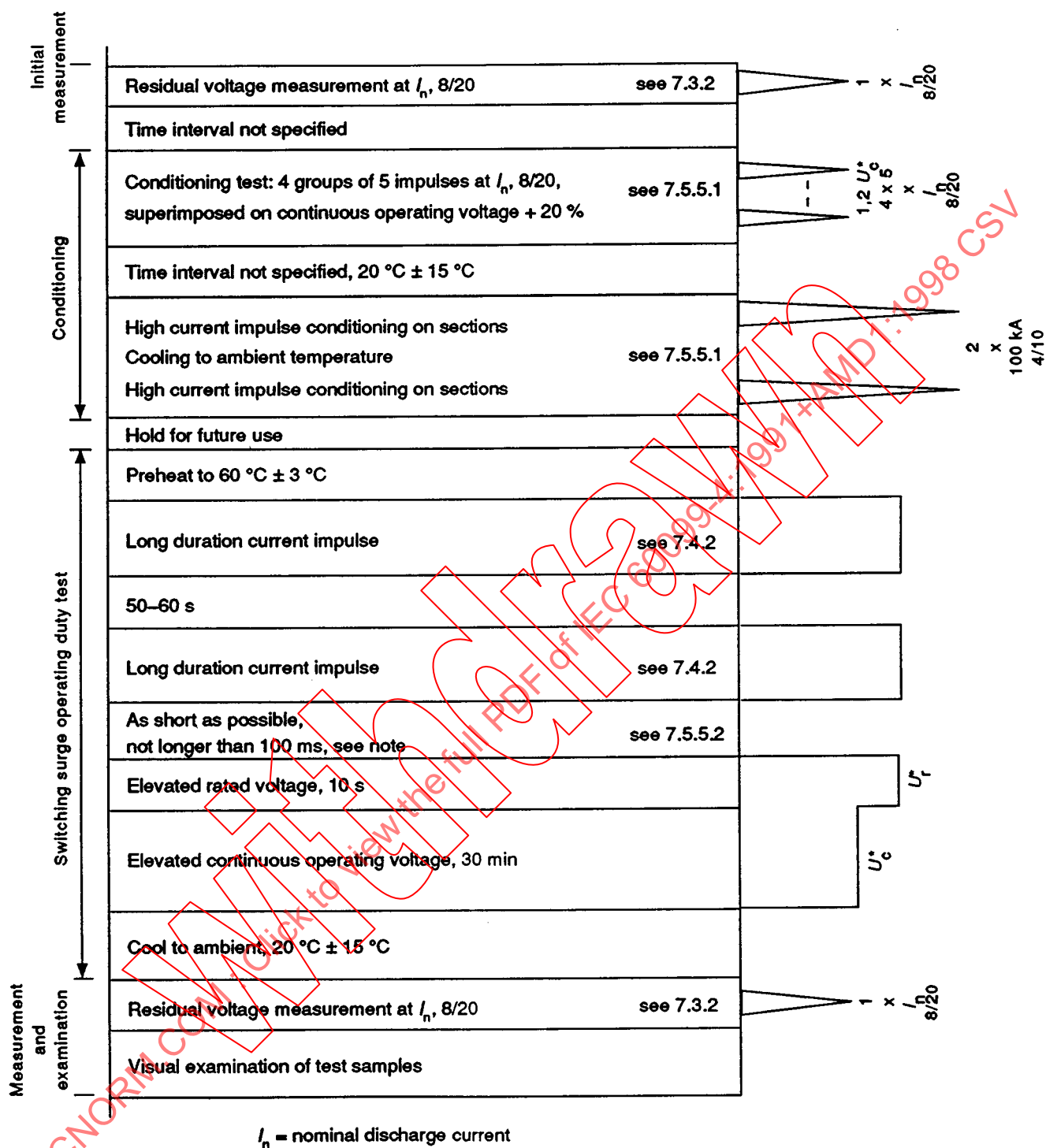


Figure 2 – Operating duty test on 10 000 A arresters line discharge classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge classes 4 and 5, see 7.5.5

Préchauffage à $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$	voir 7.5.4.2	4/10
Choc de courant de grande amplitude, 4/10		
Le plus court possible, ne dépassant pas 100 ms, voir note 2	voir 7.5.4.2	
Tension assignée majorée, 10 s		5 ⁺
Tension de régime permanent majorée, 30 min		5 ^o

Figure 3 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 10 000 A de classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A, voir 8.2.2

Préchauffage à $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$		
Choc de courant de longue durée	voir 7.4.2	
50 à 60 s		
Choc de courant de longue durée	voir 7.4.2	
Le plus court possible, ne dépassant pas 100 ms, voir note 2	voir 7.5.5.2	
Tension assignée majorée, 10 s		5 ⁺
Tension de régime permanent majorée, 30 min		5 ^o

Figure 4 – Essai de stabilité thermique pour les parafoudres 10 000 A des classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A des classes de décharge de ligne 4 et 5, voir 8.2.2

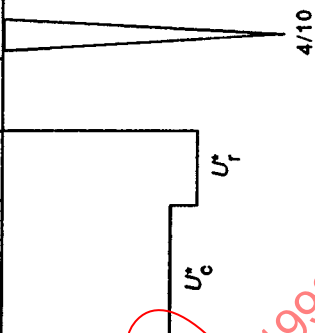
Preheat to $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$	see 7.5.4.2	
High current impulse, 4/10	see 7.5.4.2	
As short as possible, not longer than 100 ms, see note 2	see 7.5.4.2	
Elevated rated voltage, 10 s		5-
Elevated continuous operating voltage, 30 min		5°

Figure 3 – Thermal stability test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters, see 8.2.2

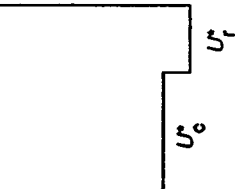
Preheat to $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$		
Long duration current impulse	see 7.4.2	
50-60 s		
Long duration current impulse	see 7.4.2	
As short as possible, not longer than 100 ms, see note	see 7.5.5.2	
Elevated rated voltage, 10 s		5-
Elevated continuous operating voltage, 30 min		5°

Figure 4 – Thermal stability test on 10 000 A arresters line discharge classes 2 and 3 and 20 000 A arresters line discharge classes 4 and 5, see 8.2.2

Annexe A (normative)

Conditions anormales de service

Les conditions de service anormales suivantes constituent des cas caractéristiques qui peuvent exiger une étude spéciale pour la fabrication ou l'utilisation des parafoudres et doivent être signalées au constructeur.

- 1) Températures supérieures à +40 °C ou inférieures –40 °C.
- 2) Utilisation à des altitudes supérieures à 1 000 m.
- 3) Gaz ou vapeurs pouvant causer la détérioration de la surface isolante ou des supports métalliques.
- 4) Pollution excessive par la fumée, des dépôts, les embruns ou autres matières conductrices.
- 5) Exposition excessive au brouillard, à l'humidité, aux gouttes d'eau ou à la vapeur.
- 6) Lavage du parafoudre sous tension.
- 7) Mélanges explosifs de poussières, gaz ou vapeurs.
- 8) Conditions mécaniques anormales (tremblements de terre, vibrations, vitesses de vent élevées, charges de glace importantes, contraintes de flexion élevées).
- 9) Conditions anormales de transport ou de stockage.
- 10) Fréquences nominales inférieures à 48 Hz ou supérieures à 62 Hz.
- 11) Sources de chaleur à proximité du parafoudre, voir 4.4.1b.

Annex A (normative)

Abnormal service conditions

The following are typical abnormal service conditions which may require special consideration in the manufacture or application of surge arresters and should be called to the attention of the manufacturer.

- 1) Temperature in excess of +40 °C or below –40 °C.
- 2) Application at altitudes higher than 1 000 m.
- 3) Fumes or vapours which may cause deterioration of insulating surface or mounting hardware.
- 4) Excessive contamination by smoke, dirt, salt spray or other conducting materials.
- 5) Excessive exposure to moisture, humidity, dropping water or steam.
- 6) Live washing of arrester.
- 7) Explosive mixtures of dust, gases or fumes.
- 8) Abnormal mechanical conditions (earthquakes, vibrations, high wind velocities, high ice loads, high cantilever stresses).
- 9) Unusual transportation or storage.
- 10) Nominal frequencies below 48 Hz and above 62 Hz.
- 11) Heat sources near the arrester, see 4.4.1b.

Annexe B (normative)

Essai de vérification de l'équivalence thermique entre un parafoudre complet et une fraction de parafoudre

On doit effectuer un essai en utilisant la méthode suivante ou une autre méthode ayant fait l'objet d'un accord entre le client et le constructeur.

Le parafoudre complet, ou l'élément d'un parafoudre à plusieurs éléments contenant le plus de résistances par unité de longueur, est placé en air immobile à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. La température ambiante doit être maintenue à $\pm 3\text{ °C}$. Des thermocouples et/ou des capteurs utilisant par exemple une technique à fibres optiques pour mesurer la température sont fixés aux résistances. On doit effectuer des mesures sur un nombre suffisant de points pour calculer la température moyenne. Le constructeur peut également choisir de mesurer la température en un seul point situé entre 1/2 et 1/3 de la longueur du parafoudre à partir du sommet, ce qui ajoute une marge de sécurité, justifiant par là la méthode simplifiée.

On élève ensuite la température des résistances à environ 120 °C par l'application d'une tension à fréquence industrielle dont l'amplitude est supérieure à la tension de référence. Cette température correspond à une valeur moyenne si la température est mesurée sur plusieurs résistances ou à une valeur unique si seul le point situé entre 1/2 et 1/3 est contrôlé. Le temps de montée en température n'est pas critique s'il est approximativement le même que celui utilisé ultérieurement au moment de la montée en température de la fraction en essai; ce temps peut aller de quelques minutes à quelques heures, en fonction de la puissance de la source de tension. Quand la température prédéterminée est atteinte, la source de tension doit être déconnectée et la courbe de refroidissement doit être établie sur une durée au moins égale à 2 h. Si l'on a effectué des mesures en plusieurs points, on trace une courbe de température moyenne.

La fraction en essai est ensuite essayée, comme le parafoudre complet, en air immobile à une température ambiante de $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. La température ambiante doit être maintenue constante à $\pm 3\text{ °C}$ près. On doit soumettre ensuite la fraction à la même élévation de température des résistances que le parafoudre complet en appliquant une tension à fréquence industrielle. L'amplitude de la tension est choisie de manière à donner une durée de montée en température approximativement égale à celle utilisée pour le parafoudre complet. On doit déterminer une température moyenne en mesurant la température de plusieurs résistances. En variante la température peut être mesurée sur une résistance située entre 1/2 et 1/3 de la longueur de la fraction à partir du sommet. Quand la fraction a atteint la température prédéterminée, la source de tension doit être déconnectée et la courbe de refroidissement doit être établie sur une durée au moins égale à 2 h.

On doit comparer les courbes de refroidissement du parafoudre complet et de la fraction. On utilise soit les valeurs moyennes, soit les valeurs uniques. Elles doivent être rapportées à la même température ambiante en ajoutant la différence entre les températures ambiantes à la courbe la plus basse.

Pour que l'équivalence thermique soit prouvée, la fraction d'essai doit, à tout moment pendant la période de refroidissement, avoir une température supérieure ou égale à celle du parafoudre complet.

Annex B

(normative)

Test to verify thermal equivalency between complete arrester and arrester section

A test according to the following or another procedure agreed on between the purchaser and manufacturer shall be carried out.

The complete arrester or the unit containing most resistors per unit length of a multi unit arrester is placed in still air ambient temperature of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. The ambient temperature shall be held at $\pm 3\text{ °C}$. Thermocouples and/or some sensors e.g. utilizing optical fibre technique to measure temperature are attached to the resistors. A sufficient number of points must be checked to calculate a mean temperature or the manufacturer may choose to measure the temperature at only one point located between 1/2 to 1/3 of the arrester length from the top. The latter will give a conservative result thus justifying the simplified method.

The resistors shall be heated to a temperature of approximately 120 °C by the application of power frequency voltage with an amplitude above reference voltage. This temperature should correspond to a mean value if the temperature is measured on several resistors or a single value if only the 1/2 to 1/3 point is checked. The heating time is not critical if approximately the same time is used when later heating the test section. This time may be chosen from minutes to hours depending on the power capacity of the voltage source. When this predetermined temperature is reached, the voltage source shall be disconnected and the cooling time curve shall be determined over a period of not less than 2 h. In the case of several measuring points a mean temperature curve is constructed.

The test section shall thereafter be tested in the same way as the complete arrester in still air ambient temperature in the range of $20\text{ °C} \pm 15\text{ °C}$. The ambient temperature shall be held at $\pm 3\text{ °C}$. It shall be heated to the same resistor temperature rise above ambient temperature as for the complete arrester by the application of power frequency voltage. The voltage amplitude is chosen to give a heating time approximately the same as for the complete arrester. A mean temperature shall be determined by measuring the temperature of several resistors. Alternatively, the temperature may be measured on one block located between 1/2 to 1/3 of the section from the top. When the section has reached the predetermined temperature, the voltage source shall be disconnected and the cooling time curve shall be determined over a period of not less than 2 h.

The cooling curves for the complete arrester and the section shall be compared. Either the mean or the single values are used. They shall be adjusted to the same ambient temperature by adding the difference in ambient temperatures to the lower curve.

To prove thermal equivalency the test section shall for all instants during the cooling period have equal or higher temperature than the complete arrester.

Annexe C (normative)

Prescriptions relatives aux parafoudres pour courants de foudre élevés pour la gamme de tension de 1 kV à 52 kV

La présente annexe donne la liste des prescriptions pour les parafoudres 20 000 A destinés à être utilisés dans des zones à courants de foudre élevés pour une tension maximale du réseau dans la gamme de 1 kV à 52 kV.

Les essais prescrits sont mentionnés dans le tableau C.1.

L'essai de fonctionnement doit être effectué selon 5.9 et 7.5.4, et consiste à soumettre chaque échantillon à trois chocs de courant 30/80 dont la valeur de crête est de 40 kA.

Les intervalles de temps entre les trois chocs de courant doivent être de 50 s à 60 s.

Les tolérances de réglage du matériel doivent être telles que l'on mesure des valeurs de chocs de courant comprises dans les limites suivantes:

- a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;
- b) durée conventionnelle du front comprise entre 25 μ s et 35 μ s;
- c) durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue comprise entre 70 μ s et 90 μ s;
- d) toute onde de courant de la polarité opposée doit avoir une valeur de crête inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;
- e) on admet de petites oscillations sur l'onde à condition que leur amplitude au voisinage de la crête soit inférieure à 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions, afin de faire des mesures, on doit tracer une courbe moyenne pour déterminer la valeur de crête.

Le déroulement complet des essais est illustré en figure C.1.

NOTE – Pour reproduire les conditions réelles du réseau, le dernier choc de courant de grande amplitude est de préférence appliqué pendant que l'échantillon est soumis à la tension U_r^* . On admet les 100 ms compte tenu des limitations pratiques du circuit d'essai.

L'essai spécial de stabilité thermique (voir 8.2.2) doit être effectué conformément à la figure C.2.

Annex C

(normative)

Requirements for High Lightning Duty arresters for voltage range 1 kV to 52 kV

This annex describes the requirements on 20 000 A arresters especially applicable for high lightning intensity areas with highest system voltage in the range 1 kV to 52 kV.

Test requirements are specified in table C.1.

The operating duty test shall be carried out according to 5.9 and 7.5.4, and shall consist of the application to each sample of three 30/80 current impulses with a peak value of 40 kA.

The time intervals between the three current impulses shall be 50 s to 60 s.

The tolerances on the adjustment of the equipment shall be such that the measured values of the current impulses are within the following limits:

- a) from 90 % to 110 % of the specified peak value,
- b) from 25 μ s to 35 μ s for virtual front time,
- c) from 70 μ s to 90 μ s for virtual time to half value on the tail,
- d) the peak value of any opposite polarity current wave shall be less than 20 % of the peak value of the current,
- e) small oscillations on the impulse are permissible provided their amplitude near the peak of the impulse is less than 5 % of the peak value. Under these conditions, for the purpose of measurement, a mean curve shall be accepted for determination of the peak value.

The complete test sequence is illustrated in figure C.1.

NOTE – To reproduce actual system conditions the last high current impulse is preferably applied while the sample is energized at U_r . The 100 ms are permitted in view of practical limitation in the test circuit.

The thermal stability test (see 8.2.2) shall be carried out according to figure C.2.

Tableau C.1 – Prescriptions relatives aux parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés ¹⁾

1.	Tension assignée U_r (kV _{eff})	$3 \leq U_r \leq 60$
2.	Essai de tenue de l'isolation de l'enveloppe du parafoudre	5.1, 7.2.6 et 7.2.8
3.	Essais de vérification de la tension résiduelle	Tableau K.1 et 5.3
	a) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de courant à front raide	7.3.1
	b) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de foudre	7.3.2
	c) Essai de vérification de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre	Non spécifié
4.	Essai de tenue au chocs de courant de longue durée	7.4
5.	Essai de fonctionnement	5.9 Annexe D
	a) Essai de fonctionnement en chocs de courant de grande amplitude	7.5.4
	b) Essai de fonctionnement en surtension de manoeuvre	Non spécifié
6.	Courbe tension à fréquence industrielle en fonction du temps	5.10
7.	Essai du limiteur de pression (pour parafoudres munis d'un limiteur de pression)	5.11
8.	Dispositif de déconnexion (pour les parafoudres munis de ces dispositifs)	5.12 et 7.6
9.	Essai des enveloppes sous pollution	Annexe F

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

Table C.1 – Test requirements on 20 000 A High Lightning Duty arresters ¹⁾

1. Rated voltage U_r (kV _{rms})	$3 \leq U_r \leq 60$
2. Insulation withstand tests on the arrester housing	5.1, 7.2.6 and 7.2.8
3. Residual voltage test	Table K.1 and 5.3
a) Steep current impulse residual voltage test	7.3.1
b) Lightning impulse residual voltage test	7.3.2
c) Switching impulse residual voltage test	Not required
4. Long duration current impulse withstand test	7.4
5. Operating duty test	5.9 Annex D
a) High current impulse operating duty test	7.5.4
b) Switching surge operating duty test	Not required
6. Power frequency voltage versus time curve	5.10
7. Pressure relief test (when fitted with relief device)	5.11
8. Arrester disconnector (when fitted)	5.12 and 7.6
9. Polluted housing test	Annex F

¹⁾ Numbers in rows 2 – 8 refer to clauses and subclauses in this standard.

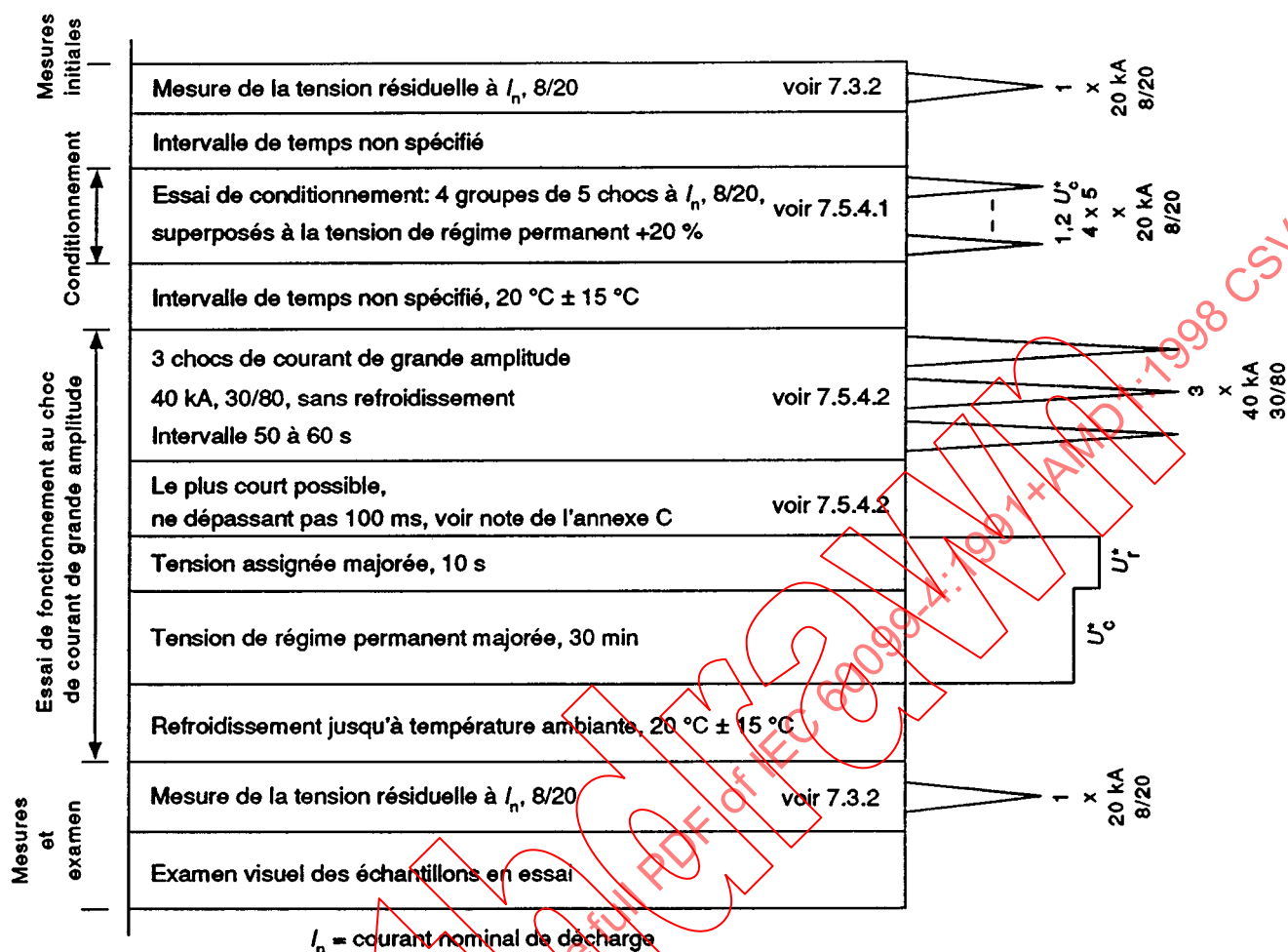


Figure C.1 – Essai de fonctionnement sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés

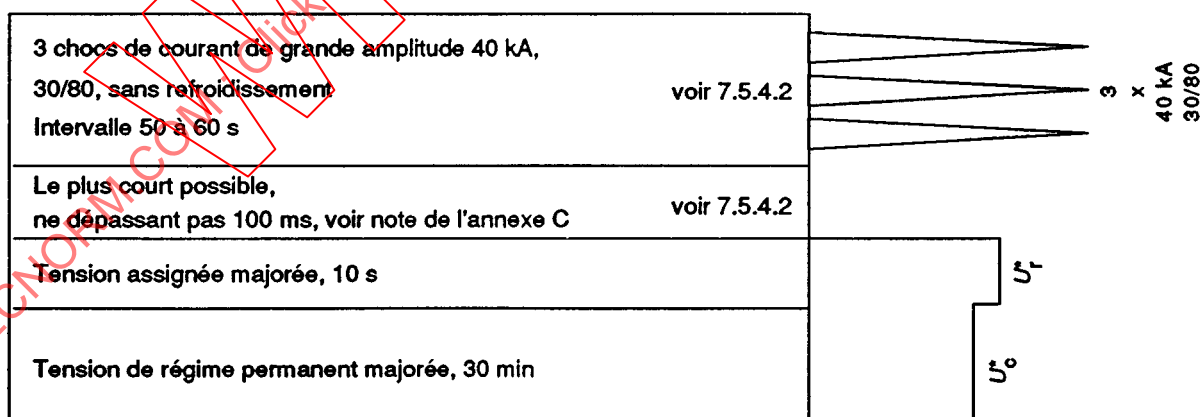


Figure C.2 – Essai de stabilité thermique sur les parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés, voir 8.2.2

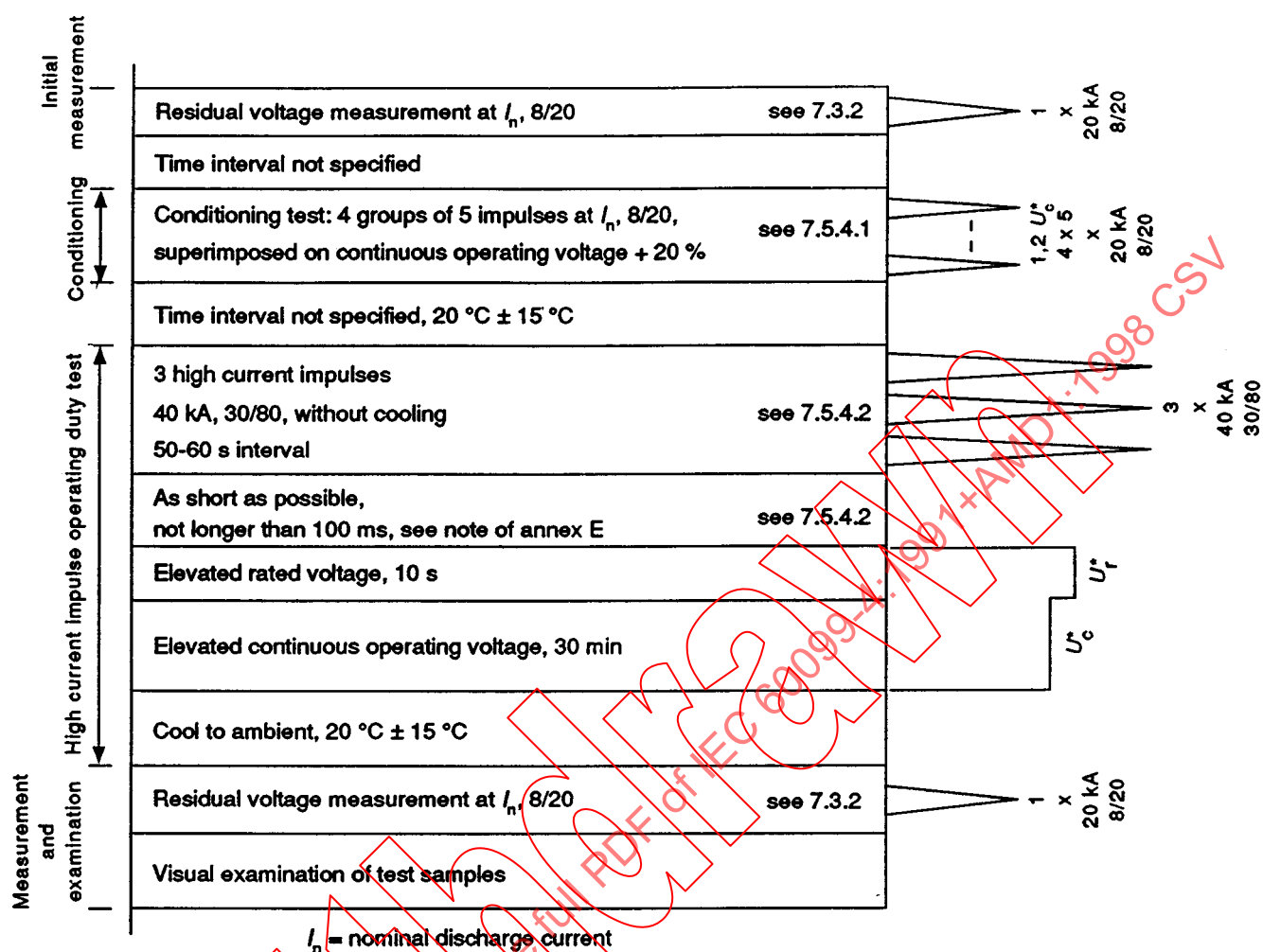


Figure C.1 – Operating duty test on 20 000 A High Lightning Duty arresters

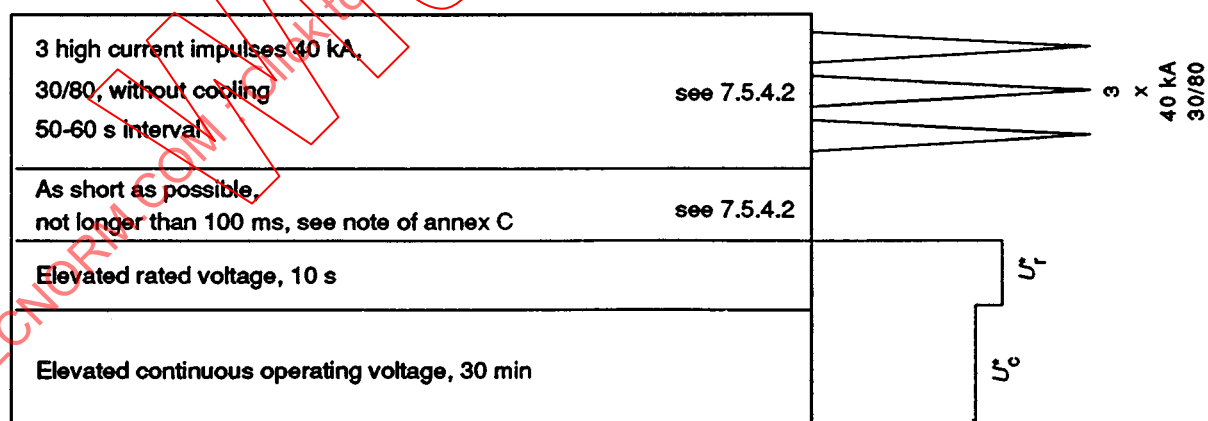


Figure C.2 – Thermal stability test on 20 000 A High Lightning Duty arresters, see 8.2.2

Annexe D (normative)

Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps d'un parafoudre

Quand il est convenu entre le constructeur et le client de vérifier expérimentalement la courbe de tension à fréquence industrielle en fonction du temps fournie par le constructeur, on doit utiliser la dernière partie de l'essai de fonctionnement spécifié aux figures 1, 2 et C.1, en fonction de la catégorie du parafoudre, en modifiant le niveau et la durée de la tension à fréquence industrielle appliquée avant l'application de la tension U_c^* . Trois points de la courbe devront suffire pour la vérification.

Pour les parafoudres de catégorie 10 000 A, classe de décharge de ligne 1 et les parafoudres 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A, on commence par préchauffer l'échantillon en essai à $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. Ceci est suivi par un choc de courant de grande amplitude qui fournit l'énergie avant l'application de la tension à fréquence industrielle, voir figure D.1.

Pour les parafoudres pour courants de foudre élevés décrits dans l'annexe C, on commencera en soumettant l'échantillon, à la température ambiante, à trois applications successives de courants de choc de grande amplitude, voir figure D.2.

Pour les parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3 et les parafoudres 20 000 A, classes 4 et 5, l'échantillon est d'abord préchauffé à $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, puis l'on applique deux chocs de courant de longue durée pour fournir l'énergie avant l'application de la tension à fréquence industrielle, voir figure D.3.

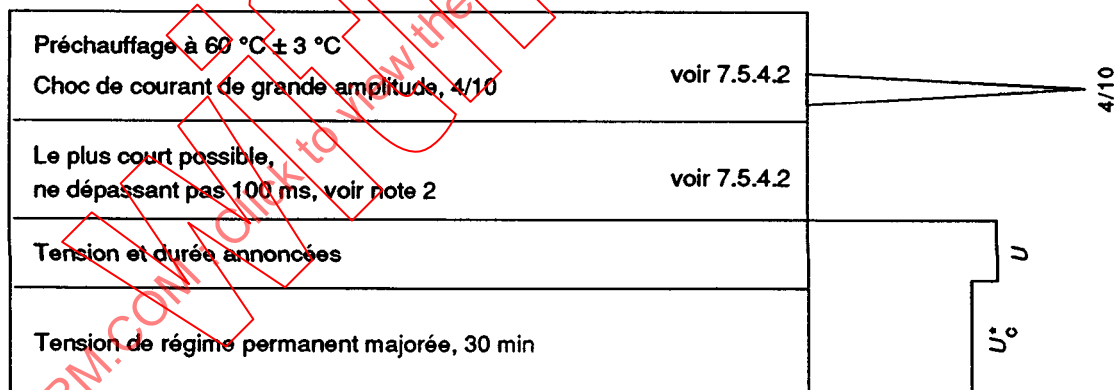


Figure D.1 – Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps.

Essai des parafoudres 10 000 A, classe de décharge de ligne
1, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A

Annex D (normative)

Procedure to verify the power frequency voltage versus time characteristics of an arrester

When the experimental verification of power frequency voltage versus time curve supplied by the manufacturer is agreed upon by the manufacturer and the purchaser, the last part of the operating duty test specified in figures 1, 2 or C.1, depending on the category of the arrester, shall be used with modification of the level and duration of the applied power frequency voltage prior to the U_c^* voltage application. Three points on the curve shall be considered sufficient for verification.

For the arresters categorized as 10 000 A line discharge class 1 and 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A the procedure starts with preheating the test sample to $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. It is followed by one high current impulse which gives the energy prior to the power frequency voltage application, see figure D.1.

For High Lightning Duty arresters (annex C), the procedure starts with the three successive applications of high current impulse on the sample at ambient temperature, see figure D.2.

For 10 000 A arresters with line discharge classes 2 and 3 and 20 000 A arresters with classes 4 and 5 the sample is preheated to $60\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ and two shots of long duration current impulses are applied to give the energy prior to the power frequency voltage application, see figure D.3.

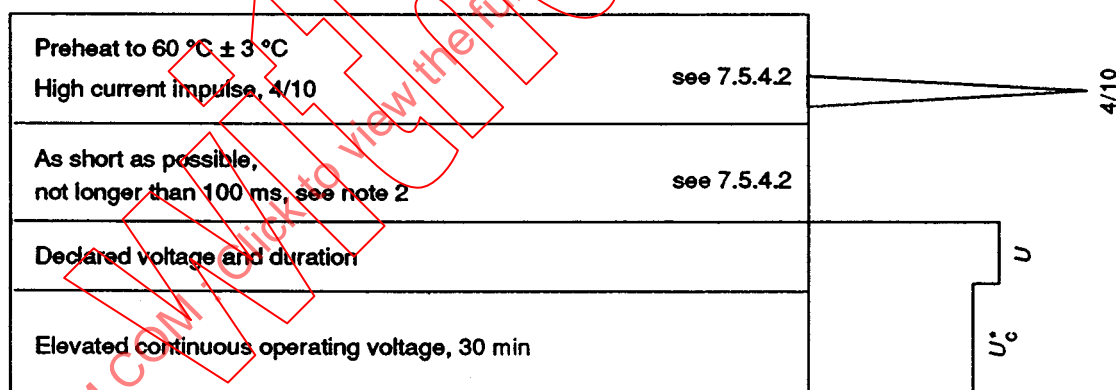


Figure D.1 – Procedure to verify the power frequency voltage versus time characteristics of an arrester.

Test on 10 000 A line discharge class 1, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A arresters

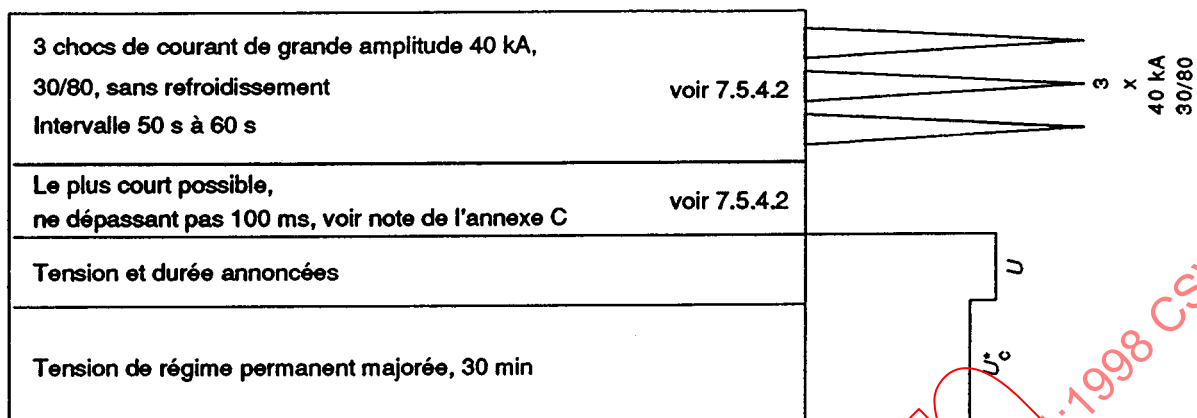


Figure D.2 – Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps.
Essai des parafoudres 20 000 A pour courants de foudre élevés

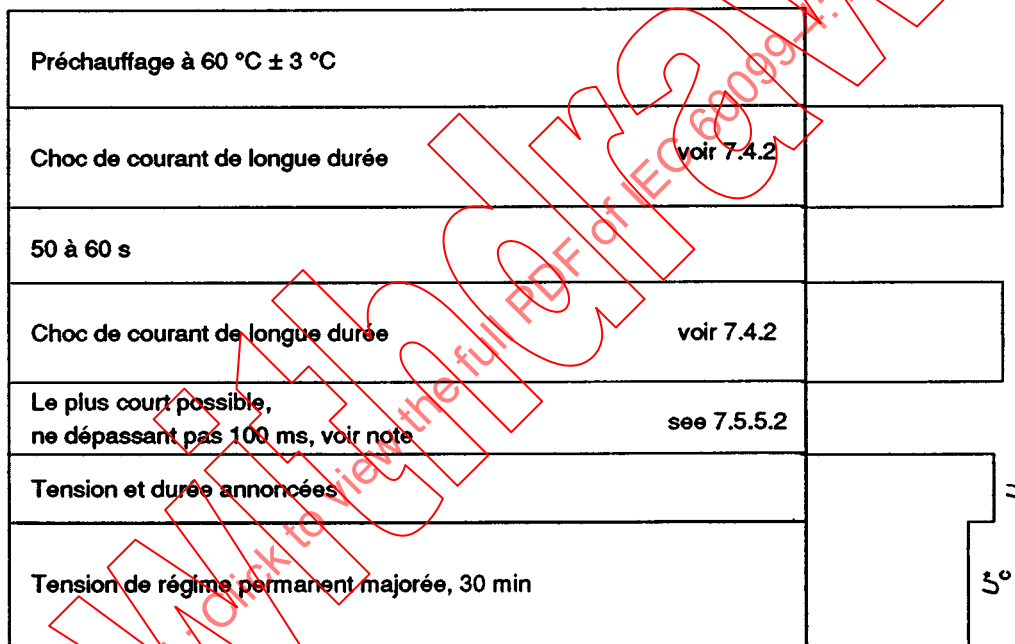


Figure D.3 – Méthode de vérification de la caractéristique de tension à fréquence industrielle en fonction du temps.
Essai des parafoudres 10 000 A, classes de décharge de ligne 2 et 3
et parafoudres 20 000 A, classes de décharge de ligne 4 et 5

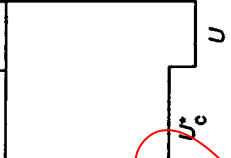
3 high current impulses 40 kA, 30/80, without cooling 50–60 s interval	see 7.5.4.2	
As short as possible, not longer than 100 ms, see note of annex C	see 7.5.4.2	
Declared voltage and duration		
Elevated continuous operating voltage, 30 min		

Figure D.2 – Procedure to verify the power frequency voltage versus time characteristics of an arrester.
Test on 20 000 A High Lightning Duty arresters

Preheat to 60 °C ± 3 °C		
Long duration current impulse	see 7.4.2	
50–60 s		
Long duration current impulse	see 7.4.2	
As short as possible, not longer than 100 ms, see note	see 7.5.5.2	
Declared voltage and duration		
Elevated continuous operating voltage, 30 min		

Figure D.3 – Procedure to verify the power frequency voltage versus time characteristics of an arrester.
Test on 10 000 A arresters, line discharge classes 2 and 3
and 20 000 A arresters, line discharge classes 4 and 5

Annexe E (informative)

Guide pour le choix de la classe de décharge de ligne

Les paramètres des générateurs de chocs à constantes réparties indiqués au tableau 4 ont été spécifiés en vue d'obtenir, pour un rapport donné entre la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre et la tension assignée, des valeurs d'énergie croissantes avec les classes de décharge de ligne. Toutefois, l'énergie créée dans le parafoudre lors de l'essai dépend fortement de la tension résiduelle réelle aux chocs de manoeuvre des varistances en essai. Cette énergie peut être déterminée avec suffisamment d'exactitude à partir de la formule suivante:

$$W = \frac{U_{res}}{U_r} \left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r} \right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \quad (1)$$

U_r tension assignée (valeur efficace)

U_L tension de charge du générateur

W' énergie spécifique égale à l'énergie divisée par la tension assignée

U_{res} tension résiduelle au choc de courant de manoeuvre, voir 7.3.3

Z impédance d'onde de la ligne

T durée conventionnelle de la crête du courant

La relation de dépendance entre l'énergie spécifique et la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre est indiquée à la figure E.1.

Le choix de la classe de décharge de ligne est fait selon la méthode suivante:

- 1 Détermination de l'énergie créée dans le parafoudre à oxyde métallique en service, en tenant compte des éventuels phénomènes provoqués par la foudre et/ou les manoeuvres.
- 2 Détermination de l'énergie spécifique en divisant l'énergie par la valeur efficace de la tension assignée.
- 3 Comparaison de cette valeur d'énergie spécifique à celle obtenue lors de l'essai à l'aide de la formule 1 ou de la figure E.1, et choix de la classe voisine supérieure de décharge de ligne.

Annex E (informative)

Guide to selection of line discharge class

The parameters for the line discharge test in table 4 have been specified to obtain increasing energies with increasing discharge class for arresters having a given ratio of switching impulse residual voltage to rated voltage. The energy generated in the arrester during the test, however, is strongly dependent on the actual switching impulse residual voltage of the tested resistors. This energy can be determined with sufficient accuracy from the following formula:

$$W = \frac{U_{\text{res}}}{U_r} \left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{\text{res}}}{U_r} \right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \quad (1)$$

U_r is the rated voltage (r.m.s. value)

U_L is the charging voltage of the generator

W' is the specific energy equal to the energy divided by the rated voltage

U_{res} is the residual voltage at switching impulse current (see 7.3.3)

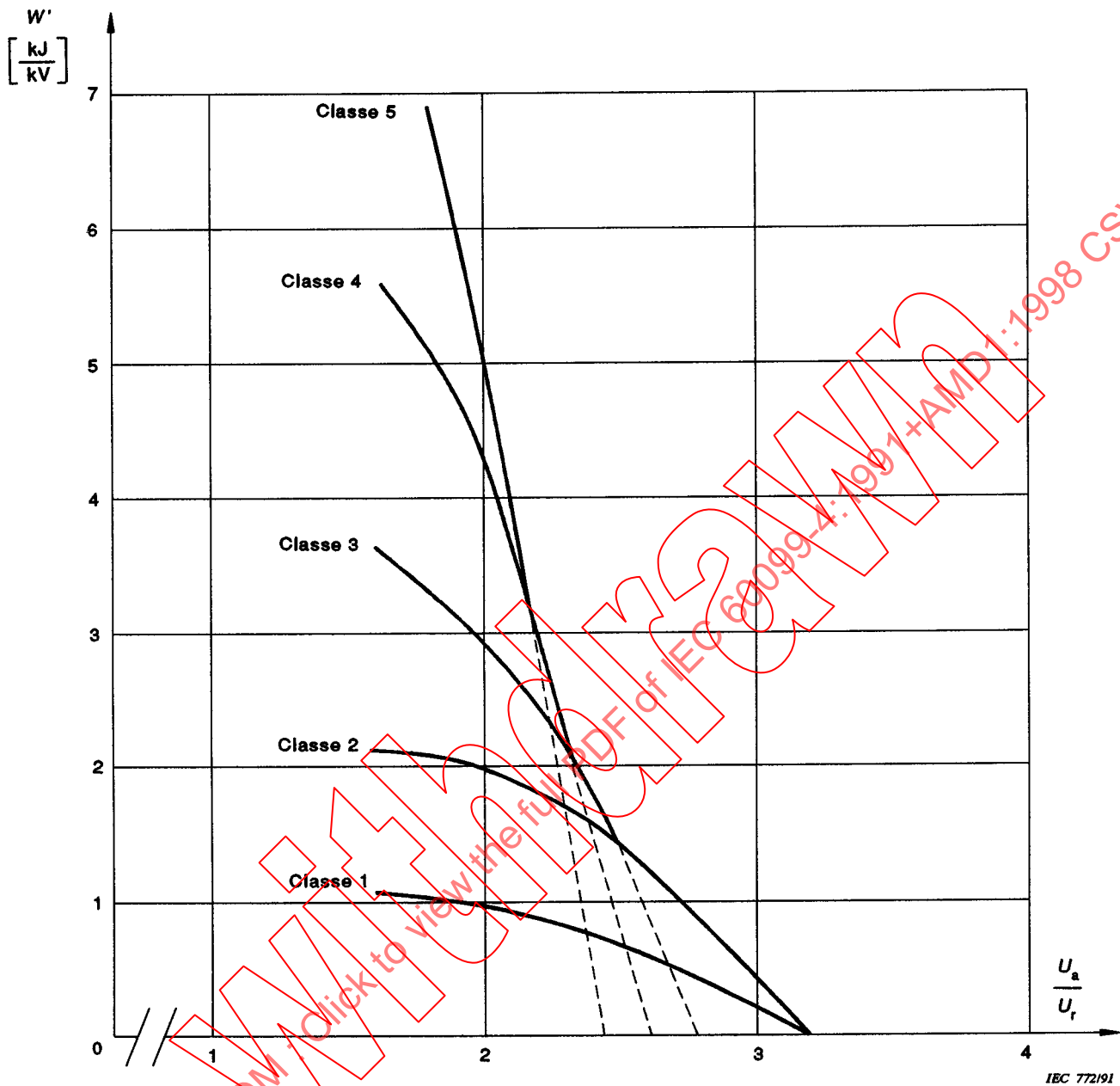
Z is the surge impedance of the line

T is the virtual duration of the current peak

The dependence of the specific energy on the switching impulse residual voltage is shown in figure E.1.

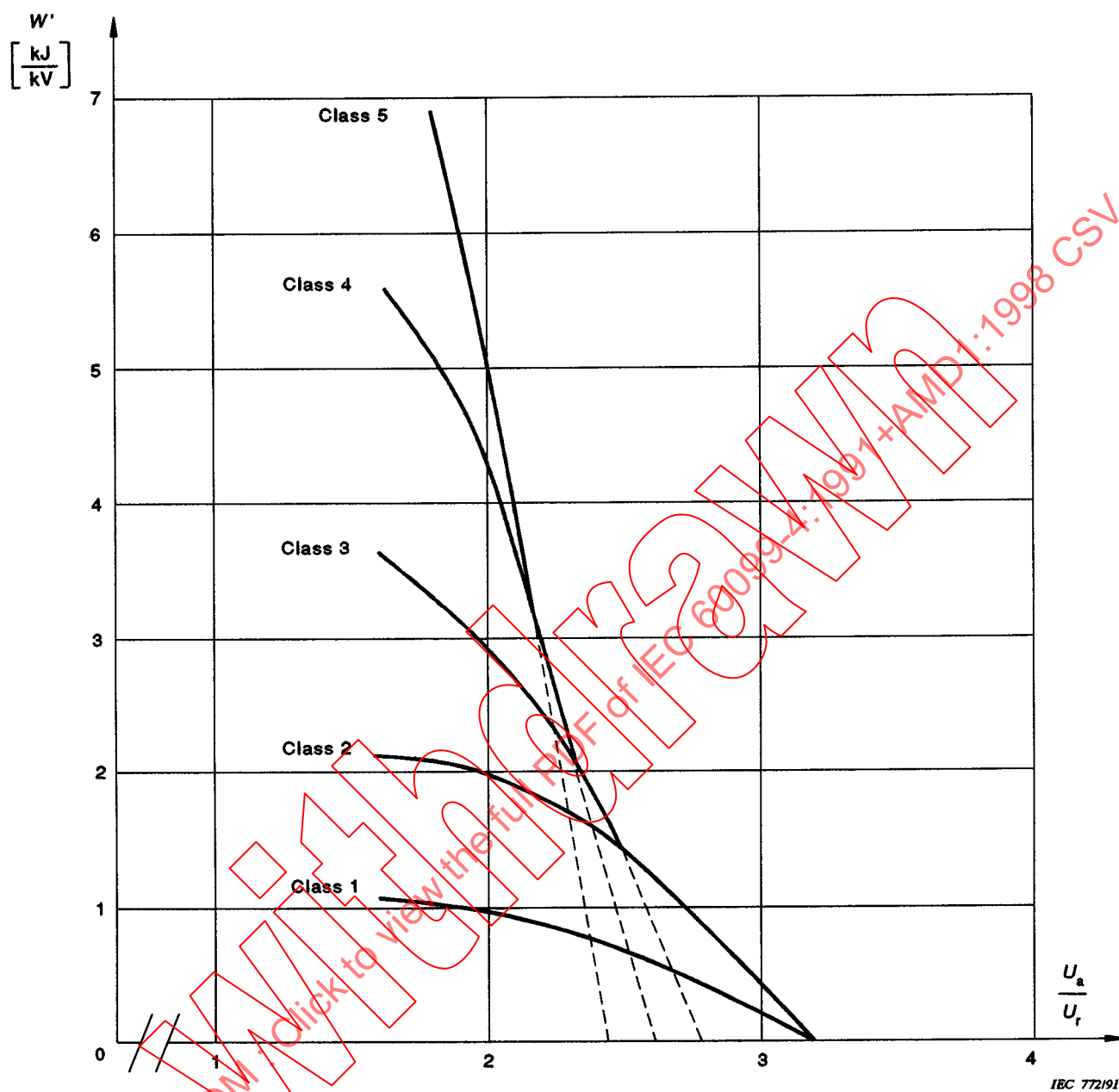
The selection of the line discharge class is done in the following sequence:

- 1 Determine the energy which is generated in the metal-oxide arrester in service, taking into account possible events caused by lightning and/or switching.
- 2 Determine the specific energy by dividing the energy by the r.m.s. value of the rated voltage.
- 3 Compare this specific energy with the specific energy generated in the test using formula 1 or figure E.1 and select the next higher line discharge class.



Paramètre: classe de décharge de ligne.

Figure E.1 – Energie spécifique en kJ par kV de tension assignée en fonction du rapport de la tension résiduelle aux chocs de manoeuvre (U_a) à la valeur efficace de la tension assignée U_r du parafoudre



Parameter: line discharge class.

Figure E.1 – Specific energy in kJ per kV rating dependant on the ratio of switching impulse residual voltage (U_a) to the r.m.s. value of the rated voltage U_r of the arrester

Annexe F (normative)

Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments

F.1 Glossaire

F.1.1 Paramètres mesurés

q_z [C/hm]	Charge externe moyenne s'écoulant à la surface des isolateurs et des enveloppes de parafoudres pendant des épisodes de pollution en service, correspondant à un épisode de pollution de durée déterminée t_z . Ce paramètre est utilisé pour classer la sévérité de pollution d'un site.
t_z [h]	Durée d'un épisode de pollution en service.
Q_e [C]	Charge s'écoulant à la surface des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
Q_i [C]	Charge s'écoulant dans les parties internes des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
ΔT_k [K]	Augmentation de température de l'élément k.
β [K/C]	Rapport entre l'augmentation de température des parties internes du parafoudre et la charge interne mesurée conformément à l'essai préliminaire d'échauffement.
τ [h]	Constante de temps thermique équivalente du parafoudre déterminée pendant l'essai préliminaire d'échauffement.

F.1.2 Paramètres calculés

D_m [m]	Diamètre moyen de l'enveloppe du parafoudre: il est calculé selon la méthode de la CEI 60815.
Q_{tot} [C]	Charge totale du parafoudre: c'est la somme de Q_i et Q_e , et elle est mesurée sur la connexion de terre du parafoudre.
$\Delta T_{z \max}$ [K]	Augmentation théorique maximale de température en service calculée en fonction de β , q_z , t_z , D_m et τ .
WU	Déséquilibre pondéré du parafoudre calculé en fonction des caractéristiques électriques et géométriques de chaque élément du parafoudre. Ce paramètre est utilisé pour sélectionner la configuration la plus critique qui doit être soumise à l'essai de pollution.
K_{ie}	Rapport entre la charge externe maximale et la charge interne maximale s'écoulant dans les éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
ΔT_z [K]	Augmentation prévue de température en service calculée en fonction de β , q_z , t_z , D_m , K_{ie} et τ .
T_{OD} [°C]	Température initiale utilisée pour l'essai de fonctionnement.

Annex F (normative)

Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters

F.1 Glossary

F.1.1 Measured quantities

q_z [C/hm]	Mean external charge flowing on the surface of insulators and surge arrester housings during pollution events in service, relevant to a pollution event lasting a time t_z . This parameter is used for the classification of the pollution severity of a site.
t_z [h]	Duration of a pollution event in service.
Q_e [C]	Charge flowing on the surface of the units of the surge arrester during the pollution test.
Q_i [C]	Charge flowing in the internal parts of the units of the surge arrester during the pollution test.
ΔT_k [K]	Temperature rise relevant to unit k.
β [K/C]	Ratio between the temperature rise of the internal parts of the arrester and the relevant charge flowing internally as determined in the preliminary heating test.
τ [h]	Equivalent thermal time constant of the arrester as determined in the preliminary heating test.

F.1.2 Calculated quantities

D_m [m]	Average diameter of the surge arrester housing: it is calculated according to the method reported in IEC 60815.
Q_{tot} [C]	Total charge relevant to the surge arrester: it is the sum of Q_i and Q_e and it is measured at the earth terminal of the surge arrester.
$\Delta T_{z \max}$ [K]	Maximum theoretical temperature rise in service calculated as a function of β , q_z , t_z , D_m and τ .
WU	Weighted unbalance of the arrester calculated as a function of the electrical and geometrical characteristic of each unit of the surge arrester. This parameter is used to select the most critical design to be submitted to the pollution test.
K_{ie}	Ratio between the maximum external charge and the maximum internal charge flowing in the surge arrester units during the pollution test.
ΔT_z [K]	Expected temperature rise in service calculated as a function of β , q_z , t_z , D_m , K_{ie} and τ .
T_{OD} [°C]	Starting temperature to be used for the operating duty test.

F.2 Généralités

Il convient que la pollution de l'isolation externe d'un parafoudre à oxyde métallique soit considérée en examinant trois effets possibles:

- a) le risque de contournement externe;
- b) des décharges partielles à l'intérieur du parafoudre dues aux champs radiaux entre la surface externe et les éléments actifs internes;
- c) l'augmentation de la température des éléments actifs internes due à une répartition de potentiel non linéaire et transitoire causée par une couche de pollution sur la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Cette procédure d'essai concerne uniquement le troisième effet possible.

Des essais en laboratoire et l'expérience en exploitation ont montré que l'échauffement des éléments actifs internes des parafoudres soumis à de la pollution est lié à la charge absorbée: ce paramètre est considéré comme essentiel pour l'évaluation de la performance sous pollution des parafoudres.

Une classification de la sévérité de sites représentatifs a été établie en considérant la charge moyenne externe s'écoulant à la surface de différents isolateurs et parafoudres.

Les procédures décrites dans cette annexe se réfèrent seulement à des parafoudres à enveloppe porcelaine; il se peut que les procédures applicables aux parafoudres à enveloppe synthétique requièrent plus d'investigations, elles sont actuellement à l'étude.

Cette annexe décrit la procédure pour déterminer le préchauffage à appliquer à l'échantillon en essai avant l'essai de fonctionnement, de façon à prendre en compte l'effet de l'échauffement dû à la pollution; cette procédure est synthétisée dans l'organigramme de la figure F.1. En particulier:

- la sévérité de la pollution de différents sites représentatifs est exprimée par q_z . Les données correspondantes sont reportées dans le tableau F.1;
- les caractéristiques thermiques du parafoudre sont déterminées selon une procédure dérivée de l'annexe B. Cette procédure permet la détermination de la constante de temps thermique équivalente τ et le calcul du paramètre β grâce au critère décrit dans la section 4;
- la connaissance des caractéristiques thermiques du parafoudre et de la sévérité attendue de la pollution du site dans lequel le parafoudre va être installé permet un calcul préliminaire de l'augmentation maximale de température pour les conditions les plus modérées selon lesquelles toute la charge due à l'événement de pollution s'écoulerait par l'intérieur du parafoudre;
- si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C;

F.2 General

Pollution on external insulation of a metal-oxide surge arrester should be considered regarding three possible effects:

- a) risk of external flashover;
- b) partial discharges inside the surge arrester due to radial fields between the external surface and the internal active elements;
- c) temperature rise of the internal active elements due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

This test procedure considers only the third possible effect.

Laboratory tests and service experience have shown that the heating of the internal active parts of the surge arrester under pollution conditions is related to the charge absorbed: this parameter is therefore considered essential in the evaluation of the pollution performance of surge arresters.

A classification of the pollution severity of representative sites has been set up considering the mean external charge flowing on the surface of different insulators and surge arresters.

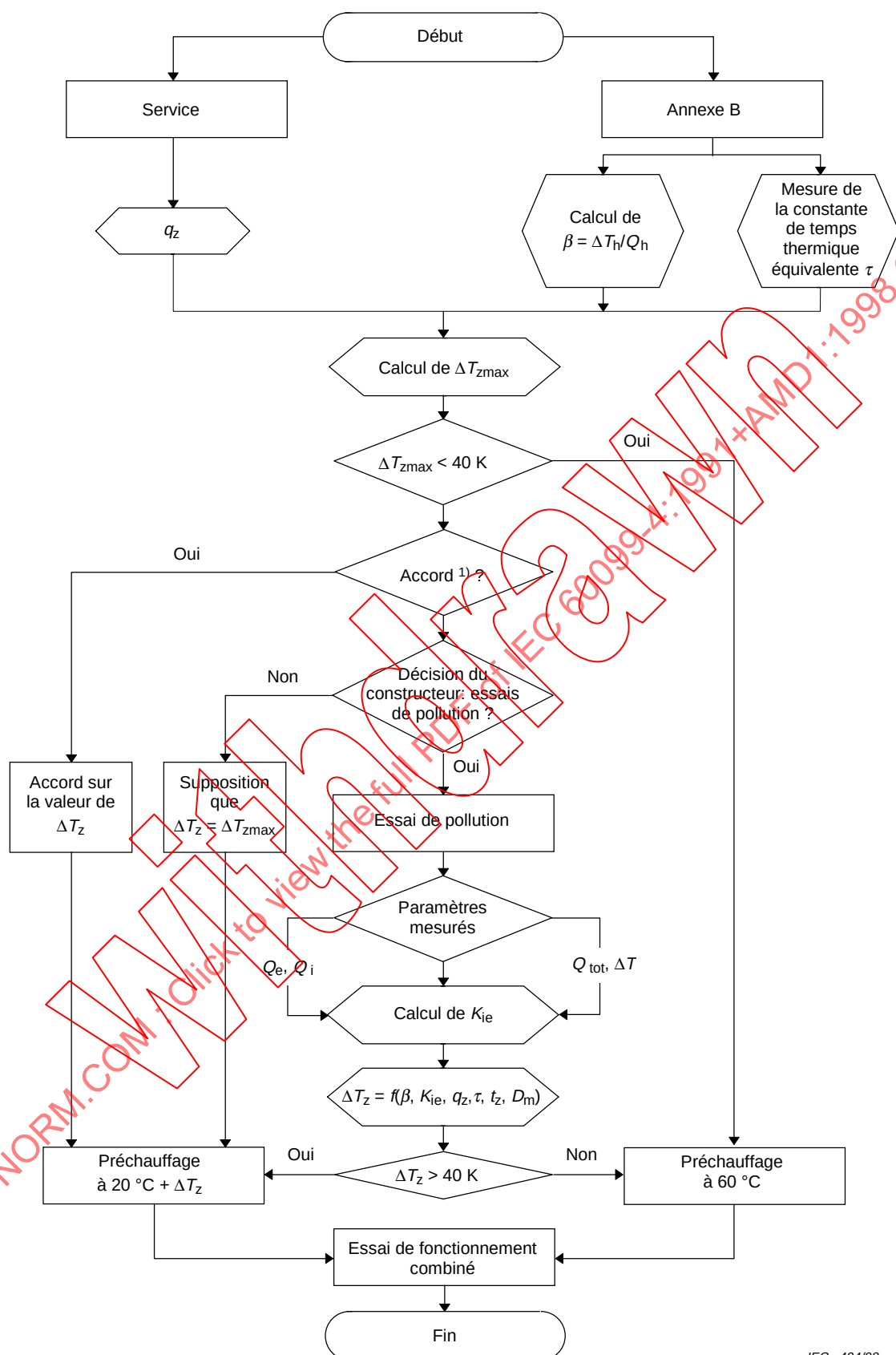
The procedures described in this annex refer only to surge arresters with a porcelain housing; the procedures for polymeric type surge arresters may require further investigation and are presently under consideration.

This annex describes the procedure for the determination of the preheating to be applied to the test sample before the operating duty test, in order to take into account the heating effect of the pollution; this procedure is synthesized in the flow-chart of figure F.1. In particular:

- the pollution severity of different representative sites is expressed in terms of q_z . Relevant data are given in table F.1;
- the thermal characteristics of the surge arrester are determined according to a procedure derived from that of annex B. This procedure allows the determination of the equivalent thermal time constant τ and the calculation of the parameter β by means of the criteria described in section 4;
- the knowledge of the thermal characteristics of the surge arrester and of the expected pollution severity of the site in which the surge arrester is going to be installed allows a preliminary calculation of the maximum temperature rise in the most conservative conditions in which all the charge relevant to the pollution event would flow internally into the surge arrester;
- if the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{z \max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided using as starting temperature for the operating duty test the value $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C;

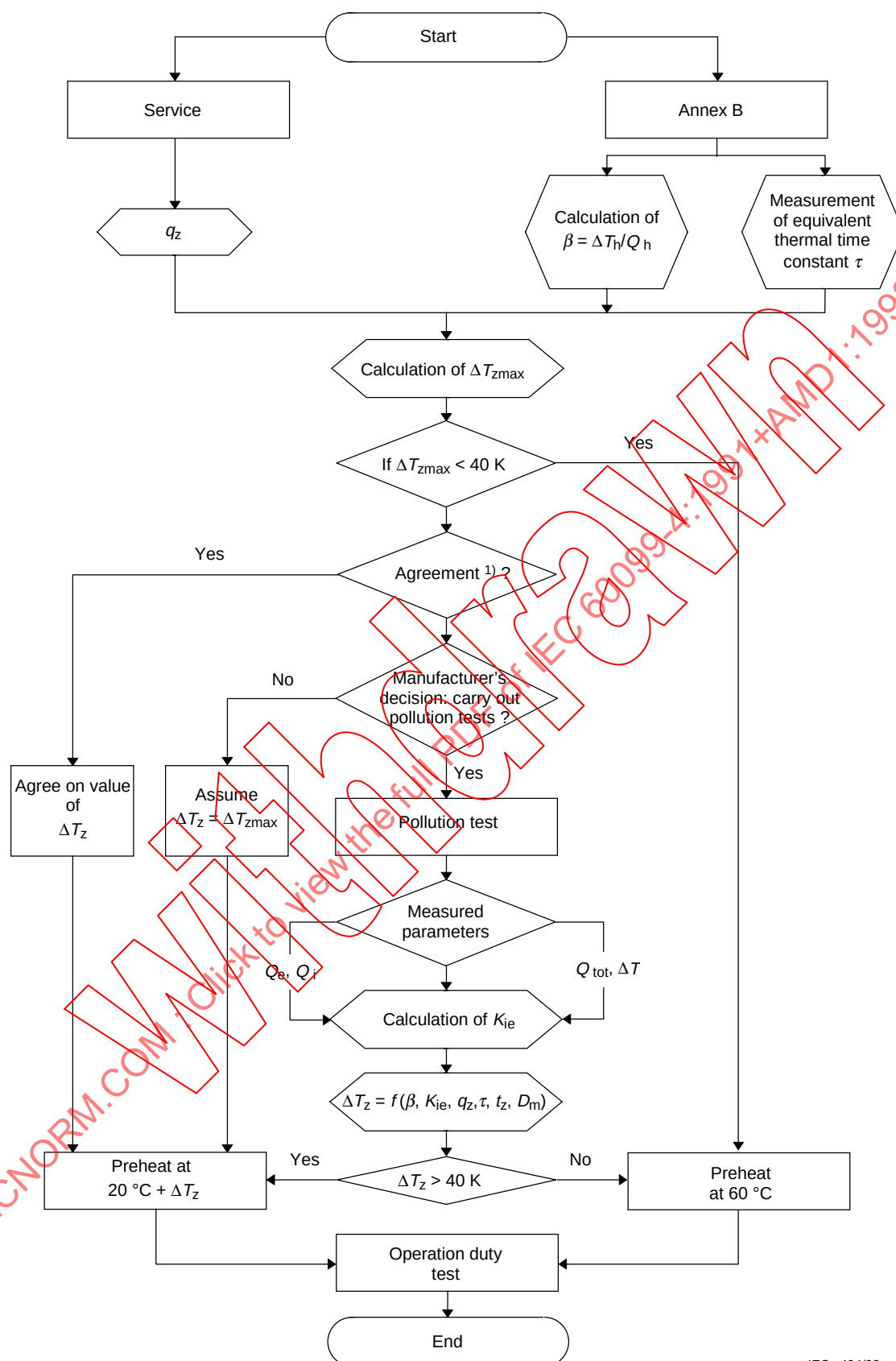
- les essais de pollution en laboratoire, quand ils sont jugés nécessaires, sont effectués sur un parafoudre représentatif d'un certain type et d'une certaine conception. Pendant l'essai de pollution, les charges externe et interne Q_e et Q_i doivent être mesurées pour chaque élément de parafoudre. En alternative, la charge totale Q_{tot} et l'augmentation de température ΔT des parties internes peuvent être mesurées. Une analyse statistique des résultats d'essai est nécessaire pour prendre en compte le comportement stochastique de l'échauffement du parafoudre dans des conditions de pollution. L'élaboration des résultats d'essai, décrite en détail dans les articles suivants, donne le facteur K_{ie} qui exprime la propension de la charge à s'écouler par l'intérieur et donc à échauffer les éléments actifs. Ce facteur est une valeur caractéristique d'un type et d'une conception de parafoudre;
- l'augmentation attendue de température en service ΔT_z est calculée en fonction de q_z , K_{ie} , D_m , t_z , β et τ ;
- la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement est calculée sur la base du critère suivant:
 - si ΔT_z est supérieure à 40 K, $T_{OD} = 20\text{ °C} + \Delta T_z$;
 - si ΔT_z est inférieure ou égale à 40 K, $T_{OD} = 60\text{ °C}$;
- l'essai de fonctionnement est réalisé selon la procédure décrite en 7.5 avec une température initiale égale à T_{OD} .

- laboratory pollution tests, when deemed necessary, are carried out on a surge arrester representative of a certain type and design. During the pollution test, the external and internal charges Q_e and Q_i shall be measured for each surge arrester unit. Alternatively, the total charge Q_{tot} and the temperature rise ΔT of the internal parts may be measured. A statistical analysis of the test results is necessary to take into account the stochastic behaviour of the surge arrester heating under pollution conditions. The elaboration of the test results, described in detail in the following clauses, gives the factor K_{ie} which expresses the tendency of the charge to flow internally and therefore to heat the active parts. This factor is a characteristic value for a given surge arrester type and design;
- the expected temperature rise ΔT_z in service is calculated as a function of q_z , K_{ie} , D_m , t_z , β and τ ;
- the starting temperature T_{OD} of the operating duty test is calculated on the basis of the following criteria:
 - if ΔT_z is greater than 40 K, $T_{OD} = 20\text{ °C} + \Delta T_z$;
 - if ΔT_z is lower than or equal to 40 K, $T_{OD} = 60\text{ °C}$;
- the operating duty test is performed according to the procedure described in 7.5 with a starting temperature equal to T_{OD} .



¹⁾ Accord entre le constructeur et l'utilisateur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques)

Figure F.1 – Organigramme démontrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon en essai



IEC 494/98

¹⁾ Agreement between user and manufacturer (for example based on service experience in specified environment)

Figure F.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample

F.3 Classification de la sévérité du site

La classification de la sévérité d'un site est effectuée sur la base de la charge externe moyenne prévue q_z , elle-même basée sur des mesures effectuées dans des sites représentatifs de différentes sévérités de pollution.

En considérant que la charge s'écoulant à la surface d'un isolateur est proportionnelle à son diamètre, la valeur de q_z est normalisée à un diamètre équivalent de 1 m.

Les durées de l'épisode de pollution (t_z) sont déterminées comme suit:

- épisode de pollution de durée moyenne de forte intensité: 2 h;
- épisode de pollution de longue durée: 6 h.

La valeur de q_z à considérer dans les calculs est celle qui correspond à la situation la plus sévère (2 h ou 6 h), d'après l'équation (2), pour le niveau de pollution du site d'installation du parafoudre.

Les valeurs de q_z pour les différentes zones de pollution sont reportées dans le tableau F.1:

Tableau F.1 – Charge moyenne externe pour différentes sévérités de la pollution

Niveau de pollution (zone*)	Ligne de fuite spécifique minimale mm/kV	q_z : Charge moyenne externe C/h.m	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
I - Faible	16	0,5	0,24
II - Moyen	20	3,3	2,4
III - Fort	25	24,0	14,0
IV - Très fort	31	55,0	36,0
* Les niveaux de pollution (zones) correspondent à la définition des niveaux de pollution donnés dans le tableau 1 de la CEI 60815.			
NOTE – Les valeurs de q_z ont été obtenues en utilisant une valeur de seuil de 2 mA (voir F.6.3.1).			

F.4 Essai préliminaire d'échauffement: mesure de la constante de temps thermique τ et calcul de β

Une procédure semblable à celle décrite dans l'annexe B, s'appliquant au parafoudre complet, doit être utilisée, mais avec les restrictions suivantes:

- le temps de chauffage t_h doit être inférieur à 10 min;
- la charge Q_h appliquée au parafoudre pendant l'échauffement doit être mesurée;
- τ est le temps déduit de la courbe de refroidissement du parafoudre entre les températures de 60 °C et $22 + 0,63 T_a$, où T_a est la température ambiante en degrés Celsius.

Le paramètre β doit être calculé selon la formule suivante:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \quad (1)$$

où

ΔT_h est l'augmentation de température pendant l'essai d'échauffement;

Q_h est la charge appliquée pendant l'essai d'échauffement.

NOTE – Après l'essai d'échauffement, on doit vérifier que le temps de chauffage t_h est inférieur à $0,1 \times \tau$, sinon l'essai d'échauffement doit être répété avec un temps t_h plus court.

F.3 Classification of site severity

The classification of the pollution severity of a site is made on the basis of the expected mean external charge q_z , based on measurements carried out in sites representative of different pollution severities.

Considering that the charge flowing on the surface of an insulator is proportional to its diameter, the value of q_z is normalized to an equivalent diameter of 1 m.

The duration of pollution phenomena (t_z) are assumed as follows:

- pollution event of medium duration with high intensity: 2 h;
- pollution event of long duration: 6 h.

The value of q_z to be considered in the subsequent calculations is that one corresponding to the most severe situation (2 h or 6 h), according to equation (2), for the pollution level relevant to the site of installation of the surge arrester.

The values of q_z for the different pollution zones are given in table F.1:

Table F.1 – Mean external charge for different pollution severities

Pollution level (zone*)	Minimum specific creepage distance mm/kV	q_z : mean external charge C/h·m	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
I - Light	16	0,5	0,24
II - Medium	20	3,3	2,4
III - Heavy	25	24,0	14,0
IV - Very heavy	31	55,0	36,0

* Pollution levels (zones) correspond to the definition of pollution levels given in table 1 of IEC 60815.
NOTE – The q_z values were obtained using a threshold value of 2 mA (see F.6.3.1).

F.4 Preliminary heating test: measurement of the thermal time constant τ and calculation of β

A procedure similar to that specified in annex B, relevant to the complete arrester, shall be used, but with the following exceptions:

- the heating time (t_h) shall be shorter than 10 min;
- the charge Q_h applied to the surge arrester during the heating shall be measured;
- τ is the time derived from the cooling curve of the arrester between the temperatures of 60 °C and $22 + 0,63 T_a$, where T_a is the ambient temperature in degrees Celsius.

The parameter β shall be calculated according to the following equation:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \quad (1)$$

where

ΔT_h is the temperature rise during the heating test;

Q_h is the charge applied during the heating test.

NOTE – After the heating test, it shall be verified that the heating time (t_h) is shorter than $0,1 \times \tau$, otherwise the heating test shall be repeated with a shorter t_h .

F.5 Vérification de la nécessité de réaliser les essais de pollution

De façon à vérifier le besoin réel de réaliser l'essai de pollution, un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température en service ($\Delta T_{z \max}$) doit être effectué. Ce calcul suppose que toute la charge attendue en service (q_z) s'écoule à l'intérieur. C'est une situation théorique extrême. Dans ce contexte, $\Delta T_{z \max}$ peut être calculée comme suit:

$$\Delta T_{z \max} = \beta q_z D_m \tau \left(1 - e^{\left(-\frac{t_z}{\tau} \right)} \right) \left(\frac{U_r - U_{r \min}}{U_r} \right) \quad (2)$$

où

U_r est la tension assignée du parafoudre;

$U_{r \min}$ est la tension assignée minimale des éléments.

Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C.

F.6 Exigences générales pour l'essai de pollution

F.6.1 Echantillon en essai

L'échantillon en essai doit être représentatif de la conception la plus critique correspondant à un certain type de parafoudre.

Les caractéristiques de l'échantillon en essai doivent être retenues de façon à respecter les critères du tableau F.2.

Tableau F.2 – Caractéristiques de l'échantillon utilisé lors de l'essai de pollution

Paramètre	Critères de sélection (caractéristique de l'échantillon en essai en rapport avec son type de conception)
U_c/U_R	Maximum
Déséquilibre pondéré (WU)*	Maximum
Ligne de fuite spécifique [mm/kV]	Minimum
Section des varistances	Minimum
Diamètre équivalent de la porcelaine	Maximum

* Le déséquilibre pondéré (WU) doit être calculé comme suit:

$$WU = \max. \left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right) \quad (3)$$

où

U_r est la tension assignée du parafoudre;

U_{rk} est la tension assignée de l'élément k;

CD est la ligne de fuite du parafoudre;

CD_k est la ligne de fuite de l'unité k;

n est le nombre d'éléments du parafoudre;

$k = 1, 2, \dots, n$.

F.5 Verification of the need to perform the pollution tests

In order to check the effective need to carry out the pollution test, a preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise in service ($\Delta T_{Z \max}$) shall be carried out. This calculation assumes that all the charge expected in service (q_z) flows internally. In this hypothesis, $\Delta T_{Z \max}$ can be derived as follows:

$$\Delta T_{Z \max} = \beta q_z D_m \tau \left(1 - e^{-\frac{t_z}{\tau}} \right) \left(\frac{U_r - U_{r \min}}{U_r} \right) \quad (2)$$

where

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

$U_{r \min}$ is the minimum rated voltage among the surge arrester units.

If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{Z \max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{Z \max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments) the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{Z \max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided by using as starting temperature for the operating duty test the value $(20 + \Delta T_{Z \max})$ °C.

F.6 General requirements for the pollution test

F.6.1 Test sample

The test sample shall be representative of the most critical design relevant to a certain arrester type.

The characteristics of the test sample shall be selected according to the criteria given in table F.2.

Table F.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test

Parameter	Selection criteria (characteristic of the sample to be tested with respect to the relevant design type)
U_C/U_R	Maximum
Weighted unbalance (WU) *	Maximum
Specific creepage distance [mm/kV]	Minimum
Block cross-sectional area	Minimum
Equivalent porcelain diameter	Maximum

* The weighted unbalance (WU) shall be derived as follows:

$$WU = \max. \left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right) \quad (3)$$

where

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

U_{rk} is the rated voltage of the unit k;

CD is the creepage distance of the surge arrester;

CD_k is the creepage distance of the unit k;

n is the number of units of the surge arrester;

$k = 1, 2 \dots n$.

F.6.2 Installations d'essais

Les installations d'essais doivent remplir les exigences du paragraphe 6.2 de la CEI 60507.

F.6.3 Instrumentation et procédures de mesure

F.6.3.1 Mesure de la charge

Un équipement adapté doit être utilisé pour la mesure de la charge.

Pour la mesure de la charge interne, seule la composante résistive du courant doit être considérée: l'influence de la composante capacitive sur la mesure de la charge doit donc être éliminée. Des exemples de méthodes pour éliminer l'influence du courant capacitif sont la soustraction des formes d'ondes ou l'intégration au-dessus d'un seuil (par exemple 2 mA, voir le tableau F.1).

Les exigences minimales pour l'appareil de mesure sont décrites dans le tableau F.3a.

Tableau F.3a – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la charge

Caractéristique	Exigence
Gamme minimale d'intégration de courant	0 mA à 500 mA
Résolution minimale en courant	0,2 mA
Bande passante analogique minimale	0 Hz à 2 000 Hz
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 000 Hz
Durée maximale de rafraîchissement de la charge	1 min
Charge capacitive résiduelle maximale pendant la durée de rafraîchissement	±10 % de la charge totale pendant la durée de rafraîchissement
Incertitude globale maximale de mesure	±10 %

Dans le cas des parafoudres à deux éléments, les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions à la fois côté tension et côté terre.

Dans le cas de parafoudres constitués de plus de deux unités, la procédure de mesure suivante doit être adoptée.

- les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions du parafoudre à la fois côté tension et côté terre;
- seule la charge externe doit être mesurée pour les unités intermédiaires;
- la charge interne est évaluée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \quad (4)$$

où:

Q_i est la charge interne de l'unité intermédiaire;

Q_{iT} est la charge interne de l'unité supérieure;

Q_{iB} est la charge interne de l'unité inférieure;

Q_e est la charge externe de l'unité intermédiaire;

Q_{eT} est la charge externe de l'unité supérieure;

Q_{eB} est la charge externe de l'unité inférieure.

F.6.2 Testing plant

The testing plant shall fulfil the requirements of 6.2 of IEC 60507.

F.6.3 Measuring devices and measuring procedures

F.6.3.1 Measurement of the charge

A suitable device for the measurement of the charge shall be used.

For the measurement of the internal charge, only the resistive component of the current shall be considered: the effect of the capacitive current on the charge measurement shall be eliminated. Examples of methods for eliminating the effect of the capacitive current are the waveform subtraction method or the integration upon exceeding a threshold limit (for example 2 mA, see table F.1).

The minimum requirements for the measuring device are given in table F.3a.

Table F.3a – Requirements for the device used for the measurement of the charge

Characteristic	Requirement
Minimum current integration range	0 mA to 500 mA
Minimum current resolution	0,2 mA
Minimum analogue bandwidth	0 Hz to 2 000 Hz
Minimum sampling frequency	1 000 Hz
Maximum updating period of the charge	1 min
Maximum residual capacitive charge in the updating period	±10 % of the total charge in the updating period
Maximum overall measurement uncertainty	±10 %

In the case of two-unit surge arresters, the internal and external charges shall be measured both on the line and earth terminals.

In the case of surge arresters composed of more than two units, the following measuring procedure shall be adopted:

- the internal and external charges shall be measured on the line and earth terminals of the surge arrester;
- only the external charge shall be measured for intermediate units;
- the internal charge is evaluated by means of the following equation:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \quad (4)$$

where

- Q_i is the internal charge of the intermediate unit;
- Q_{iT} is the internal charge of the top unit;
- Q_{iB} is the internal charge of the bottom unit;
- Q_e is the external charge of the intermediate unit;
- Q_{eT} is the external charge of the top unit;
- Q_{eB} is the external charge of the bottom unit.

F.6.3.2 Mesure de la température

La température des parties internes du parafoudre peut être mesurée à la place de la charge interne.

Dans ce cas, la mesure de la température doit être effectuée avec des capteurs disposés dans au moins trois points répartis dans chaque élément. La distance entre les capteurs doit être $h/(n + 1)$ où h est la hauteur de l'élément et n le nombre de capteurs utilisés.

Les exigences minimales pour les appareils sont décrites dans le tableau F.3b.

Tableau F.3b – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la température

Caractéristique	Exigence
Plage de la température de mesure	20 °C à 200 °C
Incertitude absolue de mesure	±1 K
Résolution	≤0,4 K
Constante de temps thermique maximale	1 min
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 min ⁻¹
NOTE – Les échauffements mesurés lors de ces essais sont généralement inférieurs à 100 K.	

Dans le cas d'une mesure de la température interne, la charge Q_{tot} doit être mesurée seulement sur la connexion du parafoudre côté terre.

F.6.4 Préparation de l'essai

F.6.4.1 Nettoyage de l'échantillon en essai

L'enveloppe du parafoudre doit être soigneusement nettoyée de façon que toute trace de poussière ou de graisse soit enlevée.

Après le nettoyage, les éléments de l'isolation du parafoudre ne doivent pas être touchés à la main.

De l'eau, de préférence chauffée à 50 °C, additionnée de phosphate de soude ou d'un détergent équivalent, doit être utilisée, après quoi l'enveloppe isolante doit être bien rincée avec de l'eau du robinet.

La surface de l'enveloppe isolante est supposée être suffisamment propre et débarrassée de toute graisse si de larges zones humides sont observées.

F.6.4.2 Installation de l'échantillon

Le parafoudre doit être essayé complètement assemblé comme il est prévu de l'utiliser en service. Les appareils utilisés pour la mesure de la charge et de la température ne doivent pas avoir d'influence significative sur le comportement du parafoudre en essai.

F.6.3.2 Measurement of the temperature

The temperature of the internal parts of the arrester may be measured instead of the internal charge.

In this case the measurement of the temperature shall be performed by means of sensors positioned in at least three evenly distributed positions along each unit. The distance between the sensors shall be $h/(n+1)$ where h is the height of the unit and n the number of sensors used.

The minimum requirements for the devices are given in table F.3b.

Table F.3b – Requirements for the device used for the measurement of the temperature

Characteristic	Requirement
Temperature measuring range	20 °C to 200 °C
Absolute measuring uncertainty	± 1 K
Resolution	$\leq 0,4$ K
Maximum thermal time constant	1 min
Minimum sampling rate	1 min^{-1}
NOTE – Typical temperature rises in the test are below 100 K.	

In the case of internal temperature measurement, the charge Q_{tot} shall be measured only at the earth terminal of the surge arrester.

F.6.4 Test preparation

F.6.4.1 Cleaning of the test sample

The surge arrester housing shall be carefully cleaned so that all traces of dirt and grease are removed.

After cleaning the insulating parts of the surge arrester shall not be touched by hand.

Water, preferably heated to 50 °C, with the addition of trisodium phosphate or equivalent detergent, shall be used, after which the insulator shall be thoroughly rinsed with tap water.

The surface of the insulator is deemed sufficiently clean and free from any grease if large continuous wet areas are observed.

F.6.4.2 Installation of the sample

The arrester shall be tested completely assembled as it is intended to be used in service. The devices used for the measurement of the charge and of the temperature shall not have any significant influence on the behaviour of the surge arrester under test.

F.7 Procédures d'essai

Une des deux procédures d'essai décrite en F.7.1 et F.7.2 peut être utilisée.

F.7.1 Méthode de pollution boueuse

F.7.1.1 Généralités

F.7.1.1.1 Préparation du polluant

Le polluant doit être stocké dans un récipient tel qu'il puisse être fermement agité juste avant son application. Le polluant doit consister en un mélange

- d'eau;
- de bentonite, 5 g/litre d'eau;
- d'un détergent non dilué et non ionisé composé d'un ether-glycol-polyéthylène-phénol-nonyl ou d'autres esters à longue chaîne non ionisés comparables, 1 g/litre d'eau;
- de chlorure de sodium.

La résistivité volumique du mélange doit être ajustée par addition de chlorure de sodium dans une fourchette de 400 Ωcm à 500 Ωcm .

La résistivité volumique doit être mesurée à une température de 20 °C. Si la température du mélange au moment de la mesure est différente de 20 °C, une correction de température doit être effectuée.

F.7.1.1.2 Conditions d'ambiance

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C.

F.7.1.2 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée selon la procédure spécifiée en 6.2.

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min;
- b) trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_c (voir note 2 de F.7.1.3) pendant 10 min;
- c) le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter;
- d) les étapes a), b) et c) doivent être répétées trois fois.

A la fin du preconditionnement, le parafoudre doit être laissé se refroidir à la température ambiante.

Pour vérifier qu'aucun dommage n'ait affecté le parafoudre pendant le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le preconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être indiquées par le constructeur.

L'essai doit démarrer aussi vite que possible après la fin du preconditionnement.

F.7 Test procedures

One of the two test procedures described in F.7.1 and F.7.2 may be used.

F.7.1 Slurry method

F.7.1.1 General

F.7.1.1.1 Contaminant preparation

The contaminant shall be stored in a container so that it can be thoroughly agitated just prior to application. The contaminant shall consist of a slurry of

- water;
- bentonite, 5 g per litre of water;
- an undiluted non-ionic detergent consisting of nonyl-phenol polyethylene-glycol ether, or other comparable long-chain non-ionic ether; 1 g per litre of water;
- sodium chloride.

The volume resistivity of the slurry shall be adjusted by addition of sodium chloride to range between 400 Ωcm and 500 Ωcm .

Volume resistivity shall be measured at a temperature of 20 °C. If during the measurement of the volume resistivity, the temperature of the slurry is different from 20 °C, a calculation for temperature correction shall be made.

F.7.1.1.2 Ambient conditions

At the start of the test, the surge arrester shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. The ambient temperature shall not be less than 5 °C nor greater than 40 °C.

F.7.1.2 Preconditioning of the surge arrester surface

Before starting the preconditioning, the reference voltage of the surge arrester shall be determined, according to the procedure specified in 6.2.

The following steps shall be applied:

- a) with the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min;
- b) three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2 of F.7.1.3) for 10 min;
- c) the arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip-dry.
- d) steps a), b) and c) shall be repeated three times.

At the end of the preconditioning process, the surge arrester shall be left to cool at ambient temperature.

In order to verify that no damage has occurred to the surge arrester during the preconditioning process, the reference voltage of the surge arrester shall be measured and compared with the measurement performed before the preconditioning. Acceptable limits of variation of the reference voltage shall be specified by the manufacturer.

The test shall start as soon as possible after completion of the preconditioning process.

F.7.1.3 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min;
- b) trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_c (voir note 2) pendant 10 min; la mesure de la charge doit débuter au moment de l'application de la tension;
- c) le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter. Avant de passer à l'essai suivant, les éléments internes du parafoudre doivent refroidir jusqu'à une température proche de ± 2 K de la moyenne ambiante. Si la température des parties internes n'est pas mesurée, une durée minimale de 27 doit séparer deux essais consécutifs pour s'assurer que le parafoudre s'est refroidi à une température proche de l'ambiante. N'importe quel moyen pour refroidir les parafoudres à une température proche de l'ambiante, accepté par le constructeur, est permis. Plusieurs parafoudres peuvent être essayés en parallèle de façon à réduire le temps d'attente;
- d) les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois;
- e) l'augmentation de température prévue ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8;
- f) si la valeur de ΔT_z est inférieure à 40 K, aucun autre essai de pollution n'est nécessaire, et la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C; Dans le cas où la valeur de ΔT_z est supérieure ou égale à 40 K, les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois supplémentaires et l'augmentation prévue de température ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8.

NOTE 1 – Le lavage après chaque cycle est utilisé pour éliminer toute influence des cycles d'essai précédents et, de ce fait, améliorer l'indépendance statistique entre les cycles d'essais.

NOTE 2 – Dans les cas où la tension de service permanent, pour d'autres raisons, a été choisie très supérieure à la tension phase-terre du système, l'essai peut être réalisé à la tension phase-terre après accord entre le client et le constructeur.

F.7.2 Méthode du brouillard salin

F.7.2.1 Généralités

F.7.2.1.1 Préparation du polluant

La solution salée doit être préparée selon l'article 7 de la CEI 60507: la solution salée doit être constituée de chlorure de sodium (NaCl) de pureté commerciale et d'eau du robinet.

La salinité utilisée doit être deux niveaux en dessous de la salinité tenue du parafoudre. Les tolérances sur la valeur de la salinité doivent être conformes à l'article 7 de la CEI 60507. La mesure de la salinité doit être effectuée en mesurant la conductivité avec une correction de température en accord avec la CEI 60507.

F.7.2.1.2 Système de pulvérisation

Le système de production du brouillard salin doit être en accord avec les spécifications de l'article 8 de la CEI 60507.

F.7.1.3 Test procedure

The following steps shall be applied:

- a) with the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min;
- b) three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2) for 10 min; the charge measurement shall start at the moment of voltage application;
- c) the arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip dry. Before starting the next test the internal parts of the arrester shall be left to cool to maximum ± 2 K from the average ambient temperature. If the temperature of the internal parts is not measured, a minimum time of 2τ shall be interposed between two subsequent tests in order to ensure that the surge arrester has cooled close to ambient temperature. Any means to cool the arresters to near ambient temperature, which are accepted by the manufacturer, are permitted. Several arresters may be tested in parallel in order to reduce the waiting time;
- d) steps a), b) and c) shall be repeated five times;
- e) the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8;
- f) if the value of ΔT_z is lower than 40 K, no further pollution test is required and the starting temperature T_{OD} of the operating duty test shall be 60 °C. If the value of ΔT_z is higher than or equal to 40 K, steps a), b) and c) shall be repeated five more times and the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8.

NOTE 1 – The washing after each cycle is used to remove any influence from previous test cycles and thus improve the statistical independence between test cycles

NOTE 2 – In cases in which the continuous operating voltage out of other reasons has been selected much higher than the phase-to-earth operating voltage of the system, the test may be carried out at the phase-to-earth voltage by agreement between manufacturer and purchaser.

F.7.2 Salt fog method

F.7.2.1 General

F.7.2.1.1 Contaminant preparation

The salt solution shall be prepared in accordance with clause 7 of IEC 60507: the salt solution shall be made of sodium chloride (NaCl) of commercial purity and tap water.

The salinity used shall be two steps below the specified withstand salinity of the surge arrester. Tolerances on the value of the salinity shall be in accordance with clause 7 of IEC 60507. The measurement of the salinity shall be made by measuring the conductivity with a correction of temperature in line with the indications of IEC 60507.

F.7.2.1.2 Spraying system

The system for the production of the salt fog shall be in accordance with the specifications of clause 8 in IEC 60507.

F.7.2.1.3 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée, conformément à la procédure spécifiée en 6.2.

Le preconditionnement doit être effectué sur un seul élément du parafoudre à la fois. Si le preconditionnement est effectué sur les éléments assemblés du parafoudre, les autres éléments sont donc court-circuités avec un fil externe, et ne sont pas sous tension.

L'élément doit être mis sous sa tension U_c et soumis au brouillard salin pendant 20 min ou jusqu'à un contournement.

Si aucun contournement ne se produit, la tension est augmentée jusqu'à la tension assignée de l'élément du parafoudre pendant 5 s ou jusqu'à contournement et est alors abaissée de nouveau à la valeur U_c pendant 5 min. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que huit contournements soient obtenus.

De façon à obtenir les huit contournements sans un nombre excessivement important de cycles d'augmentation de la tension, le preconditionnement doit être effectué à une valeur de salinité de préférence plus élevée que la tenue maximale attendue de l'unité.

En accord entre le client et le constructeur, le preconditionnement peut également être réalisé sur l'enveloppe du parafoudre sans les parties internes.

Après le preconditionnement de chaque élément, le brouillard doit se dissiper et le parafoudre doit être nettoyé avec de l'eau du robinet.

A la fin de la procédure de preconditionnement, le parafoudre doit se refroidir à la température ambiante.

De façon à vérifier que le parafoudre n'a subi aucun dommage pendant la procédure de preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le preconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être spécifiées par le constructeur.

L'essai de brouillard salin doit démarrer aussi vite que possible après la fin de la procédure de preconditionnement.

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C et l'écart avec la température de la solution aqueuse ne doit pas dépasser 15 K.

F.7.2.2 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- le parafoudre doit être uniformément rincé avec de l'eau du robinet. La tension d'essai U_c (voir note 2) doit être appliquée pendant que le parafoudre est encore entièrement humide;
- le parafoudre doit être placé sous la tension d'essai spécifiée et la pompe de la solution saline ainsi que le compresseur d'air doivent être mis en route. L'essai est supposé avoir débuté aussitôt que l'air comprimé a atteint la pression normale de service aux gicleurs. Cet instant de début s'applique aussi pour le système de mesure de la charge;
- la production de brouillard doit être stoppée après 15 min et le parafoudre doit être maintenu sous tension pendant 15 min de plus;