

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
99-1**

Troisième édition  
Third edition  
1991-05

---

---

**Parafoudres**

**Partie 1:**

Parafoudres à résistance variable avec  
éclateurs pour réseaux à courant alternatif

**Surge arresters**

**Part 1:**

Non-linear resistor type gapped surge arresters  
for a.c. systems



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 99-1: 1991

## 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 auprès du Bureau Central 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:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**  
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

## 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 from the IEC Central Office.

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 Bulletin**
- **IEC Yearbook**  
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
99-1**

Troisième édition  
Third edition  
1991-05

---

---

**Parafoudres**

**Partie 1:**

Parafoudres à résistance variable avec  
éclateurs pour réseaux à courant alternatif

**Surge arresters**

**Part 1:**

Non-linear resistor type gapped surge arresters  
for a.c. systems

© CEI 1991 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 pro-  
cédé, 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

X

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	10
INTRODUCTION .....	12
Articles	
SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application .....	14
1.2 Références normatives .....	14
SECTION 2: DÉFINITIONS	
2.1 Parafoudre .....	14
2.2 Parafoudre à résistance variable avec éclateurs .....	16
2.3 Eclateur série d'un parafoudre .....	16
2.4 Résistance série variable (non linéaire) d'un parafoudre .....	16
2.5 Fraction de parafoudre .....	16
2.6 Élément de parafoudre .....	16
2.7 Limiteur de pression d'un parafoudre .....	16
2.8 Tension assignée d'un parafoudre .....	16
2.9 Fréquence assignée d'un parafoudre .....	16
2.10 Décharge disruptive .....	16
2.11 Perforation .....	16
2.12 Contournement .....	16
2.13 Amorçage d'un parafoudre .....	16
2.14 Choc .....	18
2.15 Choc rectangulaire .....	18
2.16 Valeur de crête d'un choc .....	18
2.17 Front d'un choc .....	18
2.18 Queue d'un choc .....	18
2.19 Choc de tension plein .....	18
2.20 Choc de tension coupé .....	18
2.21 Valeur de crête présumée d'un choc de tension coupé .....	18
2.22 Origine conventionnelle d'un choc .....	18
2.23 Durée conventionnelle de front d'un choc ( $T_1$ ) .....	20
2.24 Raideur conventionnelle de front .....	20
2.25 Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue d'un choc ( $T_2$ ) .....	20
2.26 Enoncé de la forme d'un choc .....	20
2.27 Choc de tension de foudre normal .....	20
2.28 Choc de tension de manoeuvre .....	20
2.29 Durée conventionnelle de la crête d'un choc rectangulaire .....	20

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	11
INTRODUCTION .....	13
Clause	
SECTION 1: GENERAL	
1.1 Scope .....	15
1.2 Normative references .....	15
SECTION 2: DEFINITIONS	
2.1 Surge arrester .....	15
2.2 Non-linear resistor type gapped arrester .....	17
2.3 Series gap of an arrester .....	17
2.4 Non-linear series resistor of an arrester .....	17
2.5 Section of an arrester .....	17
2.6 Unit of an arrester .....	17
2.7 Pressure-relief device of an arrester .....	17
2.8 Rated voltage of an arrester .....	17
2.9 Rated frequency of an arrester .....	17
2.10 Disruptive discharge .....	17
2.11 Puncture .....	17
2.12 Flashover .....	17
2.13 Sparkover of an arrester .....	17
2.14 Impulse .....	19
2.15 Rectangular impulse .....	19
2.16 Peak (crest) value of an impulse .....	19
2.17 Front of an impulse .....	19
2.18 Tail of an impulse .....	19
2.19 Full-wave voltage impulse .....	19
2.20 Chopped voltage impulse .....	19
2.21 Prospective peak (crest) value of a chopped voltage impulse .....	19
2.22 Virtual origin of an impulse .....	19
2.23 Virtual front time of an impulse ( $T_1$ ) .....	21
2.24 Virtual steepness of the front of an impulse .....	21
2.25 Virtual time to half value on the tail of an impulse ( $T_2$ ) .....	21
2.26 Designation of an impulse shape .....	21
2.27 Standard lightning voltage impulse .....	21
2.28 Switching voltage impulse .....	21
2.29 Virtual duration of the peak of a rectangular impulse .....	21

Articles	Pages
2.30	Durée conventionnelle totale d'un choc rectangulaire ..... 20
2.31	Valeur de crête de polarité opposée d'un choc ..... 20
2.32	Courant de décharge d'un parafoudre ..... 20
2.33	Courant nominal de décharge d'un parafoudre ..... 20
2.34	Courant de suite d'un parafoudre ..... 22
2.35	Tension résiduelle d'un parafoudre ..... 22
2.36	Tension d'amorçage à fréquence industrielle d'un parafoudre ..... 22
2.37	Tension d'amorçage au choc d'un parafoudre ..... 22
2.38	Tension d'amorçage au choc sur front d'un parafoudre ..... 22
2.39	Tension d'amorçage au choc de foudre normal d'un parafoudre ..... 22
2.40	Durée jusqu'à l'amorçage d'un parafoudre ..... 22
2.41	Courbe «tension/temps d'amorçage au choc» d'un parafoudre ..... 22
2.42	Courant présumé ..... 22
2.43	Essais de type ..... 22
2.44	Essais individuels ..... 22
2.45	Essais de réception ..... 22
2.46	Caractéristiques de protection d'un parafoudre ..... 24
2.47	Dispositif de déconnexion pour parafoudre ..... 24

### SECTION 3: IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION

3.1	Identification du parafoudre ..... 24
3.2	Classification des parafoudres ..... 26

### SECTION 4: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

4.1	Tensions assignées normales ..... 26
4.2	Frequences assignées normales ..... 26
4.3	Valeurs normales des courants de décharge nominaux ..... 26
4.4	Conditions de service ..... 26
4.4.1	Conditions normales de service ..... 26
4.4.2	Conditions de service anormales ..... 28

### SECTION 5: PRESCRIPTIONS

5.1	Tension d'amorçage à fréquence industrielle ..... 28
5.2	Tension d'amorçage au choc de foudre normal ..... 28
5.3	Tension d'amorçage au choc sur front ..... 28
5.4	Tension d'amorçage au choc de manoeuvre ..... 28
5.5	Tension résiduelle au choc de foudre ..... 30
5.6	Tension résiduelle au choc de manoeuvre ..... 30
5.7	Tenue aux chocs de courant de grande amplitude ..... 30
5.8	Tenue aux chocs de courant de longue durée ..... 30
5.9	Fonctionnement des parafoudres ..... 30

Clause		Page
2.30	Virtual total duration of a rectangular impulse .....	21
2.31	Peak (crest) value of opposite polarity of an impulse .....	21
2.32	Discharge current of an arrester .....	21
2.33	Nominal discharge current of an arrester .....	21
2.34	Follow-current of an arrester .....	23
2.35	Residual voltage (discharge voltage) of an arrester .....	23
2.36	Power-frequency sparkover voltage of an arrester .....	23
2.37	Impulse sparkover voltage of an arrester .....	23
2.38	Front-of-wave impulse sparkover of an arrester .....	23
2.39	Standard lightning impulse sparkover voltage of an arrester .....	23
2.40	Time to sparkover of an arrester .....	23
2.41	Impulse sparkover-voltage/time curve .....	23
2.42	Prospective current .....	23
2.43	Type tests (design tests) .....	23
2.44	Routine tests .....	23
2.45	Acceptance tests .....	23
2.46	Protective characteristics of an arrester .....	25
2.47	Arrester disconnector .....	25

### SECTION 3: IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION

3.1	Arrester identification .....	25
3.2	Arrester classification .....	27

### SECTION 4: STANDARD RATINGS

4.1	Standard voltage ratings .....	27
4.2	Standard rated frequencies .....	27
4.3	Standard nominal discharge currents .....	27
4.4	Service conditions .....	27
4.4.1	Normal service conditions .....	27
4.4.2	Abnormal service conditions .....	29

### SECTION 5: REQUIREMENTS

5.1	Power-frequency sparkover voltage .....	29
5.2	Standard lightning impulse sparkover voltage .....	29
5.3	Front-of-wave impulse sparkover voltage .....	29
5.4	Switching impulse sparkover voltage .....	29
5.5	Lightning impulse residual voltage .....	31
5.6	Switching impulse residual voltage .....	31
5.7	High-current impulse withstand .....	31
5.8	Long-duration current withstand .....	31
5.9	Operating-duty .....	31



Articles		Pages
5.10	Limiteur de pression .....	30
5.11	Dispositifs de déconnexion .....	32
5.11.1	Tenue du dispositif de déconnexion .....	32
5.11.2	Fonctionnement du dispositif de déconnexion .....	32

## SECTION 6: CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

6.1	Echantillons destinés aux essais et mesures .....	32
6.2	Essais sous tension à fréquence industrielle .....	32
6.3	Essais sous pluie .....	32
6.4	Essai sous pollution artificielle .....	34

## SECTION 7: ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION

7.1	Essais individuels .....	36
7.2	Essais de réception normaux .....	36

## SECTION 8: ESSAIS DE TYPE

8.1	Généralités .....	36
8.2	Essai d'amorçage sous tension à fréquence industrielle .....	40
8.3	Essais d'amorçage sous choc de tension .....	40
8.3.1	Généralités .....	40
8.3.2	Essai d'amorçage au choc de foudre normal .....	40
8.3.3	Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage de foudre .....	42
8.3.4	Détermination de la tension d'amorçage au choc sur front .....	42
8.3.5	Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de manoeuvre .....	44
8.4	Mesure de la tension résiduelle .....	46
8.4.1	Tension résiduelle en choc de foudre .....	46
8.4.2	Tension résiduelle en choc de manoeuvre .....	46
8.5	Essais de tenue aux chocs de courant .....	50
8.5.1	Généralités .....	50
8.5.2	Essais aux chocs de courant de grande amplitude .....	50
8.5.3	Essais aux chocs de courant de longue durée .....	52
8.6	Essai de fonctionnement .....	56
8.7	Essais du limiteur de pression .....	62
8.7.1	Généralités .....	62
8.7.2	Essais à courant de grande amplitude du limiteur de pression .....	62
8.7.3	Essais à courant de petite amplitude du limiteur de pression. ....	66



Clause		Page
5.10	Pressure-relief .....	31
5.11	Disconnectors .....	33
5.11.1	Disconnecter withstand .....	33
5.11.2	Disconnecter operation .....	33

## SECTION 6: GENERAL TESTING PROCEDURE

6.1	Test samples and measurements .....	33
6.2	Power-frequency voltage tests .....	33
6.3	Wet tests .....	33
6.4	Artificial-pollution tests .....	35

## SECTION 7: ROUTINE AND ACCEPTANCE TESTS

7.1	Routine tests .....	37
7.2	Acceptance tests .....	37

## SECTION 8: TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

8.1	General .....	37
8.2	Power-frequency voltage sparkover tests .....	41
8.3	Voltage impulse sparkover tests .....	41
8.3.1	General .....	41
8.3.2	Standard lightning impulse sparkover test .....	41
8.3.3	Lightning impulse sparkover-voltage/time curve test .....	43
8.3.4	Front-of-wave impulse sparkover test .....	43
8.3.5	Switching impulse sparkover-voltage/time curve test .....	45
8.4	Measurement of residual voltage .....	47
8.4.1	Lightning impulse residual voltage .....	47
8.4.2	Switching impulse residual voltage .....	47
8.5	Current impulse withstand tests .....	51
8.5.1	General .....	51
8.5.2	High-current impulse test .....	51
8.5.3	Long-duration current impulse test .....	53
8.6	Operating-duty test .....	57
8.7	Pressure-relief tests .....	63
8.7.1	General .....	63
8.7.2	High-current pressure-relief tests .....	63
8.7.3	Low-current pressure-relief tests .....	67

Articles	Pages
8.8 Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres .....	66
8.8.1 Généralités .....	66
8.8.2 Essais de tenue au courant de choc et lors du fonctionnement. ....	68
8.8.3 Fonctionnement du dispositif de déconnexion .....	68
 Annexes	
A Conditions de service anormales .....	74
B Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres .....	76
C Choix de la classe de décharge de longue durée des parafoudres à service intensif .....	82
D Circuit de générateur de choc à constantes réparties pour l'essai aux chocs de courant de longue durée (suivant 8.5.3) .....	86
E Circuit type pour l'essai de fonctionnement (suivant 8.6) .....	90

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 99-1:1997

Clause	Page
8.8 Tests of arrester disconnectors .....	67
8.8.1 General .....	67
8.8.2 Current impulse withstand and operating-duty tests .....	69
8.8.3 Disconnecter operation .....	69
Annexes	
A Abnormal service conditions .....	75
B Typical information given with enquiries and tenders .....	77
C Selection of the long-duration discharge class of heavy-duty arresters .....	83
D Typical circuit for a distributed-constant impulse generator for the long-duration current impulse test according to 8.5.3 .....	87
E Typical circuit for operating-duty test according to 8.6 .....	91

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## PARAFOUDRES

### Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif

#### AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente partie de la Norme internationale CEI 99 a été préparée par le Comité d'Etudes n° 37 de la CEI: Parafoudres.

Elle constitue la troisième édition de la CEI 99-1 et remplace la deuxième édition parue en 1970.

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
37(BC)23 et 23A	37(BC)28
37(BC)34	37(BC)36
37(BC)35	37(BC)37
37(BC)39	37(BC)42
37(BC)40	37(BC)43
37(BC)41	37(BC)44

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de la CEI 99-1. Les annexes B, C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## SURGE ARRESTERS

Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters  
for a.c. systems

## FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This part of International Standard IEC 99 has been prepared by IEC Technical Committee No. 37: Surge arresters.

It forms the third edition of IEC 99-1 and supersedes the second edition issued in 1970.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
37(BC)23 and 23A	37(BC)28
37(BC)34	37(BC)36
37(BC)35	37(BC)37
37(BC)39	37(BC)42
37(BC)40	37(BC)43
37(BC)41	37(BC)44

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Annex A forms an integral part of this part of IEC 99-1. Annexes B, C, D, and E are for information only.

## INTRODUCTION

Les principales modifications apportées à la précédente édition concernent les sujets suivants:

- mesure de la tension résiduelle;
- essai de fonctionnement;
- essai du limiteur de pression;
- tensions d'amorçage et résiduelles normalisées;
- adjonction d'une annexe concernant les informations à fournir dans les appels d'offres et les offres.

Les changements effectués se limitent aux sujets qui ont fait l'objet d'un accord. D'autres sujets auraient pu être traités mais ils n'ont pas été étudiés en raison des changements technologiques intervenus et de l'usage limité des parafoudres à éclateurs qui en résulte actuellement.

L'annexe D de la deuxième édition a été supprimée et a fait l'objet de la CEI 99-3, qui a le statut de rapport.

Les parafoudres sans éclateurs, constitués de résistances à oxydes métalliques, et dont l'usage se développe, feront l'objet de la future CEI 99-4.

Un guide d'application est en cours de révision et sera publié sous la référence CEI 99-5. Il remplacera la CEI 99-1A.

## INTRODUCTION

The major changes to the previous edition affect the following subjects:

- measurement of residual voltage;
- operating-duty test;
- pressure-relief test;
- standardized sparkover and residual voltages;
- addition of annex for information to be given on enquiries and tenders.

The changes introduced are limited to the agreed upon subjects. Additional work was not considered due to the changing technology and the present limited use of gapped surge arresters.

Appendix D of the second addition of this standard has been deleted and issued as a separate Report, IEC 99-3.

The present developing gapless surge arresters using metal oxide resistors will be the subject of the future IEC 99-4.

An application guide is under revision and will be published as IEC 99-5. It will supersede IEC 99-1A.



## PARAFOUDRES

### Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif

#### SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

##### 1.1 Domaine d'application

La présente partie de la Norme internationale CEI 99 s'applique aux appareils de protection contre les surtensions prévus pour un fonctionnement répété et conçus pour limiter les surtensions sur les circuits alternatifs et interrompre le courant de suite. Elle s'applique particulièrement aux parafoudres comportant un éclateur simple ou multiple en série avec une ou plusieurs résistances variables.

##### 1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de cette 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 partie de cette 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 60: *Techniques des essais à haute tension.*

CEI 71-2: 1976, *Coordination de l'isolement - Deuxième partie: Guide d'application.*

CEI 99-3: 1990, *Parafoudres - Partie 3: Essais de pollution artificielle des parafoudres.*

#### SECTION 2: DÉFINITIONS

Pour les besoins de la présente partie, les définitions suivantes s'appliquent:

**2.1 parafoudre:** Appareil destiné à protéger le matériel électrique contre les surtensions transitoires élevées et à limiter la durée et, souvent, l'amplitude du courant de suite. Est considéré comme faisant partie du «parafoudre» tout éclateur extérieur en série, nécessaire au bon fonctionnement de l'appareil lorsqu'il est en service, que la fourniture comprenne ou non cet éclateur.

**NOTE** - Les parafoudres sont habituellement branchés entre les conducteurs d'un réseau et la terre, bien qu'ils puissent parfois être branchés aux bornes des enroulements des appareils ou entre conducteurs.

## SURGE ARRESTERS

### Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems

#### SECTION 1: GENERAL

##### 1.1 Scope

This part of International Standard IEC 99 applies to surge protective devices designed for repeated operation to limit voltage surges on a.c. power circuits and to interrupt power-follow current. In particular, it applies to surge arresters consisting of single or multiple spark gaps in series with one or more non-linear resistors.

##### 1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of International Standard IEC 99. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part 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 60: *High-voltage test techniques.*

IEC 71-2: 1976, *Insulation co-ordination - Part 2: Application guide.*

IEC 99-3: 1990, *Surge arresters - Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters.*

#### SECTION 2: DEFINITIONS

For the purpose of this part, the following definitions apply:

**2.1 surge arrester\***: A device designed to protect electrical apparatus from high transient voltage and to limit the duration and frequently the amplitude of follow-current. The term "surge arrester" includes any external series gap which is essential for the proper functioning of the device as installed for service, regardless of whether or not it is supplied as an integral part of the device.

**NOTE** - Surge arresters are usually connected between the electrical conductors of a network and earth although they may sometimes be connected across the windings of apparatus or between electrical conductors.

\* This type of equipment may be called "surge diverter" in some countries.

**2.2 parafoudre à résistance variable avec éclateurs:** Parafoudre ayant un éclateur simple ou multiple connecté en série avec une ou plusieurs résistances variables.

**2.3 éclateur série d'un parafoudre:** Intervalle réalisé (ou intervalles réalisés) entre des électrodes, placé en série avec la résistance variable (ou les résistances variables) du parafoudre.

**2.4 résistance série variable (non linéaire) d'un parafoudre:** Élément du parafoudre qui, par ses caractéristiques tension-courant non linéaires, fonctionne comme une résistance de faible valeur pour laisser passer les courants de décharge de grande amplitude, limitant ainsi la tension aux bornes du parafoudre, et comme une résistance de valeur élevée à la tension normale à fréquence industrielle, limitant ainsi l'amplitude du courant de suite.

**2.5 fraction de parafoudre:** Partie d'un parafoudre contenue dans une enveloppe avec tous ses éléments, notamment des éclateurs série et des résistances variables en quantité convenable pour représenter le comportement d'un parafoudre complet lors d'un essai particulier.

**2.6 élément de parafoudre:** Partie d'un parafoudre entièrement contenue dans une enveloppe et dont la mise en série avec d'autres éléments permet de réaliser un parafoudre de tension assignée plus élevée. 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 intérieure d'un parafoudre et à éviter la rupture explosive de l'enveloppe à la suite du passage prolongé du courant de suite ou d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre.

**2.8 tension assignée d'un parafoudre:** Valeur spécifiée maximale de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre ses bornes pour laquelle le parafoudre est prévu pour fonctionner correctement. Cette tension peut être appliquée de façon continue au parafoudre sans modifier ses caractéristiques de fonctionnement.

**2.9 fréquence assignée d'un parafoudre:** Fréquence du réseau pour lequel le parafoudre est prévu.

**2.10 décharge disruptive:** Phénomène associé à la défaillance d'une isolation sous l'effet d'une contrainte électrique, avec chute de la tension et passage d'un courant; ce terme s'applique aux claquages électriques de diélectriques solides, liquides et gazeux et de leurs combinaisons.

NOTE - Une décharge disruptive dans un diélectrique solide entraîne une perte permanente de la rigidité diélectrique; dans un diélectrique liquide ou gazeux, cette perte peut n'être que temporaire.

**2.11 perforation:** Décharge disruptive à travers un solide.

**2.12 contournement:** Décharge disruptive le long d'une surface solide.

**2.13 amorçage d'un parafoudre:** Décharge disruptive entre les électrodes des éclateurs d'un parafoudre.

**2.2 non-linear resistor type gapped arrester:** An arrester having a single or a multiple spark-gap connected in series with one or more non-linear resistors.

**2.3 series gap of an arrester:** An intentional gap or gaps between spaced electrodes in series with the non-linear series resistor or resistors of the arrester.

**2.4 non-linear series resistor of an arrester:** The part of the surge arrester which, by its non-linear voltage-current characteristics, acts as a low resistance to the flow of high discharge currents thus limiting the voltage across the arrester terminals, and as a high resistance at normal power-frequency voltage thus limiting the magnitude of follow-current.

**2.5 section of an arrester:** A complete, suitably housed part of an arrester including series gaps and non-linear series resistors in such a proportion as is necessary to represent the behaviour of a complete arrester with respect to a particular test.

**2.6 unit of an arrester:** A completely housed part of an arrester which may be connected in series with other units to construct an arrester of higher voltage rating. A unit of an arrester is not necessarily a section of an arrester.

**2.7 pressure-relief device of an arrester:** A means for relieving internal pressure in an arrester and preventing explosive shattering of the housing following prolonged passage of follow-current or internal flashover of the arrester.

**2.8 rated voltage of an arrester:** The designated maximum permissible r.m.s. value of power-frequency voltage between its terminals at which it is designated to operate correctly. This voltage may be applied to the arrester continuously without changing its operating characteristics.

**2.9 rated frequency of an arrester:** The frequency of the power system on which the arrester is designed to be used.

**2.10 disruptive discharge:** The phenomena associated with the failure of insulation under electrical stress which include a collapse of voltage and the passage of current; the term applies to electrical breakdown in solid, liquid and gaseous dielectrics and combinations of these.

**NOTE -** A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of electrical strength; in a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

**2.11 puncture:** A disruptive discharge through a solid.

**2.12 flashover:** A disruptive discharge over a solid surface.

**2.13 sparkover of an arrester:** A disruptive discharge between the electrodes of the gaps of an arrester.

**2.14 choc:** Onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui, sans oscillations appréciables, croît rapidement jusqu'à une valeur maximale et tombe, généralement moins rapidement, à zéro, avec éventuellement des inversions de polarité de faible amplitude.

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 choc rectangulaire:** Choc 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.

**2.16 valeur de crête d'un choc:** Valeur maximale de la tension ou du courant de choc. Lorsque des oscillations se superposent à la crête, voir les paragraphes 8.3.2, 8.5.2 e) et 8.5.3.2 c).

**2.17 front d'un choc:** Partie d'un choc précédant la crête.

**2.18 queue d'un choc:** Partie d'un choc postérieure à la crête.

**2.19 choc de tension plein:** Choc de tension qui n'est pas interrompu par un amorçage, un contournement ou une perforation.

**2.20 choc de tension coupé:** Choc de tension qui est interrompu sur le front, la crête ou la queue par un amorçage, un contournement ou une perforation causant ainsi une chute soudaine de la tension.

**2.21 valeur de crête présumée d'un choc de tension coupé:** Valeur de crête du choc de tension plein dont dérive un choc de tension coupé.

**2.22 origine conventionnelle d'un choc:** Point d'une courbe tension-temps ou courant-temps déterminée par l'intersection de l'axe des abscisses et de la droite passant par deux points de référence du front de l'onde.

a) Pour les chocs de tension comportant une durée conventionnelle de front inférieure ou égale à 30  $\mu$ s, les points de référence sont à 30 % et 90 % de la valeur de crête.

b) Pour les chocs de tension comportant une durée conventionnelle de front supérieure à 30  $\mu$ s, l'origine est généralement bien définie et ne nécessite pas de définition artificielle.

c) Pour les chocs de courant, les points de référence sont à 10 % et 90 % de la valeur de crête.

**NOTE** - Cette définition ne s'applique que lorsque à la fois l'échelle des ordonnées et celle des abscisses sont linéaires. Voir également la note en 2.23.

**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, loops 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 rectangular impulse:** An impulse which rises rapidly to a 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.

**2.16 peak (crest) value of an impulse:** The maximum value of voltage or current in an impulse. In case of superimposed oscillations see 8.3.2, 8.5.2 e), and 8.5.3.2 c).

**2.17 front of an impulse:** That part of an impulse which occurs prior to the peak.

**2.18 tail of an impulse:** That part of an impulse which occurs after the peak.

**2.19 full-wave voltage impulse:** A voltage impulse which is not interrupted by sparkover, flashover, or puncture.

**2.20 chopped voltage impulse:** A voltage impulse which is interrupted on the front, peak, or tail by sparkover, flashover or puncture causing a sudden drop in the voltage.

**2.21 prospective peak (crest) value of a chopped voltage impulse:** The peak (crest) value of the full-wave voltage impulse from which a chopped voltage impulse is derived.

**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 a straight line drawn through two reference points on the front of the impulse.

a) For voltage impulses with virtual front times equal to or less than 30  $\mu$ s, the reference points are at 30 % and 90 % of the peak value.

b) For voltage impulses with virtual front times greater than 30  $\mu$ s, the origin is generally well defined and needs no artificial definition.

c) For current impulses, the reference points are 10 % and 90 % of the peak value.

**NOTE -** This definition applies only when scales of both ordinate and abscissa are linear. See also note to 2.23.



**2.23 durée conventionnelle de front d'un choc ( $T_1$ ):** Durée, exprimée en microsecondes, égale à:

- a) pour les chocs de tension comportant des durées de front inférieures ou égales à 30  $\mu$ s, 1,67 fois le temps nécessaire à la tension pour croître de 30 % à 90 % de sa valeur de crête;
- b) pour les chocs de tension comportant des durées de front supérieures à 30  $\mu$ s, 1,05 fois le temps nécessaire à la tension pour croître de 0 % à 95 % de sa valeur de crête.
- c) pour les chocs de courant, 1,25 fois le temps nécessaire au courant pour croître de 10 % à 90 % de sa valeur de crête.

NOTE - Si des oscillations sont présentes sur le front, il convient que les points de référence à 10 %, 30 %, 90 % et 95 % soient pris sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

**2.24 raideur conventionnelle de front:** Quotient de la valeur de crête par la durée conventionnelle de front.

**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 sur la queue la moitié de la valeur de crête. Cette durée est exprimée en microsecondes.

**2.26 énoncé de la forme d'un choc:** Énumération de deux valeurs, la première représentant la durée conventionnelle de front ( $T_1$ ) et la seconde la durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue ( $T_2$ ) en microsecondes. Le choc est représenté par  $T_1/T_2$  (le signe «/» n'ayant aucune signification mathématique).

**2.27 choc de tension de foudre normal:** Choc de tension dont la forme s'énonce: 1,2/50.

**2.28 choc de tension de manœuvre:** Choc de tension dont la durée conventionnelle de front est supérieure à 30  $\mu$ s.

**2.29 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.

**2.30 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 de l'onde, il convient de tracer une courbe moyenne pour déterminer l'instant où la valeur de 10 % est atteinte.

**2.31 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 avant d'atteindre une valeur nulle permanente.

**2.32 courant de décharge d'un parafoudre:** Onde de courant écoulée par le parafoudre après amorçage des éclateurs série.

**2.33 courant nominal de décharge d'un parafoudre:** Valeur de crête du courant de décharge de forme d'onde 8/20 utilisé pour désigner un parafoudre. C'est également le courant de décharge utilisé pour amorcer le courant de suite au cours de l'essai de fonctionnement.



**2.23 virtual front time of an impulse ( $T_1$ ):** The time, in microseconds, equal to:

- a) for voltage impulses with front durations equal to or less than 30  $\mu\text{s}$ , 1,67 times the time taken by the voltage to increase from 30 % to 90 % of its peak value;
- b) for voltage impulses with front durations greater than 30  $\mu\text{s}$ , 1,05 times the time taken by the voltage to increase from 0 % to 95 % of its peak value;
- c) for current impulses, 1,25 times the time taken by 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 %, 30 %, 90 % and 95 % 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 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 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 of the tail ( $T_2$ ). It is written as  $T_1/T_2$ , both in microseconds, the sign "/" having no mathematical meaning.

**2.27 standard lightning voltage impulse:** An impulse voltage having a waveshape designation of 1,2/50.

**2.28 switching voltage impulse:** An impulse having a virtual front time greater than 30  $\mu\text{s}$ .

**2.29 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.

**2.30 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.

**2.31 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.

**2.32 discharge current of an arrester:** The surge or impulse current which flows through the arrester after a sparkover of the series gaps.

**2.33 nominal discharge current of an arrester:** The peak value of discharge current, having an 8/20 waveshape, which is used to classify an arrester. It is also the discharge current which is used to initiate follow-current in the operating duty test.

**2.34 courant de suite d'un parafoudre:** Courant débité par le réseau et écoulé par le parafoudre après le passage du courant de décharge.

**2.35 tension résiduelle d'un parafoudre:** Tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

**2.36 tension d'amorçage à fréquence industrielle d'un parafoudre:** Valeur de la tension à fréquence industrielle mesurée en valeur de crête et divisée par  $\sqrt{2}$  qui, appliquée entre les bornes d'un parafoudre, provoque l'amorçage de tous les éclateurs série.

**2.37 tension d'amorçage au choc d'un parafoudre:** Valeur la plus élevée de la tension qui est atteinte avant l'amorçage quand un choc de forme et de polarité données est appliqué entre les bornes d'un parafoudre.

**2.38 tension d'amorçage au choc sur front d'un parafoudre:** Tension d'amorçage au choc obtenue sur le front d'un choc dont la tension croît linéairement avec le temps.

**2.39 tension d'amorçage au choc de foudre normal d'un parafoudre:** La plus faible valeur de crête présumée d'un choc de tension de foudre normal dont l'application au parafoudre provoque chaque fois l'amorçage.

**2.40 durée jusqu'à l'amorçage d'un parafoudre:** Intervalle de temps entre l'origine conventionnelle et l'instant d'amorçage du parafoudre. Ce temps est exprimé en micro-secondes.

**2.41 courbe tension/temps d'amorçage au choc» d'un parafoudre:** Courbe qui représente la variation de la tension d'amorçage au choc en fonction de la durée jusqu'à l'amorçage.

**2.42 courant présumé:** Courant qui circulerait dans un circuit, en un lieu donné, si l'on établissait un court-circuit en ce lieu au moyen d'une connexion d'impédance négligeable.

**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 présente partie de la norme. Il n'est nécessaire de reprendre ces essais sur un type d'appareil que si des modifications viennent en changer les caractéristiques.

**2.44 essais individuels:** Essais effectués sur chaque appareil, éléments ou matériaux, pour s'assurer qu'ils répondent aux spécifications.

**2.45 essais de réception:** Ensemble déterminé d'essais, effectués lorsque le constructeur et le client ont convenu que des essais seraient faits sur les appareils ou sur des prélèvements d'une fourniture.

**2.34 follow-current of an arrester:** The current from the connected power source which flows through an arrester following the passage of discharge current.

**2.35 residual voltage (discharge voltage) of an arrester:** The voltage that appears between the terminals of an arrester during the passage of discharge current.

**2.36 power-frequency sparkover voltage of an arrester:** The value of the power-frequency voltage measured as the peak value divided by  $\sqrt{2}$  applied between the terminals of an arrester, which causes sparkover of all the series gaps.

**2.37 impulse sparkover voltage of an arrester:** The highest value of voltage attained before sparkover during an impulse of given waveshape and polarity applied between the terminals of an arrester.

**2.38 front-of-wave impulse sparkover of an arrester:** The impulse sparkover voltage obtained on the wavefront the voltage of which increases linearly with time.

**2.39 standard lightning impulse sparkover voltage of an arrester:** The lowest prospective peak value of a standard lightning voltage impulse which, when applied to an arrester, causes sparkover on every application.

**2.40 time to sparkover of an arrester:** The time interval between virtual origin and the instant of sparkover of the arrester. The time is expressed in microseconds.

**2.41 impulse sparkover-voltage/time curve:** A curve which relates the impulse sparkover voltage to the time to sparkover.

**2.42 prospective current:** 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.

**2.43 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 this part of the standard. Once made, these tests need not be repeated unless the design is so changed as to modify its performance.

**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:** Selected 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.

**2.46 caractéristiques de protection d'un parafoudre:** Combinaison des caractéristiques suivantes:

- a) courbe tension/temps d'amorçage au choc de foudre normal, obtenue conformément à 8.3.3;
- b) courbe de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge, obtenue conformément à 8.4;
- c) pour les parafoudres 10 000 A de tension assignée égale ou supérieure à 100 kV, courbe tension/temps d'amorçage au choc de manœuvre, obtenue conformément à 8.3.5.

**2.47 dispositif de déconnexion pour parafoudre:** Dispositif permettant de déconnecter un parafoudre du réseau en cas de défaillance de ce parafoudre, en vue d'éviter un défaut permanent sur le réseau et de signaler de façon visible le parafoudre défectueux.

NOTE - Le dispositif de déconnexion n'a généralement pas pour rôle d'interrompre le courant de défaut lors de son fonctionnement; lorsque le courant de défaut est élevé, le fonctionnement du dispositif de déconnexion peut ne pas empêcher la rupture explosive de l'enveloppe à la suite d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre.

### SECTION 3: IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION

#### 3.1 Identification du parafoudre

Les parafoudres doivent être définis au moins au moyen des indications suivantes devant figurer sur leur plaque signalétique:

- tension assignée;
- fréquence assignée, si elle diffère d'une des fréquences normales (voir 4.2);
- courant nominal de décharge (en spécifiant série A ou série B\* pour le parafoudre 5 000 A et service intensif ou service non intensif pour le parafoudre 10 000 A);
- classe de décharge de longue durée (pour les parafoudres 10 000 A à service intensif), voir 8.5.3.2;
- classe de limitation de pression (pour les parafoudres munis de limiteurs de pression), voir 8.7.2;
- nom du constructeur ou marque de fabrique, type et repères d'identification;
- année de construction.

#### NOTES

- 1 L'annexe B peut servir de guide pour choisir les informations à fournir lors d'un appel d'offre ou d'une offre.
- 2 Dans certains pays, il est d'usage de désigner les parafoudres par les termes suivants:
  - parafoudres de poste pour les appareils 10 000 A;
  - parafoudres intermédiaires (série A) ou de distribution (série B) pour les appareils 5 000 A\*;
  - parafoudres pour circuits secondaires pour les appareils 1 500 A.

\* Les parafoudres de la série A correspondent aux caractéristiques demandées dans tous les pays. Les parafoudres de la série B correspondent aux caractéristiques demandées au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et dans d'autres pays.

**2.46 protective characteristics of an arrester:** The combination of the following:

- a) lightning impulse sparkover-voltage/time curve as determined in 8.3.3;
- b) the residual-voltage/discharge-current curve as determined in clause 8.4;
- c) for 10 000 A arresters rated 100 kV and higher, the switching-voltage impulse sparkover-voltage/time curve as determined in 8.3.5.

**2.47 arrester disconnector:** 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, and it may not prevent explosive shattering of the housing following internal flashover of the arrester on high fault currents.

### SECTION 3: IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION

#### 3.1 Arrester identification

Surge arresters shall be identified by the following minimum information which shall appear on the rating plate (nameplate):

- rated voltage;
- rated frequency, if other than one of the standard frequencies, see 4.2;
- nominal discharge current (specifying for the 5 000 A arrester whether series A or series B\*, and for the 10 000 A arrester, whether light or heavy duty);
- long-duration discharge class (for 10 000 A heavy-duty arresters), see 8.5.3.2;
- pressure-relief class (for arresters fitted with pressure-relief devices), see 8.7.2;
- manufacturer's name or trademark, type and identification;
- year of manufacture.

#### NOTES

- 1 Information to be given by inquiry or tender may be guided by annex B.
- 2 In some countries, it is customary to classify arresters as:
  - station for 10 000 A arresters;
  - intermediate (series A) or distribution (series B) for 5 000 A arresters\*;
  - secondary for 1 500 A arresters.

\* Series A arresters are based on performance characteristics in practice in all countries. Series B arresters are based on performance characteristics in Canada and the United States of America and other countries.

### 3.2 Classification des parafoudres

Les parafoudres sont classés par les valeurs normales de leurs courants de décharge nominaux et doivent répondre au moins aux conditions d'essais et aux caractéristiques de fonctionnement précisées dans le tableau 3. Les parafoudres ayant des caractéristiques de fonctionnement plus favorables ou des niveaux de protection plus bas que ceux qui sont spécifiés dans la présente partie de cette norme sont considérés comme conformes à celle-ci.

## SECTION 4: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES

### 4.1 Tensions assignées normales

Les valeurs normales des tensions assignées des parafoudres doivent être choisies dans le tableau 1.

Tableau 1 - Valeurs normales des tensions assignées  
(kV, valeur efficace)

0,175	6	18	36	75	126
0,280	7,5	21	39	84	138
0,500	9	24	42	96	150
0,660	10,5	27	51	102	174
3	12	30	54	108	186
4,5	15	33	60	120	198

Les tensions assignées supérieures à 198 kV doivent être divisibles par 6.

### 4.2 Fréquences assignées normales

Les fréquences assignées normales sont 50 Hz et 60 Hz.

### 4.3 Valeurs normales des courants de décharge nominaux

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

NOTE - Il existe deux types de parafoudres 10 000 A (voir 3.2), service non intensif et service intensif, qui diffèrent par l'amplitude du courant de choc de longue durée qu'ils peuvent supporter. Voir 8.5.3.

### 4.4 Conditions de service

#### 4.4.1 Conditions normales de service

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

- a) température ambiante comprise entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- b) altitude ne dépassant pas 1 000 m;

### 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 listed in table 3. Arresters having more favorable performance characteristics or lower protective levels than those required in this part shall be considered to have met this standard.

## SECTION 4: STANDARD RATINGS

### 4.1 Standard voltage ratings

Standard values of rated voltages for arresters shall be as listed in Table 1.

Table 1 - Standard voltage ratings (kV r.m.s.)

0,175	6	18	36	75	126
0,280	7,5	21	39	84	138
0,500	9	24	42	96	150
0,660	10,5	27	51	102	174
3	12	30	54	108	186
4,5	15	33	60	120	198

For voltage ratings above 198 kV, the arrester ratings shall be divisible by 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 discharge currents are: 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A and 1 500 A, having an 8/20 waveshape.

NOTE - For the 10 000 A arrester (see 3.2) there are two types, light-duty and heavy-duty, which are differentiated by the amplitude of the long-duration impulse current which they are capable of withstanding. See 8.5.3.

### 4.4 Service conditions

#### 4.4.1 Normal service conditions

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

- a) ambient temperature within the range of  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) altitude not exceeding 1 000 m;



- c) fréquence d'alimentation en courant alternatif comprise entre 48 Hz et 62 Hz;
- d) tension à fréquence industrielle appliquée entre bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension assignée.

#### 4.4.2 Conditions de service anormales

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à d'autres conditions de service que les conditions normales peuvent nécessiter une étude spéciale pour leur fabrication ou leur utilisation et chaque cas doit être étudié avec le constructeur. Voir l'annexe A: Conditions de service anormales, et l'annexe C: Choix de la classe de décharge de longue durée des parafoudres à service intensif.

### SECTION 5: PRESCRIPTIONS

#### 5.1 Tension d'amorçage à fréquence industrielle

Pour toutes les classes de parafoudres, excepté la classe 10 000 A pour service intensif, la valeur la plus basse de la tension d'amorçage à fréquence industrielle ne doit pas être inférieure à 1,5 fois la tension assignée du parafoudre. Pour les parafoudres de la classe 10 000 A, pour service intensif, la valeur la plus basse de la tension d'amorçage à fréquence industrielle doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

On notera que l'essai d'amorçage à fréquence industrielle à sec constitue une prescription minimale pour les essais individuels que doit effectuer le constructeur, comme indiqué en 6.1.

#### 5.2 Tension d'amorçage au choc de foudre normal

La tension de choc de foudre étant réglée comme indiqué en 8.3.2 et dans le tableau 8, le parafoudre doit amorcer pour chaque choc d'une série de cinq chocs positifs et de cinq chocs négatifs.

Si dans une des séries de cinq chocs et pour un seul choc, les éclateurs n'amorcent pas, on applique une série supplémentaire de dix chocs de la même polarité et, pour ces derniers, les éclateurs doivent amorcer chaque fois.

#### 5.3 Tension d'amorçage au choc sur front

Avec des chocs de tension dont la raideur conventionnelle est conforme au tableau 8, la tension d'amorçage ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans ce même tableau 8. Cela est vérifié, comme indiqué en 8.3.4, par un essai comprenant cinq chocs positifs et cinq chocs négatifs, ou à l'aide de la courbe de la tension d'amorçage au choc de foudre en fonction du temps, décrite en 8.3.3.

#### 5.4 Tension d'amorçage au choc de manoeuvre

Cette tension est déterminée sur les parafoudres 10 000 A de tension assignée supérieure à 100 kV conformément à 8.3.5. Aucune valeur maximale de cette tension n'est spécifiée.

- c) frequency of the a.c. power supply not less than 48 Hz and not exceeding 62 Hz;
- d) power-frequency voltage applied between the line and earth terminals of the arrester not exceeding its rated voltage.

#### 4.4.2 Abnormal service conditions

Arresters subjected to other than normal application or service conditions may require special consideration in manufacture or application and each case should be discussed with the manufacturer. See annex A: Abnormal service conditions and annex C: Selection of the long-duration discharge class of heavy-duty arresters.

## SECTION 5: REQUIREMENTS

### 5.1 Power-frequency sparkover voltage

For all classes of surge arresters, except the 10 000 A heavy-duty class, the lowest value of power-frequency sparkover voltage shall be not less than 1,5 times the rated voltage of the arrester. For the 10 000 A heavy-duty class arresters, the lowest value of power-frequency sparkover is subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

It should be noted that the dry power-frequency sparkover test is the minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer as specified in 6.1.

### 5.2 Standard lightning impulse sparkover voltage

With the lightning impulse voltage specified in 8.3.2 and table 8 the arrester shall sparkover on every impulse of a series of five positive and five negative impulses.

If in either series of five impulses, the gaps fail to sparkover once only, an additional ten impulses of that polarity shall be applied and the gaps shall sparkover on all of these impulses.

### 5.3 Front-of-wave impulse sparkover voltage

With voltage impulses having a virtual steepness of front equal to that specified in table 8, the sparkover voltage shall not exceed the value given in table 8. This is verified according to 8.3.4 by a test with five positive and five negative impulses, or by using the lightning impulse sparkover voltage/time curve described in 8.3.3.

### 5.4 Switching impulse sparkover voltage

This voltage is determined on 10 000 A arresters having a rated voltage above 100 kV according to 8.3.5. No limits for the maximum switching impulse sparkover voltage have been specified.

## 5.5 Tension résiduelle au choc de foudre

La tension résiduelle pour le courant nominal de décharge est déterminée à partir des courbes tracées suivant la méthode décrite en 8.4.1. Cette tension ne doit pas dépasser la valeur résiduelle maximale spécifiée pour le parafoudre, conformément au tableau 8.

## 5.6 Tension résiduelle au choc de manoeuvre

Cette prescription s'applique aux parafoudres 10 000 A, service intensif ou non, ou 5 000 A série A, dont la tension assignée est supérieure à 100 kV et munis d'éclateurs actifs, c'est-à-dire des éclateurs qui engendrent pendant l'essai au choc de manoeuvre une tension résiduelle d'au moins 100 V par kV de tension assignée.

La tension résiduelle au choc de manoeuvre déterminée conformément à 8.4.2 ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le tableau 8.

## 5.7 Tenue aux chocs de courant de grande amplitude

Les parafoudres doivent supporter l'essai au choc de courant de grande amplitude décrit en 8.5.2. La valeur moyenne de la tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle (voir 8.2) mesurée avant et après cet essai ne doit pas varier de plus de 10 %. L'examen des échantillons essayés ne doit mettre en évidence ni perforation ni amorçage des résistances variables, ni détérioration importante des éclateurs ou du circuit de répartition de tension.

## 5.8 Tenue aux chocs de courant de longue durée

Les parafoudres doivent supporter l'essai aux chocs de courant de longue durée décrit en 8.5.3, avec les paramètres indiqués dans les tableaux 5 (service intensif) ou 6 (service non intensif). La valeur moyenne de la tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle (8.2) mesurée avant et après cet essai ne doit pas varier de plus de 10 %.

## 5.9 Fonctionnement des parafoudres

Les parafoudres doivent supporter l'essai de fonctionnement de 8.6, pendant lequel:

- le courant de suite doit s'établir à chaque application d'un choc et l'échantillon en essai doit interrompre le courant de suite chaque fois;
- la coupure finale du courant de suite doit se produire au plus tard à la fin de la demi-période suivant celle au cours de laquelle le choc est appliqué.

A la suite de l'essai de fonctionnement, et après refroidissement de l'échantillon en essai à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais d'amorçage à fréquence industrielle et la détermination de la tension résiduelle qui ont été effectués avant l'essai de fonctionnement. Les valeurs moyennes ne doivent pas varier de plus de 10 %.

## 5.10 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 les essais décrits en 8.7.

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 cylindrique.

### 5.5 Lightning impulse residual voltage

The residual voltage for nominal discharge current is determined from the curve drawn according to 8.4.1. This voltage shall not be higher than the maximum residual voltage of the arrester specified in table 8.

### 5.6 Switching impulse residual voltage

This requirement applies to 10 000 A, light or heavy duty, or 5 000 A series A arresters, having a rated voltage above 100 kV and with active gaps (an active gap is defined as a gap which generates at least 100 V/kV of rating during the switching impulse test).

The switching impulse residual voltage determined according to 8.4.2 shall not exceed the value indicated in table 8.

### 5.7 High-current impulse withstand

Arresters shall withstand the high-current impulse test according to 8.5.2. The average dry power-frequency sparkover voltage (see 8.2) recorded before and after this test shall not have changed by more than 10 %. Examination of the test samples shall reveal no evidence of puncture or flashover of the non-linear resistors or significant damage to the series gaps or grading circuit.

### 5.8 Long-duration current withstand

Arresters shall withstand the long-duration current impulse test according to 8.5.3 and tables 5 (heavy-duty) or 6 (light-duty). The average dry power-frequency sparkover voltage of 8.2 recorded before and after this test shall not have changed by more than 10 %.

### 5.9 Operating-duty

Arresters shall withstand the operating-duty test described in 8.6 during which:

- follow-current shall be established by each test impulse and the test sample shall interrupt the follow-current each time;
- final interruption of the follow-current shall occur at least at the end of the half-cycle following that in which the impulse is applied.

Following the operating-duty test and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the power-frequency sparkover test and the residual voltage test which were made before the operating-duty test are repeated and the average values shall not have changed by more than 10 %.

### 5.10 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 tests described in 8.7.

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

## 5.11 Dispositifs de déconnexion

### 5.11.1 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 grande amplitude (8.8.2.1);
- essai aux chocs de courant de longue durée (8.8.2.2);
- essai de fonctionnement (8.8.2.3).

### 5.11.2 Fonctionnement du dispositif de déconnexion

Le temps de retard au fonctionnement du déconnecteur est déterminé, conformément à 8.8.3, pour trois valeurs du courant: 20 A, 200 A et 800 A (valeur efficace,  $\pm 10\%$ ). Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente.

## SECTION 6: CONDITIONS GENERALES DES ESSAIS

### 6.1 Echantillons destinés aux essais et mesures

Sauf indication contraire, tous les essais doivent être effectués sur les mêmes parafoudres, fractions ou éléments d'appareils. Ces derniers doivent être neufs, propres, complètement montés, installés dans des conditions se rapprochant le plus possible des conditions de service, et munis d'anneaux de garde, si ces derniers sont normalement utilisés.

L'appareillage de mesure doit satisfaire aux exigences figurant dans la CEI 60, et l'on admettra que la précision des valeurs obtenues répond aux prescriptions relatives aux essais.

### 6.2 Essais sous tension à fréquence industrielle

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

### 6.3 Essais sous pluie

Cet article est conforme aux recommandations relatives aux essais sous pluie figurant dans la CEI 60. Il est, en général, reconnu que les essais sous pluie n'ont pas pour but de reproduire les conditions réelles d'emploi, mais qu'ils permettent de s'assurer, grâce à l'expérience accumulée, que le comportement en service sera satisfaisant.

Les essais doivent donner des résultats reproductibles dans un même laboratoire et dans des laboratoires différents.

Ces essais ne sont effectués que sur les parafoudres de type extérieur. Lorsque ces essais sont spécifiés, l'objet en essai doit être exposé à une aspersion d'eau de résistivité prescrite, produite par un ou plusieurs gicleurs convenablement disposés. Le jet, formé de fines gouttelettes, doit tomber sur l'objet essayé avec une inclinaison d'environ  $45^\circ$ , telle qu'on peut la déterminer par l'observation visuelle ou par la mesure des composantes verticales et horizontales du débit d'aspersion.

## 5.11 Disconnectors

### 5.11.1 *Disconnector withstand*

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

- high-current impulse test (8.8.2.1);
- long-duration current impulse test (8.8.2.2);
- operating-duty test (8.8.2.3).

### 5.11.2 *Disconnector operation*

The time delay for the operation of the disconnector is determined for three values of current: 20 A, 200 A and 800 A r.m.s.,  $\pm 10\%$  according to 8.8.3. There shall be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device.

## SECTION 6: GENERAL TESTING PROCEDURE

### 6.1 Test samples and measurements

Except when specified otherwise, all tests shall be made on the same arresters, arrester sections or arrester units. They shall be new, clean, completely assembled, and arranged as nearly as possible as in service and shall be fitted with grading rings, if used.

The measuring equipment shall meet the requirements of IEC 60, and the values obtained shall be accepted as accurate for the purpose of compliance with the relevant test clauses.

### 6.2 Power-frequency voltage tests

All power-frequency tests shall be made with an alternating voltage having a frequency between the limits of 48 Hz and 62 Hz, and an approximately sinusoidal waveshape.

### 6.3 Wet tests

This clause is in agreement with the recommendations on wet tests contained in IEC 60. It is generally recognized that wet tests are not intended to reproduce actual operating conditions but to provide a criterion based on accumulated experience that satisfactory service operation will be obtained.

The test shall give reproducible results in the same and in different laboratories.

The tests shall be made only on arresters designed for use outdoors. Where such a test is specified, the test object shall be subjected to a spray of water of prescribed resistivity provided by a properly located nozzle or nozzles. The spray, consisting of small drops, shall fall on the test object at an angle approximately  $45^\circ$  to the vertical as determined by visual observation or by measurements of the vertical and horizontal components of the precipitation rate.



La composante verticale de l'aspersion doit être mesurée avec un récipient collecteur présentant une ouverture horizontale d'une surface de 100 cm<sup>2</sup> à 750 cm<sup>2</sup>; lorsque la composante verticale et la composante horizontale sont exigées simultanément, la composante horizontale doit être mesurée avec un récipient présentant une ouverture verticale analogue, orientée vers les gicleurs. Le récipient collecteur doit être placé à côté de l'objet essayé en face des gicleurs et aussi près de l'objet qu'il est possible sans recueillir les éclaboussures qui en rejaillissent.

Lorsque la hauteur de l'objet en essai dépasse 50 cm, le débit d'aspersion doit être mesuré près des extrémités et du milieu, et les valeurs obtenues pour l'une quelconque des positions ne doivent pas différer de plus de 25 % de la valeur moyenne relative aux trois positions; pour des objets d'une hauteur égale ou inférieure à 50 cm, la mesure doit être faite près du milieu seulement.

L'objet en essai doit être aspergé pendant au moins 1 min avant l'application de la tension. (D'autre part, des résultats plus concordants peuvent être obtenus si l'objet essayé est entièrement mouillé avant l'application de la tension, avec une eau ayant la résistivité et la température prescrites.) Les caractéristiques de l'aspersion sont indiquées dans le tableau 2; deux catégories y figurent, l'une correspondant à la pratique en usage dans la majorité des laboratoires européens, l'autre à la pratique en usage au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique. Il est recommandé à chaque Comité national de n'utiliser qu'une seule de ces deux techniques.

Tableau 2 - Caractéristiques des essais sous pluie

Caractéristiques	Pratique	
	Europe	Canada et Etats-Unis d'Amérique
1. Débit d'aspersion (composante verticale)	3 mm/min ±10 %	5 mm/min ±10 %
2. Résistivité de l'eau	10 000 Ω • cm ±10 %	17 800 Ω • cm ±10 %
3. Température de l'eau	Température ambiante ±15 °C	Température ambiante ±15 °C
4. Type de gicleur	Voir figure 1 *	Voir figure 2 *
5. Pression de l'eau	Voir figure 1 *	Voir figure 2 *
* Les repères des figures correspondent à la CEI 60 (1962).		

#### 6.4 Essai sous pollution artificielle

Des essais sous pollution artificielle sont décrits dans la CEI 99-3. Ce rapport expose les principes fondamentaux des essais sous pollution artificielle des parafoudres à résistance variable avec éclateurs, et précise la composition des polluants, la façon d'appliquer la couche polluante et les procédures d'essai correspondant à chaque type de pollution.



The vertical component of the spray shall be measured with a collecting vessel having a horizontal opening of area 100 cm<sup>2</sup> to 750 cm<sup>2</sup>. When both vertical and horizontal components are required, the horizontal component will be measured with a collecting vessel having a similar vertical opening directed towards the nozzles. The collecting vessel shall be located on the side of the test object facing the nozzles and as close to the test object as is possible without collecting splashes from it.

For test objects of height greater than 50 cm, measurements of the rate of precipitation shall be made near the ends and the middle and values obtained for any one position shall not differ by more than 25 % from the average for the three positions; for test objects of 50 cm height or less, the measurement shall be made near the middle only.

The test object shall be sprayed for at least 1 min before the application of voltage. (Alternatively, more consistent results may be obtained if the test object is thoroughly wetted with water of the prescribed resistivity and temperature before the application of voltage.) The characteristics of the spray shall be as given in table 2. Two sets are given, one in general accordance with European practice, the other with practice in Canada and in the United States of America. It is recommended that each National Committee use only one of these practices.

Table 2 - Parameters for wet tests

Characteristics	Practice	
	Europe	Canada and United States of America
1. Precipitation rate (vertical component)	3 mm/min $\pm$ 10 %	5 mm/min $\pm$ 10 %
2. Resistivity of water	10 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ $\pm$ 10 %	17 800 $\Omega \cdot \text{cm}$ $\pm$ 10 %
3. Temperature of water	Ambient temperature $\pm$ 15 °C	Ambient temperature $\pm$ 15 °C
4. Type of nozzle	See figure 1 *	See figure 2 *
5. Water pressure	See figure 1 *	See figure 2 *
* Figure numbers refer to IEC 60 (1962).		

#### 6.4 Artificial-pollution tests

Artificial-pollution tests are described in IEC 99-3. This report gives the basic principles of artificial-pollution testing of non-linear resistor type gapped surge arresters, together with details of pollutant compositions and methods of application and the test procedures associated with each mode of pollution.

## SECTION 7: ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION

### 7.1 Essais individuels

Le constructeur doit effectuer comme essai individuel au moins la détermination de la tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle (voir 8.2). Si le parafoudre est constitué de plusieurs éléments possédant leur enveloppe individuelle, les essais peuvent être effectués sur ces éléments.

### 7.2 Essais de réception normaux

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

- a) détermination de la tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle sur le parafoudre complet (voir 8.2);
- b) vérification de l'amorçage au choc de foudre normal sur le parafoudre complet (voir 8.3.2);
- c) seulement après accord entre le constructeur et le client, la tension résiduelle doit être mesurée pour un courant de décharge qui ne soit pas inférieur à 0,25 fois le courant nominal de décharge, sur le parafoudre complet, sur chaque élément du parafoudre ou sur des fractions (voir 8.4). Lorsque ces essais sont effectués sur des fractions de parafoudre, les essais doivent porter sur tous les types de constituants du parafoudre, et les constituants des fractions essayées doivent être distincts.

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

## SECTION 8: ESSAIS DE TYPE

### 8.1 Généralités

Les essais de type suivants doivent être effectués comme requis dans le tableau 3:

- 1) Mesure de la tension d'amorçage à fréquence industrielle (8.2).
- 2) Vérification de l'amorçage au choc de foudre normal (8.3.2).
- 3) Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de foudre (8.3.3).
- 4) Mesure de la tension d'amorçage au choc sur front (8.3.4).
- 5) Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de manoeuvre (8.3.5).
- 6) Mesure de la ou des tensions résiduelles (8.4).
- 7) Essai de tenue aux chocs de courant (8.5).
- 8) Essai de fonctionnement (8.6).
- 9) Essais du limiteur de pression (lorsque le parafoudre est muni d'un tel dispositif) (8.7).
- 10) Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres (8.8).

## SECTION 7: ROUTINE AND ACCEPTANCE TESTS

### 7.1 Routine tests

The minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer shall be the dry power-frequency sparkover test, (see 8.2). If the arrester is constructed with a number of self-contained units, the tests may be made on the units.

### 7.2 Acceptance tests

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

- a) dry power-frequency voltage sparkover test on the complete arrester (see 8.2);
- b) standard lightning impulse sparkover test on the complete arrester (see 8.3.2);
- c) only when specifically agreed between the manufacturer and the purchaser, residual voltage shall be determined at a discharge current of not less than 0,25 times the nominal discharge current on the complete arrester or on each of the individual units of the arrester or sections (see 8.4). When the tests are made on sections, the tests shall apply to all types of elements of the arrester, and the elements of the tested sections shall be distinct.

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

## SECTION 8: TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

### 8.1 General

The following type tests shall be made as far as required in table 3:

- 1) Measurement of power-frequency sparkover voltage (8.2).
- 2) Standard lightning impulse sparkover test (8.3.2).
- 3) Lightning impulse sparkover-voltage/time curve test (8.3.3).
- 4) Measurement of front-of-wave impulse sparkover-voltage (8.3.4).
- 5) Switching impulse sparkover-voltage/time curve test (8.3.5).
- 6) Measurement of residual voltages (8.4).
- 7) Current impulse withstand tests (8.5).
- 8) Operating-duty test (8.6).
- 9) Pressure-relief tests (when the arrester is fitted with a pressure-relief device) (8.7).
- 10) Tests of arrester disconnectors (8.8).

Tableau 3 - Classification et essais

	Valeurs normales des courants de décharge nominaux A					
	10 000 Service intensif	10 000 Service non intensif	5 000		2 500	1 500
			Série A	Série B		
1. Tensions (kV, valeur efficace)	3 ou plus	3 ou plus	3 à 138	3 à 39	Jusqu'à 36	Jusqu'à 0,660
2. Essai de tension d'amorçage à fréquence industrielle	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
3. Essai de tension d'amorçage au choc de foudre normal	8.3.2, tableau 8, colonne 2	8.3.2, tableau 8, colonne 3	8.3.2, tableau 8, colonne 3	8.3.2, tableau 8, colonne 3	8.3.2, tableau 8, colonne 3	Non exigé
4. Essai de tension d'amorçage sur le front de l'onde	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4
5. Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de manœuvre	8.3.5 (au-dessus de 100 kV)	8.3.5 (au-dessus de 100 kV)	Non exigé	Non exigé	Non exigé	Non exigé
6. Essai de vérification de la tension résiduelle	8.4, tableau 8, colonne 8	8.4, tableau 8, colonne 9	8.4, tableau 8, colonne 9	8.4, tableau 8, colonne 9	8.4, tableau 8, colonne 9	8.4,
7. Essai de tenue aux courants de choc:						
a) Choc de grande amplitude	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2
b) Choc de longue durée	8.5.3.2	8.5.3.3	8.5.3.3	8.5.3.3	8.5.3.3	Non exigé
8. Essai de fonctionnement	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
9. Essai du limiteur de pression (si le parafoudre en est muni)	8.7	8.7	8.7	Sans objet	Non exigé	Non exigé
10. Dispositif de déconnexion (si le parafoudre en est muni)	Sans objet	Sans objet	8.8	8.8	8.8	8.8

Le nombre prescrit d'échantillons à essayer est spécifié dans chaque paragraphe. Les parafoudres qui diffèrent entre eux seulement par des modalités de montage ou par la disposition du support et qui, par ailleurs, sont constitués des mêmes éléments de construction possédant des caractéristiques de fonctionnement semblables, sont considérés comme étant du même type.

Les essais 1, 2, 3, 4 et 5 de la liste précédente doivent être effectués sur les mêmes échantillons; ces mêmes échantillons peuvent être utilisés pour l'essai 6 qui est alors considéré comme ayant été fait sur des parafoudres neufs. Pour les essais 7, 8, 9 et 10, voir les recommandations figurant aux paragraphes correspondants.

Table 3 - Arrester classification and test requirements

	Standard nominal discharge current A					
	10 000 Heavy-duty	10 000 Light-duty	5 000		2 500	1 500
			Series A	Series B		
1. Voltage ratings (kV r.m.s.)	3 or more	3 or more	3 to 138	3 to 39	Up to 36	Up to 0,660
2. Power-frequency voltage sparkover test	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
3. Standard lightning-voltage impulse sparkover test	8.3.2, table 8, column 2	8.3.2, table 8, column 3	8.3.2, table 8, column 3	8.3.2, table 8, column 3	8.3.2, table 8, column 3	Not required
4. Front-of-wave-voltage sparkover test	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4	8.3.4
5. Switching impulse sparkover-voltage/time curve test	8.3.5 (above 100 kV)	8.3.5 (above 100 kV)	Not required	Not required	Not required	Not required
6. Residual voltage test	8.4, table 8, column 8	8.4, table 8, column 9	8.4, table 8, column 9	8.4, table 8, column 9	8.4, table 8, column 9	8.4
7. Current impulse withstand:						
a) High-current	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2	8.5.2
b) Long-duration	8.5.3.2	8.5.3.3	8.5.3.3	8.5.3.3	8.5.3.3	Not required
8. Operating-duty test	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
9. Pressure-relief test (when fitted with relief device)	8.7	8.7	8.7	Not appropriate	Not required	Not required
10. Arrester disconnector (when fitted)	Not appropriate	Not appropriate	8.8	8.8	8.8	8.8

The required number of samples is specified in the individual subclauses. Arresters which differ only in methods of mounting or arrangement of the supporting structure, and which are otherwise based on the same components with similar construction and performance characteristics are considered to be of the same design.

Tests 1, 2, 3, 4 and 5 in the foregoing list shall be made on the same samples; these same samples may also be used for test 6 and then shall be considered to have been made on new arresters. For tests 7, 8, 9 and 10 see the recommendations in the specific subclauses.

## 8.2 Essai d'amorçage sous tension à fréquence industrielle

Les essais à sec et sous pluie doivent être effectués conformément à 7.1, 7.2, 7.3 et 8.1 sur trois échantillons de parafoudres complets de chaque tension assignée en essai. Le fonctionnement d'autres parafoudres de même construction (conformément à 8.1), mais dont les tensions assignées ne s'écartent pas de plus de  $\pm 25\%$  (ou de 6 kV, la plus élevée de ces valeurs étant à retenir) de la tension assignée de l'échantillon en essai peut être déterminé en admettant que les tensions sont proportionnelles aux tensions assignées. La tension appliquée au parafoudre doit avoir une valeur suffisamment basse pour éviter l'amorçage du parafoudre au cours du régime transitoire consécutif à la mise sous tension, puis doit être augmentée rapidement et régulièrement jusqu'à ce que l'amorçage de l'éclateur série se produise. Le temps pendant lequel la tension peut dépasser la tension assignée du parafoudre doit rester compris entre 2 s et 5 s, lorsque l'on essaie des parafoudres comportant des résistances de répartition de la tension pouvant être détériorées par un échauffement excessif si la tension appliquée dépasse trop longtemps la tension assignée. Après l'amorçage, la tension d'essai doit être coupée aussi rapidement que possible, de préférence par déclenchement automatique et, dans tous les cas, en moins de 0,5 s. S'il s'avère malaisé de mesurer la tension qui augmente rapidement au moyen d'un appareil du type indicateur, il y a lieu d'utiliser un enregistreur à grande vitesse ou un oscillographe. Il est recommandé de consulter le constructeur au sujet des conditions d'essai admissibles.

La charge imposée au circuit d'essai par un parafoudre comportant des résistances variables à haute conductivité pour la répartition de la tension donne lieu à des harmoniques et le circuit d'essai doit avoir une impédance suffisamment basse pour maintenir à l'intérieur des limites spécifiées dans l'édition en vigueur de la CEI 60 la forme d'onde de la tension appliquée aux bornes de l'appareil en essai.

La tension doit être appliquée au moins cinq fois avec un intervalle d'environ 10 s entre deux applications successives.

La valeur moyenne des amorçages obtenus au cours des cinq essais est adoptée comme tension d'amorçage à fréquence industrielle en vue de comparer les essais effectués avant et après d'autres essais de type.

## 8.3 Essais d'amorçage sous choc de tension

### 8.3.1 Généralités

Ces essais doivent être effectués conformément à 7.1 et 8.1 sur les mêmes échantillons de parafoudres complets que ceux utilisés pour les essais d'amorçage à fréquence industrielle décrits en 8.2. Pour les parafoudres d'autres tensions assignées mais de même construction comme indiqué en 8.1 et dans la limite  $\pm 25\%$  (ou de 6 kV, la plus élevée de ces valeurs étant à retenir) de la tension assignée de l'échantillon en essai, les valeurs des tensions d'amorçage et les courbes tensions/temps peuvent être déterminées en admettant que les tensions sont proportionnelles aux tensions assignées.

### 8.3.2 Essai d'amorçage au choc de foudre normal

Le parafoudre étant en circuit, on détermine le réglage du générateur donnant un choc de tension de forme 1,2/50 et de valeur de crête égale à la valeur spécifiée au tableau 8. Avec ce réglage, on applique au parafoudre cinq chocs positifs et cinq chocs négatifs qui doivent tous provoquer l'amorçage de ses éclateurs séries. Si, dans une des séries de cinq chocs et pour un seul choc, les éclateurs n'amorcent pas, on applique une série supplémentaire de dix chocs de la même polarité et, pour ces derniers, les éclateurs doivent amorcer chaque fois.



## 8.2 Power-frequency voltage sparkover tests

Dry and wet tests shall be made in accordance with 7.1, 7.2, 7.3 and 8.1 on three samples of complete arresters of each voltage rating tested. The performance for other voltage ratings of the same design (as defined in 8.1) within  $\pm 25\%$  (or 6 kV, whichever is greater) of a test sample rating can be determined by adjusting the voltage level in proportion to the voltage ratings. The voltage applied to the arrester shall be switched on at a value low enough to avoid sparkover of the arrester by the resulting switching surge and raised rapidly at a uniform rate until sparkover of the series gap occurs. The time during which the voltage may exceed the rated voltage of the arrester shall be in the range of 2 s to 5 s when testing arresters using grading resistors which may be damaged by overheating if the applied voltage exceeds the rated voltage for too long. After sparkover, the test voltage shall be switched off as rapidly as possible, preferably by automatic tripping and in any case within 0,5 s. If it is difficult to measure the rapidly increasing voltage with an indicating type of instrument, a high speed recorder or an oscillograph shall be used. It is recommended that the manufacturer be consulted about the permissible test procedure.

The load imposed on the testing circuit by a surge arrester having non-linear grading resistors of high conductivity gives rise to harmonics, and the test-circuit must have a sufficiently low impedance to maintain the waveform of the voltage across the specimen within the limits specified in the current edition of IEC 60.

The voltage shall be applied not less than five times, with an interval of about 10 s between successive applications.

The average sparkover value of the five tests is adopted as the power-frequency spark-over voltage for purposes of a comparison of tests made before and after other type tests.

## 8.3 Voltage impulse sparkover tests

### 8.3.1 General

These tests shall be made in accordance with 7.1 and 8.1 on the same test samples of complete arresters used for the power-frequency sparkover tests described in 8.2. Spark-over values and voltage/time curves for other voltage ratings of the same design as defined in 8.1 within  $\pm 25\%$  (or 6 kV, whichever is greater) of a test sample rating can be determined by adjusting the voltage level in proportion to the voltage ratings.

### 8.3.2 Standard lightning impulse sparkover test

With the test sample arrester in the circuit, the impulse generator is adjusted to give a 1,2/50 voltage waveshape and the peak value specified in table 8. With this adjustment, five positive and five negative impulses shall be applied to the test sample and the series gaps of the arrester shall spark over on every impulse. If in either series of five impulses, the gaps fail to spark over once only, an additional ten impulses of that polarity shall be applied and the gaps must spark over on all of these impulses.



L'intervalle de temps entre l'origine de l'onde et l'instant de l'amorçage n'entre pas en considération pour cet essai.

Les tolérances de réglage de l'appareillage d'essai doivent être telles que les valeurs mesurées soient comprises dans les limites ci-dessous:

- a) de 97 % à 100 % pour les valeurs de crête spécifiées;
- b) de 0,85  $\mu$ s à 1,6  $\mu$ s pour la durée conventionnelle du front;
- c) de 40  $\mu$ s à 60  $\mu$ s pour la durée du choc jusqu'à la mi-valeur sur la queue.

Les oscillations sur la première partie du front (au-dessous de 50 %) ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête. De petites oscillations, au voisinage de la crête du choc sont tolérées, pourvu que leur amplitude n'excède pas 5 % de la valeur de crête. La mesure doit être effectuée sur la crête des oscillations.

### 8.3.3 *Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de foudre*

Cet essai doit être effectué en utilisant des chocs dont la polarité provoque la tension d'amorçage la plus élevée. On obtient les données nécessaires pour tracer la courbe en appliquant des chocs de tension 1,2/50 d'amplitude progressivement croissante, par paliers, en commençant à une tension inférieure à l'amorçage du parafoudre et en accroissant la tension de charge du générateur (et ainsi la valeur de crête présumée de la tension) jusqu'à ce que la raideur conventionnelle du front soit égale à la valeur spécifiée dans le tableau 8. En variante, pour des durées jusqu'à l'amorçage inférieures à 1,2  $\mu$ s, les données peuvent être obtenues en réduisant la durée conventionnelle du front du choc. Pour des durées jusqu'à l'amorçage inférieures à 1,2  $\mu$ s, le choc appliqué doit augmenter à peu près uniformément jusqu'à l'amorçage du parafoudre.

Pour chaque amorçage, on portera la tension la plus élevée atteinte avant l'amorçage en fonction du temps jusqu'à l'amorçage mesuré à partir de l'origine conventionnelle. On doit obtenir suffisamment de points pour pouvoir définir nettement la courbe qui correspondra aux valeurs maximales des tensions d'amorçage.

### 8.3.4 *Détermination de la tension d'amorçage au choc sur front*

En utilisant un choc de tension dont la raideur conventionnelle du front est égale à celle qui est spécifiée dans le tableau 8, on applique cinq chocs positifs et cinq chocs négatifs au parafoudre, et la tension d'amorçage est déterminée d'après les oscillogrammes tension/temps pris à chaque essai. En aucun cas, la tension d'amorçage ne doit dépasser la valeur indiquée au tableau 8 dans la colonne appropriée.

On peut utiliser le point d'intersection de la courbe faisant l'objet de la spécification du 8.3.3 avec la droite représentant la raideur conventionnelle du front spécifiée dans le tableau 8, pour déterminer la tension maximale d'amorçage sur front du parafoudre soumis aux essais, en vue de comparer cette tension à la valeur maximale admissible indiquée au tableau 8; il faut alors qu'au moins cinq résultats expérimentaux d'amorçage en choc positif et cinq résultats en choc négatif aient été obtenus dans une zone de  $\pm 0,1$   $\mu$ s entourant la droite correspondant à la raideur prescrite. La figure 1 illustre cette détermination.

The time interval between the start of the wave and the instant of sparkover is immaterial in this test.

The tolerances on the adjustment of the testing equipment shall be such that the measured values lie within the following limits:

- a) between 97 % and 100 % for the specified peak values;
- b) from 0,85  $\mu\text{s}$  to 1,6  $\mu\text{s}$  for the virtual duration of the wavefront;
- c) from 40  $\mu\text{s}$  to 60  $\mu\text{s}$  for the time to half value on the wavetail.

Oscillations on the first part of the wavefront (below 50 %) shall not exceed 10 % of the peak value. Small oscillations near the peak of the impulse are permissible provided that their amplitude is less than 5 % of the peak value. Measurement shall be made at the peak of the oscillations.

### 8.3.3 *Lightning impulse sparkover-voltage/time curve test*

This test shall be made using positive or negative impulses, whichever result in the higher sparkover voltages. Data for plotting the curve are obtained by applying 1,2/50 voltage impulses of successively increasing amplitudes in steps beginning at a voltage below arrester sparkover and increasing the generator charging voltage (and thus the prospective peak voltage) until the virtual steepness of the front of the impulse equals that specified in table 8. Alternatively, for times to sparkover of less than 1,2  $\mu\text{s}$ , the data may be obtained by reducing the virtual front time of the impulse. For times to sparkover of less than 1,2  $\mu\text{s}$ , the test impulse shall have a substantially uniform rate of rise to arrester sparkover.

For each sparkover, the highest voltage attained before sparkover shall be plotted against the time to sparkover measured from virtual origin. Enough data points shall be obtained to define clearly the curve which should be drawn through the maximum sparkover values.

### 8.3.4 *Front-of-wave impulse sparkover test*

Using a voltage impulse with a virtual steepness of front equal to that specified in table 8, five positive and five negative impulses shall be applied to the arrester and the sparkover voltage is determined from voltage-time oscillograms made during each test. On none of the impulses shall the sparkover voltage exceed the value given in the appropriate column of table 8.

It is permissible to use the point of intersection of the curve specified in 8.3.3 with a line representing the virtual steepness of front specified in table 8 for determining the maximum front-of-wave sparkover voltage of the test sample arrester for comparison with the maximum permissible value given in table 8 provided there are at least five positive and five negative sparkover test points within  $\pm 0,1 \mu\text{s}$  of the line representing the prescribed steepness. This is illustrated in figure 1.

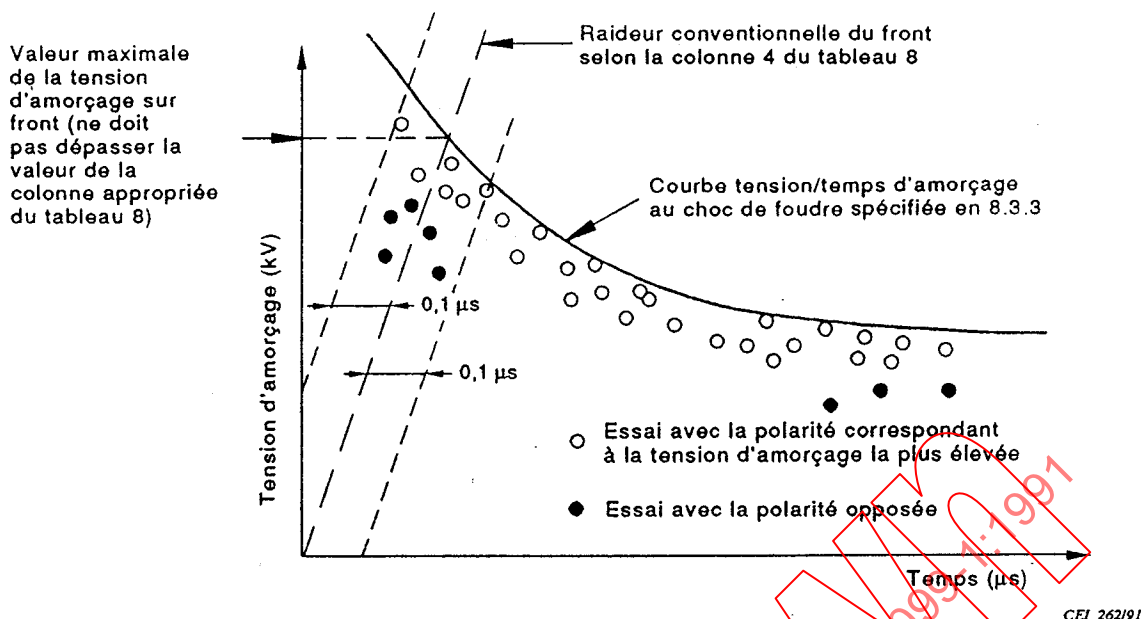


Figure 1 - Détermination de la tension d'amorçage sur front

#### 8.3.5 Essai en vue de déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de manoeuvre

Cet essai n'est applicable qu'aux parafoudres 10 000 A pour service intensif et pour service non intensif, de tension assignée supérieure à 100 kV. Il est destiné à faire connaître les caractéristiques d'amorçage aux surtensions de manoeuvres. Aucune limite n'est fixée pour les tensions d'amorçage au choc de manoeuvre; la prescription des conditions d'essai a pour but de fournir une méthode d'essai uniforme, permettant de rendre comparables les données fournies par les constructeurs.

Les essais d'amorçage doivent être effectués en utilisant différents chocs de tension ayant des durées conventionnelles de front de:

- de 30  $\mu$ s à 60  $\mu$ s;
- de 150  $\mu$ s à 300  $\mu$ s;
- de 1 000  $\mu$ s à 2 000  $\mu$ s.

Il est recommandé que la durée jusqu'à la mi-valeur sur la queue soit sensiblement supérieure au double de la durée du front, mais la valeur exacte est de peu d'importance.

On détermine d'abord pour chaque forme d'onde et pour les deux polarités la tension 50 % d'amorçage ( $U_{50\%}$ ), en appliquant un choc dont la valeur de crête est bien inférieure à la valeur probable de la tension 50 % d'amorçage du parafoudre en essai, puis en élevant la tension de charge du générateur de choc par paliers d'environ 5 % jusqu'à provoquer l'amorçage. Cet amorçage constitue le premier de cinq chocs dont on enregistre les valeurs les plus élevées de la tension. On applique les quatre chocs suivants en diminuant la tension de charge du générateur (et ainsi la valeur de crête présumée) d'environ 5 % chaque fois que le parafoudre amorce et en élevant cette tension d'environ 5 % chaque fois que le parafoudre n'amorce pas. On détermine la tension  $U_{50\%}$  comme la moyenne des valeurs les plus élevées de la tension enregistrées au cours de chacun des cinq essais. On applique alors à l'appareil en essai dix chocs supplémentaires après avoir accru la tension de charge du générateur de façon à obtenir une valeur de crête présumée supérieur d'environ 40 % à  $U_{50\%}$ .

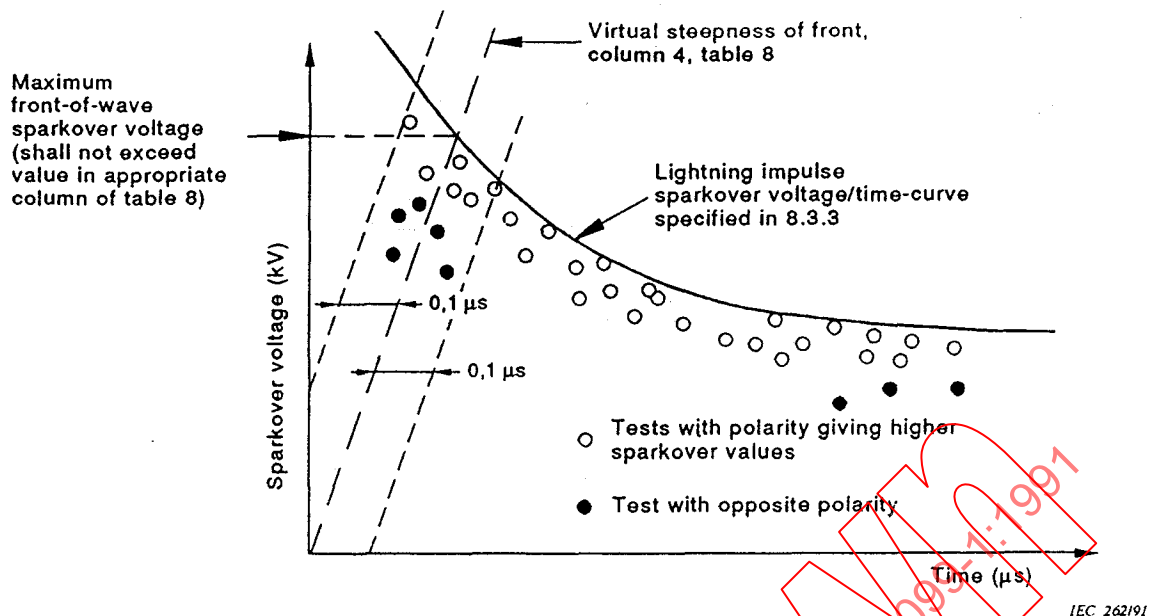


Figure 1 - Front-of-wave voltage sparkover test

### 8.3.5 Switching impulse sparkover-voltage/time curve test

This test is applicable only to 10 000 A light and heavy duty arresters having a rated voltage above 100 kV, and is intended to demonstrate the sparkover characteristics on switching surges. No limits for the maximum switching impulse sparkover voltage are specified. The procedure is prescribed in order to provide a uniform method of making the test so that data supplied by manufacturers will be comparable.

Sparkover tests shall be made using different voltage impulse waveshapes with virtual front times between:

- 30  $\mu\text{s}$  and 60  $\mu\text{s}$ ;
- 150  $\mu\text{s}$  and 300  $\mu\text{s}$ ;
- 1 000  $\mu\text{s}$  and 2 000  $\mu\text{s}$ .

The time to half value on the tail should be appreciably longer than twice the front time but the exact value is not of critical importance.

For each waveshape and for both polarities, the 50 % sparkover voltage ( $U_{50\%}$ ) is first determined by applying an impulse having a peak voltage well below the expected 50 % sparkover voltage of the test sample arrester and raising the impulse generator charging voltage in approximately 5 % steps until sparkover occurs. This sparkover shall constitute the first of five impulses whose highest voltage values are recorded. The remainder of the series of five impulses are applied, decreasing the generator charging voltage (and thus the prospective peak voltage) by about 5 % each time the arrester sparks over, and increasing it by about 5 % each time the arrester does not spark over.  $U_{50\%}$  is calculated as the average of the highest values of voltage recorded in each of the five tests. Ten more impulses are then applied to the test sample with the impulse generator charging voltage increased so as to give a prospective peak voltage about 40 % higher than  $U_{50\%}$ .

Les résultats correspondant à tous les amorçages obtenus pendant la série d'essai permettant la détermination de  $U_{50\%}$  ainsi que pendant la série ultérieure à 1,4 ( $U_{50\%}$ ) sont utilisés pour déterminer la courbe tension/temps d'amorçage au choc de manœuvre. Pour chaque essai au cours duquel se produit un amorçage, on trace le point correspondant à la plus haute tension atteinte avant l'amorçage et à la durée entre l'origine réelle et l'amorçage. La courbe tension/temps d'amorçage est une courbe lissée passant par les valeurs maximales de la tension enregistrée pour les deux polarités et prolongeant la courbe tension/temps d'amorçage au choc de foudre normal obtenue conformément à 8.3.3. Il est recommandé d'utiliser du papier graphique avec échelle verticale linéaire pour la tension et échelle horizontale logarithmique pour le temps.

#### 8.4 Mesure de la tension résiduelle

L'essai doit être effectué conformément à 7.1 et 8.1 sur trois échantillons de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre. Les échantillons peuvent être les mêmes que ceux utilisés pour les essais de 8.2 et 8.3 si on le désire. 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.

Lorsque l'essai est effectué sur une fraction de parafoudre, la tension résiduelle du parafoudre complet est déterminée comme le produit de la valeur mesurée par le rapport de la tension assignée du parafoudre complet à la tension assignée de la fraction.

##### 8.4.1 Tension résiduelle en choc de foudre

L'essai doit être effectué avec un choc de courant de forme 8/20; les tolérances de réglage doivent être telles que l'on mesure des valeurs de 7  $\mu$ s à 9  $\mu$ s pour le front et de 18  $\mu$ s à 22  $\mu$ s pour le temps jusqu'à la mi-valeur sur la queue. On soumet chacun des échantillons à au moins quatre chocs de courant, dont les valeurs de crête seront approximativement les suivantes: 0,25 - 0,5 - 1 et 2 fois le courant nominal de décharge du parafoudre. Le temps séparant les décharges doit être suffisant pour permettre à l'échantillon de revenir à une température approximativement égale à la température ambiante.

En traçant l'enveloppe supérieure des résultats d'essais, on obtient une courbe de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge. Cette courbe permet de déterminer la valeur de la tension résiduelle correspondant au courant nominal de décharge du parafoudre. Le meilleur moyen pour obtenir cette valeur est d'effectuer des essais à environ 0,8, 1,0 et 1,2 fois le courant nominal de décharge. Le but de l'essai à 0,25 fois le courant nominal, proposé ci-dessus, est de permettre l'essai de réception sur le parafoudre complet comme spécifié en 6.2.

##### 8.4.2 Tension résiduelle en choc de manœuvre

L'essai est effectué sur des modèles représentatifs de la production pour chaque conception suffisamment différente des parafoudres 10 kA à service intensif ou non-intensif et 5 kA, série A, dont la tension nominale est supérieure à 100 kV.

Les résultats d'essais obtenus par le constructeur conformément à 8.4.2.3 doivent permettre de déterminer la valeur maximale de la tension résiduelle en choc de manœuvre ou prouver que cette valeur maximale ne dépasse pas la valeur limite spécifiée.



Data for all sparkovers occurring in the test series to establish  $U_{50\%}$  as well as during the subsequent series at 1,4 ( $U_{50\%}$ ) is used in plotting the switching impulse sparkover-voltage/time curve. The highest voltage reached before sparkover is plotted against the time from actual zero to sparkover for each test in which sparkover occurs. The sparkover-voltage/time curve is drawn as a smooth curve through the maximum voltage values recorded for both polarities and blending in with the lightning impulse sparkover-voltage/time curve obtained by the procedure given in 8.3.3. It is recommended that coordinate paper with a vertical linear voltage scale and horizontal logarithmic time scale be used.

#### 8.4 Measurement of residual voltage

The test shall be made in accordance with 7.1 and 8.1 on three samples of complete arresters or arrester sections. The samples may be the same as those used for tests of 8.2 and 8.3 if desired. The voltage rating 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 12 kV.

When the test is performed on a section of an arrester, the residual voltage of the whole arrester is established as the product of the measured value by the ratio of the rated voltage of the whole arrester to the rated voltage of the section.

##### 8.4.1 Lightning impulse residual voltage

An 8/20 current impulse shall be used with limits on the adjustment of the equipment such that the measured values are from 7  $\mu$ s to 9  $\mu$ s for the front time and from 18  $\mu$ s to 22  $\mu$ s for the time to half value on the tail. At least four current impulses shall be applied to each sample with peak values of approximately 0,25, 0,5, 1 and 2 times the nominal discharge current of the arrester. The time between discharges shall be sufficient to permit the sample to return to approximately ambient temperature.

The maximum envelope of the test points are drawn in a residual-voltage/discharge-current curve. The residual voltage corresponding to the nominal discharge current is read on such a curve. Tests at approximately 0,8, 1,0 and 1,2 times the nominal discharge current provide the best means of evaluating the residual voltage at nominal discharge current. The purpose of the above test level at 0,25 times the nominal current is to accommodate acceptance tests on the complete arrester as provided for in 6.2.

##### 8.4.2 Switching impulse residual voltage

The test is made on representative production specimens for each significantly different design of either 10 kA light or heavy duty, or 5 kA series A arresters having a rated voltage above 100 kV.

The manufacturer's data on tests performed in accordance with 8.4.2.3 shall show the maximum switching impulse residual voltage or shall state that the maximum switching impulse residual voltage does not exceed the specified maximum switching impulse residual voltage.

La tension assignée des échantillons essayés doit être au moins égale à 3 kV, mais sans dépasser nécessairement 6 kV. Des essais peuvent être répétés sur un même échantillon à condition que le système de répartition de tension n'ait pas été endommagé par l'essai précédent. L'échantillon essayé doit être à la température ambiante avant chaque mesure.

#### 8.4.2.1 Circuit d'essai

On doit utiliser un générateur à constantes réparties composé de  $N$  étages d'inductances séries  $L_i$  et de capacités shunt  $C_i$  telles que:

L'impédance d'onde du générateur  $Z_G = \sqrt{L_i/C_i}$  est comprise entre 0,75 et 1,5 ohm par kV de tension assignée de l'échantillon.

La durée de l'onde de courant  $T_D = 2 \sum_{i=1}^{i=N} \sqrt{L_i C_i}$  est supérieure à 2 000  $\mu s$ .

Le nombre d'étages du générateur doit être égal ou supérieur à 10.

Une inductance  $L_T$ , dont la valeur est comprise entre 3 et 3,5 mH par kV de tension assignée de l'échantillon, est connectée en série entre le générateur et l'échantillon

La tension de charge du générateur  $E_G$  ramenée à la valeur de crête de la tension assignée de l'échantillon, est égale à la tension  $U_c$  du tableau 5.

#### 8.4.2.2 Mesures

On doit mesurer la valeur de crête maximale de la tension résiduelle avec un diviseur de tension à haute impédance après les 100 premières microsecondes de conduction par l'échantillon et noter la tension de charge du générateur.

NOTE - La mesure du courant est souhaitable mais n'est pas imposée pour l'interprétation de cet essai. La relation entre les valeurs maximales de la tension résiduelle et du courant de décharge mesurées sur l'échantillon est influencée par le type de circuit et ses constituants aussi bien que par la conception de l'échantillon.

#### 8.4.2.3 Procédure d'essai

La première étape est le repérage de la valeur maximale de la valeur de crête de la tension résiduelle de l'échantillon; celle-ci est mesurée pour différentes valeurs croissantes de la tension de charge du générateur à partir de la valeur de crête de la tension assignée de l'échantillon essayé et par paliers distants d'au plus 0,25 fois cette valeur, jusqu'à une tension ne dépassant pas nécessairement 2,5 fois cette valeur. Deux décharges doivent être appliquées à chaque niveau de tension; l'échantillon doit être changé au moins pour chaque niveau de tension.

Les mesures sont ensuite effectuées sur au moins six autres échantillons neufs auxquels on doit appliquer deux décharges par échantillon pour trois niveaux de charge: deux échantillons seront essayés à une tension de charge du générateur voisine de celle qui produit la plus grande valeur de la tension résiduelle lors de l'essai décrit plus haut et deux échantillons pour chacune des valeurs de charge différant de la précédente de  $\pm 25$  %.



The voltage rating of the test specimen shall be 3 kV or more but need not exceed 6 kV. Repeated testing of a specimen is permissible provided the voltage-building capability is not degraded by the previous operations. The test specimen shall be at ambient room temperature before each measurement.

#### 8.4.2.1 Test circuit

A distributed constant generator shall be used composed of  $N$  sections with series inductance  $L_i$  and shunt capacitance  $C_i$  such as:

Surge impedance of the generator  $Z_G = \sqrt{L_i/C_i}$  is between 0,75 and 1,5 ohms per kV of specimen rating.

The time duration  $T_D = 2 \sum_{i=1}^{i=N} \sqrt{L_i C_i}$  is greater than 2 000  $\mu\text{s}$ .

The number of generator sections shall be equal to or greater than 10.

Added inductance  $L_T$  is connected in series between the generator and the specimen to be 3 to 3,5 mH per kV of specimen rating.

The generator charge voltage  $E_G$  in per unit of the test specimen peak voltage rating is equal to  $U_c$  of table 5.

#### 8.4.2.2 Measurements

The maximum crest value of specimen residual voltage shall be measured after each initial 100  $\mu\text{s}$  of specimen conduction using a high impedance voltage divider. The generator charging voltage shall be recorded.

NOTE - The measurement of current may be desirable but it is not required in the evaluation of this test. The relationship of specimen maximum residual voltage and discharge current is affected by the type and components of the circuit as well as by the design of the specimen.

#### 8.4.2.3 Test procedure

The first operation is to determine the specimen's maximum peak residual voltage. Measurements are made at increasing generator charge voltage from 1,0 per unit of the test specimen peak voltage rating. Increments shall not be greater than 0,25 per unit. The test voltage need not exceed 2,5 per unit. At least one specimen shall be tested within each charge level with two discharges at each level.

Measurements are then made on at least six additional new specimens. These shall be tested with two discharges applied to each specimen for three charge levels: two specimens at approximately the generator charge voltage that produced the maximum residual voltage as explained above and two each within  $\pm 0,25$  per unit ranges of this generator charging voltage.

La tension résiduelle en choc de manoeuvre déterminée grâce à cet essai est la moyenne des trois valeurs les plus élevées mesurées.

## 8.5 Essais de tenue aux chocs de courant

### 8.5.1 Généralités

Chacun de ces essais doit être effectué, conformément à 7.1 et 8.1, sur trois échantillons neufs de parafoudres complets, de fractions de parafoudres ou (lorsque cela est spécifié en 8.5.3.3), seulement sur des éléments de résistances variables n'ayant subi aucun essai antérieurement à l'exception de ceux spécifiés pour des mesures préliminaires. La tension assignée de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV sans dépasser nécessairement 6 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.

### 8.5.2 Essais aux chocs de courant de grande amplitude

Avant les essais, on mesure sur chaque échantillon essayé la valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec, conformément à 8.2.

L'essai comporte l'application à chaque échantillon de deux chocs de courant de forme 4/10 dont les valeurs de crête sont indiquées dans le tableau 4.

Tableau 4 - Essai au choc de courant de grande amplitude

Classe de parafoudre (courant nominal de décharge) A	Valeur de crête du choc de courant de grande amplitude kA
10 000 service non intensif et service intensif	100
5 000 séries A et B	65
2 500	25
1 500	10

Entre les applications des chocs, on doit laisser les échantillons se refroidir jusqu'au voisinage de la température ambiante. On doit enregistrer simultanément la tension et le courant à chaque choc et les enregistrements de tension effectués sur le même échantillon ne doivent pas faire apparaître de différence importante. Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai doivent être telles que les caractéristiques mesurées des chocs de courant soient 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  $\mu$ s et 4,5  $\mu$ s;
- durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue comprise entre 9  $\mu$ s et 11  $\mu$ s;
- la valeur de crête de toute onde de courant de polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;
- de petites oscillations de l'onde sont tolérées, pourvu que leur amplitude au voisinage de la crête du choc n'excède pas 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions et en vue des mesures, une courbe moyenne doit être acceptée pour la détermination de la valeur de crête.

The switching impulse residual voltage as determined by this test is the average of the three highest values measured.

## 8.5 Current impulse withstand tests

### 8.5.1 General

Each of these tests shall be made in accordance with 7.1 and 8.1 on three new samples of complete arresters, arrester sections, or (where specified in 8.5.3.3) non-linear resistor elements only which have not been subjected previously to any tests except those specified for evaluation purposes. The rated voltage of the test samples shall be at least 3 kV 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.

### 8.5.2 High-current impulse test

Before the tests, the average dry power-frequency sparkover voltage is determined for each test sample as specified in 8.2.

The test consists of the application to each sample of two 4/10 current impulses with peak values as shown in table 4.

Table 4 - High-current impulse test

Arrester class (nominal discharge current) A		Peak value of high-current impulse kA
10 000	light and heavy duty	100
5 000	series A and B	65
2 500		25
1 500		10

The samples shall be permitted to cool between impulses to approximately ambient temperature. Both voltage and current shall be measured on each impulse and the voltage records on the same sample shall show no significant difference. 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  $\mu$ s to 4,5  $\mu$ s for virtual front time;
- from 9  $\mu$ s to 11  $\mu$ s 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 in the neighbourhood of 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.

A la suite du second choc de courant de grande amplitude et après refroidissement de l'échantillon de parafoudre en essai à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais d'amorçage à fréquence industrielle effectués avant l'essai aux chocs de courant de grande amplitude, afin de comparer ces valeurs.

### 8.5.3 Essais aux chocs de courant de longue durée

#### 8.5.3.1 Généralités

Avant l'essai aux chocs de courant de longue durée, on mesure sur chaque échantillon en essai la valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec (sauf si on utilise seulement des résistances variables, comme il est spécifié en 8.5.3.3) et la tension résiduelle au courant nominal de décharge, conformément à 8.2 et 8.4 respectivement.

Tous les essais sont effectués avec un générateur à constantes réparties dont l'annexe D décrit le principe général. Il n'est pas nécessaire que les éléments du circuit du générateur aient des valeurs identiques dans tous les étages du générateur. Si on utilise un générateur de choc auxiliaire pour provoquer la décharge du générateur à constantes réparties, l'énergie emmagasinée dans le premier ne doit pas dépasser 0,5 % de l'énergie emmagasinée dans le second.

Chaque essai aux chocs de courant de longue durée comporte l'application de 20 décharges réparties en quatre séries de cinq décharges. Les intervalles entre les décharges doivent être de 50 s à 60 s et les intervalles entre les séries doivent être de 25 min à 30 min. Des enregistrements oscillographiques de la tension aux bornes de l'échantillon en essai et du courant qui le traverse doivent être effectués au cours de la première et de la vingtième décharge de chaque essai.

A la suite de l'essai aux chocs de courant de longue durée, et après refroidissement de l'échantillon en essai à une température voisine de la température ambiante, on recommence les essais d'amorçage à fréquence industrielle et la détermination de la tension résiduelle qui ont été effectués avant l'essai aux chocs de courant de longue durée, afin de comparer ces valeurs.

#### 8.5.3.2 Parafoudres 10 000 A à service intensif

Les parafoudres de cette classe peuvent comporter des éclateurs limiteurs de courant qui ne permettent pas de maintenir un choc de courant rectangulaire complet. Il en résulte que les caractéristiques du générateur telles que le nombre d'étages, les capacités et inductances des éléments du générateur ainsi que les pertes doivent répondre à certaines prescriptions. La vérification de ces caractéristiques doit être effectuée au moyen du processus d'étalonnage qui suit avant de procéder aux essais aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres ou fractions servant d'échantillons.

Le générateur est chargé à une tension convenable  $U_d$ , au moins égale à 50 % de la tension de charge spécifique  $U_c$ , et ensuite déchargé dans une résistance de charge de faible inductance et dont la valeur ohmique  $R$  est approximativement égale à  $R_1$ . Les valeurs de  $U_c$  et de  $R_1$  figurent dans le tableau 5 pour cinq classes différentes de parafoudres correspondant à différents niveaux de résistance aux décharges.

Following the second high-current impulse and after the test sample arrester has cooled to near ambient temperature, the power-frequency sparkover tests which were made before the high-current test are repeated for comparison.

### 8.5.3 Long-duration current impulse test

#### 8.5.3.1 General

Before the long-duration current impulse test, the average dry power-frequency sparkover voltage (except where only non-linear resistors are used as specified in 8.5.3.3) and the residual voltage at nominal discharge current of each test sample are determined as specified in clauses 8.2 and 8.4 respectively.

All tests are performed with a generator of the distributed-constant type, the general principle of which is described in annex D. The circuit elements of the generator need not necessarily have identical values throughout all sections. If an auxiliary impulse generator is used to initiate the discharge of the distributed-constant generator, the stored energy of the former shall not exceed 0,5 % of the stored energy of the latter.

Each long-duration current impulse test consists of 20 discharge operations divided into four groups of five operations. Intervals between operations shall be 50 s to 60 s, and intervals between groups shall be 25 min to 30 min. Oscillographic records of the voltage across and current through the test sample shall be made on the first and twentieth operations of each test sequence.

Following the long-duration current impulse test and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the power-frequency sparkover tests and the residual voltage tests which were made before the long-duration current impulse test are repeated for comparison.

#### 8.5.3.2 Heavy-duty 10 000 A arresters

Arresters of this class may be fitted with current limiting gaps which do not permit the full rectangular current impulse to be maintained. Therefore, the characteristics of the generator, such as the number of sections, the capacitances and inductances of the generator elements, and the losses shall fulfil certain requirements and this shall be demonstrated by the following calibration procedure before the long-duration current impulse test on the sample arresters or sections.

The generator is charged to a suitable voltage,  $U_d$ , not less than 50 % of the specified charging voltage,  $U_c$ , and thereafter discharged through a low-inductance load resistor with a resistance,  $R$ , approximately equal to  $R_1$ . The values of  $U_c$  and  $R_1$  are given in table 5 for five different arrester classes based on different discharge withstand capabilities.

Tableau 5 - Paramètres pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 10 000 A à service intensif

Classe de décharge de longue durée	Valeurs de la résistance de charge $R_1$ $\Omega$	Durée conventionnelle de la crête $\mu s$	Tension de charge $U_c$ kV (courant continu)
1	$3,3 U_r^*$	2 000	$3,0 U_r^*$
2	$1,8 U_r$	2 000	$2,6 U_r$
3	$1,2 U_r$	2 400	$2,6 U_r$
4	$0,8 U_r$	2 800	$2,4 U_r$
5	$0,5 U_r$	3 200	$2,2 U_r$

\*  $U_r$  = tension assignée de l'échantillon essayé, en kilovolts.

NOTE - Les classes 1 à 5 du tableau ci-dessus correspondent à des tensions croissantes et à des niveaux croissants de résistance aux décharges. Le choix de la classe de décharge appropriée est fonction des exigences du réseau et fait l'objet de l'annexe C.

On considère que les caractéristiques du générateur conviennent si la valeur de crête du courant de décharge  $I_d$  est telle que le rapport:

$$k = \frac{U_d}{2 \cdot I_d \cdot R}$$

est compris entre 0,95 et 1,05. On exprime respectivement  $U_d$  en kilovolts,  $I_d$  en kilo-ampères et  $R$  en ohms. Le choc de courant doit être pratiquement rectangulaire, c'est-à-dire qu'il doit répondre aux prescriptions suivantes:

- La durée conventionnelle de la crête doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée au tableau 5.
- La durée conventionnelle totale du choc 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 doit déterminer la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.
- Si l'onde de courant est suivie d'une brève impulsion de polarité opposée, la valeur de crête de cette dernière ne doit pas dépasser 10 % de la valeur de crête de la première.

Après achèvement du processus d'étalonnage précédent, on effectue l'essai aux chocs de courant de longue durée sur le parafoudre échantillon en disposant ce dernier à la place de la résistance de charge et en augmentant la tension de charge jusqu'à  $U_c$ , si la valeur de  $k$  ne dépasse pas 1,0 ou jusqu'à  $kU_c$ , si  $k$  dépasse 1,0.

#### NOTES

- Les limites admises pour la valeur de  $k$  comprennent des tolérances de fabrication de la résistance de charge et l'écart entre l'impédance réelle du générateur et sa valeur théorique, c'est-à-dire  $R_1$ .
- Le faible accroissement prévu de la tension de charge a pour but de faire coïncider le courant présumé avec la valeur prescrite lorsque la somme de la valeur ohmique de la résistance de charge et de l'impédance du générateur dépasse  $2 R_1$ .  
(Note 3 à la page 56)



Table 5 - Parameters for the long-duration current impulse test on heavy-duty 10 000 A arresters

Long-duration discharge classe	Load resistor value $R_1$ $\Omega$	Virtual duration of peak $\mu s$	Charging voltage $U_c$ kV (d.c.)
1	$3,3 U_r^*$	2 000	$3,0 U_r^*$
2	$1,8 U_r$	2 000	$2,6 U_r$
3	$1,2 U_r$	2 400	$2,6 U_r$
4	$0,8 U_r$	2 800	$2,4 U_r$
5	$0,5 U_r$	3 200	$2,2 U_r$

\*  $U_r$  = rated voltage of the test sample, in kilovolts.

NOTE - The classes 1 to 5 of the above table correspond to increasing voltages and increasing discharge requirements. The selection of the appropriate discharge class is based on system requirements and is dealt with in Annex C.

The characteristics of the generator are considered correct if the peak value of the discharge current,  $I_d$ , is such that the value of the expression:

$$k = \frac{U_d}{2 \cdot I_d \cdot R}$$

lies between 0,95 and 1,05,  $U_d$  being expressed in kilovolts,  $I_d$  in kiloamperes and  $R$  in ohms, respectively. The current impulse shall be substantially rectangular, i.e. it shall fulfil 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.
- If the current pulse is followed by a short pulse of opposite polarity, the peak value of the latter shall not exceed 10 % of the peak value of the former.

For the long-duration current impulse test on the sample arrester after completion of the foregoing calibration procedure, the load resistor is replaced by the test sample and the charging voltage is increased to  $U_c$ , if the value of  $k$  does not exceed 1,0 or  $kU_c$ , if  $k$  exceeds 1,0.

#### NOTES

- The variation range permitted for the value of  $k$  is intended to include the manufacturing tolerances for the load resistor, and the deviation of the generator impedance from its ideal value, i.e. equal to  $R_1$ .
- The prescribed small increase in charging voltage is intended to restore the prospective current to the required value when the sum of the load resistor value and the generator impedance exceeds  $2 R_1$ .

(Note 3 to page 57)



NOTES (suite)

3 La valeur ohmique de la résistance de charge doit être approximativement égale à l'impédance d'onde du générateur en vue d'obtenir l'onde de courant spécifiée pratiquement rectangulaire et de s'assurer que le courant inverse, s'il existe, ne dépasse pas la limite spécifiée de 10 % du choc de courant principal.

8.5.3.3 Parafoudres 10 000 A à service non intensif, 5 000 A et 2 500 A

L'essai au choc de courant de longue durée est effectué seulement sur les résistances variables. Aucune vérification préliminaire du réglage du générateur n'est nécessaire.

Les résistances variables de l'échantillon en essai sont mises en parallèle ou en série parallèle avec d'autres résistances (linéaires ou variables) et soumises au nombre spécifié de décharges du générateur. On choisira le nombre et la résistance des résistances additionnelles ainsi que la tension de charge de telle façon que l'onde de courant traversant l'échantillon en essai ait la forme pratiquement rectangulaire définie en 8.5.3.2, et une durée conventionnelle de la crête ainsi qu'une valeur de crête du courant au moins égales à celles spécifiées au tableau 6.

Tableau 6 - Prescriptions pour l'essai aux chocs de courant de longue durée sur les parafoudres 10 000 A à service non intensif, 5 000 A et 2 500 A

Classe de parafoudre A	Valeur de crête du courant A	Durée conventionnelle de la crête $\mu$ s
10 000 à service non intensif	150	2 000
5 000 série A ou B	75	1 000
2 500	50	500

8.6 Essai de fonctionnement

Dans cet essai, on reproduit les conditions de service en appliquant simultanément au parafoudre un nombre fixé de chocs de courant spécifiés et une alimentation à fréquence industrielle de fréquence, tension et impédance spécifiées. L'annexe E décrit un circuit d'essai type qu'on peut utiliser.

L'essai doit être effectué conformément à 7.1, 7.2 et 8.1, sur trois échantillons neufs de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre n'ayant subi aucun essai antérieurement sauf ceux spécifiés pour comparaison ultérieure. 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 8.8.

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 sur les éclateurs de l'échantillon en essai et le courant de suite traversant l'échantillon représentent le mieux possible les conditions prévalant pour le parafoudre complet.

## NOTES (continued)

- 3 The load resistor value and the generator surge impedance will have to be approximately equal in order to obtain the specified substantially rectangular current impulse and to ensure that current reversal, if any, remains within the specified limit of 10 % of the main current impulse.

## 8.5.3.3 10 000 A light-duty, 5 000 A and 2 500 A arresters

The long-duration test is performed on the non-linear resistors only. No demonstration of the generator adjustment is required before the long-duration current impulse test on light-duty arresters.

The non-linear resistors of the test sample are paralleled or series-paralleled with other resistors (linear or non-linear) and subjected to the specified number of discharge operations of the generator. The number and resistance of the added resistors and the charging voltage shall be so chosen that the current impulse through the test sample shall have the substantially rectangular form defined in 8.5.3.2 with values of virtual duration of the peak of the impulse and peak current not less than those specified in table 6.

Table 6 - Requirements for the long-duration current impulse test on 10 000 A light-duty, 5 000 A and 2 500 A arresters

Arrester class A	Peak current A	Virtual duration of peak $\mu$ s
10 000 light-duty	150	2 000
5 000 series A or B	75	1 000
2 500	50	500

## 8.6 Operating-duty test

This is a test in which service conditions are simulated by the application to the arrester of a stipulated number of specified current impulses while it is energized by a power supply of specified frequency, voltage, and impedance. Annex E describes a typical test-circuit which may be used.

The test shall be made in accordance with 7.1, 7.2 and 8.1 on three new samples of complete arresters or arrester sections which have not been subjected previously to any tests except those specified for evaluation purposes. 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 8.8.

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 gaps of the test sample and the follow-current through the sample represent as closely as possible the conditions in the complete arrester.

Pour les parafoudres à répartition uniforme de la tension, la tension d'essai à fréquence industrielle à appliquer à la fraction de parafoudre en essai est obtenue en divisant la tension assignée du parafoudre complet par le nombre total,  $n$ , de fractions semblables. La répartition de la tension peut être considérée comme uniforme si  $n$  fois la tension d'amorçage à fréquence industrielle de la fraction ne dépasse pas 1,2 fois la tension d'amorçage à fréquence industrielle du parafoudre complet.

NOTE - L'expérience a montré que la répartition de la tension due au courant de suite est généralement plus uniforme que la répartition de la tension au moment de l'amorçage.

Pour les parafoudres à répartition non uniforme de la tension, la tension d'essai à fréquence industrielle doit être telle que la tension par éclateur dans la fraction de parafoudre essayée corresponde à la plus grande tension par éclateur dans le parafoudre complet. Cette tension d'essai doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. Son choix sera guidé par le rapport entre la tension d'amorçage de la fraction de parafoudre et la tension d'amorçage du parafoudre complet. Afin de conserver la valeur exacte du courant de suite, il est nécessaire que le rapport de la valeur des résistances variables de la fraction à la valeur totale des résistances variables du parafoudre complet soit identique au rapport de la tension d'essai à la tension assignée du parafoudre complet. Afin de remplir cette condition, il peut être nécessaire de choisir une combinaison d'éclateurs et d'éléments de résistance différente de celle qui est normalement employée dans le parafoudre complet. Si les éclateurs n'ont pas tous la même construction, il peut être nécessaire d'essayer plusieurs dispositions, en utilisant pour chaque construction la tension maximale par éclateur.

Avant l'essai de fonctionnement, on mesure sur chaque échantillon, conformément à 8.2 et 8.4 respectivement, la valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec et la tension résiduelle au courant nominal de décharge.

L'échantillon, éléments de répartition de la tension compris, est soit assemblé dans une enveloppe de même conception que celle devant être utilisée en service, soit monté dans une enceinte étanche conçue pour reproduire la même capacité calorifique et les mêmes pertes thermiques (en particulier en ce qui concerne le transfert axial de chaleur) que celles qui existeraient à l'intérieur du parafoudre réel. Les détails de la conception de l'enceinte d'essai et des dispositifs de montage et de connexion, ainsi que les résultats d'essais éventuellement réalisés pour démontrer l'équivalence thermique des dispositions d'essai et de service, doivent être fournis.

Le parafoudre ou la fraction de parafoudre est relié à une source d'énergie dont la fréquence est comprise entre 48 Hz et 62 Hz. L'impédance de la source doit être telle que, pendant le passage du courant de suite, la valeur de crête de la tension alternative mesurée aux bornes du parafoudre ne tombe pas au-dessous de la valeur de crête de la tension assignée de l'appareil essayé; après la coupure de courant de suite, la valeur de crête de la tension ne doit pas dépasser la valeur de crête de la tension assignée de plus de 10 %.

NOTE - Cette augmentation n'est autorisée que pour permettre l'emploi d'installations d'essai de puissance raisonnable et ne saurait justifier un dépassement de la tension assignée des parafoudres en service.

Un générateur de choc est relié au parafoudre par un éclateur; il est réglé pour produire un choc de courant 8/20, de valeur de crête égale au courant nominal de décharge du parafoudre. Au premier essai, l'amorçage du générateur doit être déclenché à 60° électriques environ avant que la tension alternative atteigne sa valeur de crête.

For arresters with uniform voltage distribution, the power-frequency test voltage to be applied to the test arrester section is the rated voltage of the complete arrester divided by the total number,  $n$ , of similar arrester sections. The arrester may be considered to have uniform voltage distribution if  $n$  times the power-frequency sparkover of the section is not more than 1,2 times the power-frequency sparkover of the complete arrester.

NOTE - Experience has shown that the voltage distribution due to the follow-current is generally more uniform than the voltage distribution at the instant of sparkover.

For arresters with non-uniform voltage distribution, the power-frequency test voltage shall be such that the voltage per gap in the sample section corresponds to the highest voltage per gap in the complete arrester. The test voltage shall be agreed to between manufacturer and purchaser. Guidance is given by the ratio of the sparkover voltage of the section to sparkover voltage of the complete arrester. To maintain the correct follow-current value, it is necessary that the ratio of the value of the non-linear resistors of the section to the value of the non-linear resistors of the complete arrester is the same as the ratio of the test voltage to the rated voltage of the complete arrester. To fulfill this condition, it may be necessary to select a combination of gap and resistor elements different from the combination normally used in the complete arrester. If the gaps are not all of the same construction, it may be necessary to test more than one arrangement using the maximum voltage per gap for each construction.

Before the operating-duty test, the average dry power-frequency sparkover voltage and the residual voltage at nominal discharge current of each sample are determined as specified in 8.2 and 8.4 respectively.

The test sample including grading components is either assembled in a housing of the same design as that to be used in service or mounted in a sealed enclosure. The enclosure shall be designed to reproduce the same heat capacity and thermal losses, with special reference to the axial heat transference, as would occur if the actual arrester were tested. Details of the design of the test enclosure, mounting and connection arrangements, together with the results of any tests carried out to demonstrate the thermal equivalence of the tests and service arrangement, shall be given.

The arrester or arrester section is connected across a power supply having a frequency within the range of 48 Hz to 62 Hz. The impedance of the power source shall be such that during the flow of follow-current, the peak value of power-frequency voltage, measured at the arrester terminals, does not fall below the peak value of the rated voltage of the test specimen and after the interruption of follow-current the peak voltage does not exceed the peak value of the rated voltage by more than 10 %.

NOTE - This increase is allowed only to permit use of test equipment of reasonable power capacity and should not be taken as justification for exceeding the rated voltage of arresters in service.

An impulse generator is connected across the arrester through a spark-gap and is adjusted to generate an 8/20 current impulse having a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The first test impulse shall be timed to occur approximately 60° electrical before voltage peak of the power-frequency voltage wave.



Si le courant de suite s'amorce nettement, l'essai est fait avec ce réglage. Si le courant de suite ne s'établit pas nettement pour ce déphasage, l'instant du déclenchement est retardé par échelons de  $10^\circ$  électriques vers la crête de la tension jusqu'à ce que le courant de suite s'amorce régulièrement; l'essai est alors fait avec ce dernier réglage. La polarité du choc provoquant l'amorçage doit être la même que celle de la demi-période de l'onde de tension à fréquence industrielle pendant laquelle le choc se produit. On applique vingt chocs répartis en quatre groupes de cinq chocs. L'intervalle entre les chocs d'un même groupe doit être de 50 s à 60 s. L'intervalle entre les groupes doit être de 25 min à 30 min, de façon à permettre le refroidissement de l'échantillon jusqu'à une température proche de la température ambiante, à moins que des périodes de refroidissement plus longues soient spécifiées par le constructeur avant l'essai. La tension assignée de l'échantillon doit être maintenue sur l'échantillon en essai pendant au moins une période de la tension à fréquence industrielle avant l'application de chaque choc de courant et pendant 10 s à la suite de cet dernier. Ces durées peuvent être augmentées pour permettre de disposer d'un temps suffisant pour la stabilisation de la tension, les mesures et la dispersion des temps de commutation etc. Dans le cas d'un parafoudre présenté par le constructeur comme capable de supporter la tension assignée pendant la durée de l'essai de fonctionnement, l'échantillon essayé doit demeurer soumis à sa tension assignée entre les chocs, entre les groupes de chocs et pendant au moins 10 s après la dernière décharge du dernier groupe.

Dans le cas d'éclateurs à haute tension d'arc (limiteurs de courant), le réglage décrit ci-dessus ne représente pas nécessairement les conditions les plus sévères; il faut, dans ce cas, modifier de façon appropriée l'instant du déclenchement pour obtenir la valeur la plus élevée du courant de suite.

Les tolérances admises sur le réglage de l'appareillage d'essai doivent être telles que les valeurs mesurées des caractéristiques du choc de courant soient comprises entre les limites suivantes:

- a) valeur de crête comprise entre 90 % et 110 % de la valeur spécifiée;
- b) durée conventionnelle de front comprise entre 7  $\mu$ s et 9  $\mu$ s;
- c) durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue comprise entre 18  $\mu$ s et 22  $\mu$ s.

Le courant de suite doit s'établir à chaque application d'un choc et l'échantillon en essai doit couper le courant de suite chaque fois. Des enregistrements durables de la tension à fréquence industrielle et du courant de suite correspondant à chaque décharge de chaque groupe doivent être effectués. Ces oscillogrammes doivent indiquer la tension aux bornes de l'échantillon essayé et le courant qui le traverse pendant la période comprenant un cycle complet de la tension à fréquence industrielle avant l'application du choc et jusqu'à 10 cycles complets après la coupure finale du courant de suite. Cette coupure finale du courant de suite doit se produire au plus tard à la fin de la demi-période suivant celle au cours de laquelle le choc est appliqué. Il ne doit se produire aucun amorçage de l'échantillon essayé pendant l'une des alternances suivant la coupure finale. La valeur de crête et la forme du courant de choc peuvent être déterminées soit pendant l'essai de fonctionnement, soit pendant un essai préalable, sans tension à fréquence industrielle appliquée au parafoudre; on ne doit pas appliquer plus de trois chocs à l'échantillon au cours de cet étalonnage.

A la suite de l'essai de fonctionnement, et après refroidissement de l'échantillon en essai jusqu'à une température voisine de la température ambiante, on recommence les mesures de la tension d'amorçage à fréquence industrielle et de la tension résiduelle qui ont été effectuées avant l'essai de fonctionnement, en vue de comparer ces valeurs.

If follow-current is established consistently, the test is made with this timing. If follow-current is not established consistently with this timing, the timing is retarded in approximately 10° steps towards voltage peak until follow-current occurs consistently, at which timing the test is made. The polarity of the initiating current shall be the same as that of the half cycle of power-frequency voltage during which it occurs. Twenty impulses are applied in four groups of five impulses. The interval between impulses shall be 50 s to 60 s. The interval between groups shall be 25 min to 30 min to allow the test sample to cool to near ambient temperature unless longer periods are specified by the manufacturer before the test. The rated voltage of the test sample shall be maintained across the test sample for at least one cycle of the power-frequency voltage preceding, and for 10 s following each application of the current impulse. These durations may be increased to allow sufficient time for voltage stabilization, measurement and scatter in switching times, etc. For arresters declared by the manufacturer to be capable of withstanding the rated voltage for the duration of the operating-duty test, the test sample shall remain energized at the rated voltage of the test sample between impulses, between groups of impulses and for at least 10 s following the last discharge of the last group.

In the case of high arc voltage (current-limiting) gaps, the timing described above would not necessarily represent the most onerous condition and an appropriate modification of the timing to obtain the highest value of follow-current shall be made.

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

- a) between 90 % and 110 % of the specified peak value;
- b) from 7  $\mu$ s to 9  $\mu$ s for the virtual front time;
- c) from 18  $\mu$ s to 22  $\mu$ s for the virtual time to half value of the tail.

Follow-current must be established by each test impulse and the test sample must interrupt the follow-current each time. Permanent oscillograms are required of the power-frequency voltage and follow-current associated with each discharge of each group. These oscillograms shall show the voltage across and the current through the test sample throughout the period from one complete cycle of the power-frequency voltage before application of the impulse to 10 complete cycles after the final interruption of the follow-current. Final interruption of the follow-current shall occur not later than at the end of the half-cycle following that in which the impulse is applied. There shall be no further sparkover of the test sample in any subsequent half-cycle. The peak value and wave shape of the current impulse may be determined either during the operating-duty test or during a preliminary test in which the power-frequency voltage may be switched off; no more than three impulses shall be applied to the test sample during this calibration.

Following the operating-duty test and after the test sample has cooled to near ambient temperature, the measurement of the power-frequency sparkover and the residual voltage, which were made before the operating-duty test, are repeated for comparison.

## 8.7 Essais du limiteur de pression

### 8.7.1 Généralités

Lorsqu'un parafoudre est muni d'un dispositif limiteur de pression, ce dernier doit être essayé conformément au présent article. Chaque essai doit être effectué sur un échantillon contenu dans une enveloppe neuve. Un tel échantillon doit être essayé au courant de grande amplitude (voir 8.7.2) et un échantillon différent au courant de faible amplitude (voir 8.7.3).

Afin d'amorcer le passage du courant de défaut dans l'échantillon de parafoudre soumis à l'essai, tous les éclateurs et éléments de résistance variable doivent être court-circuités par un fil fusible qui fondra dans les 30 premiers degrés électriques après l'application du courant d'essai. Le fil court-circuitant les éléments de résistance variable doit suivre le contour à proximité immédiate de la surface des résistances.

L'échantillon essayé doit être monté de manière à reproduire les conditions d'installation conformes aux recommandations du constructeur. L'extrémité supérieure doit être raccordée à la pièce inférieure d'un autre élément, ou à un capot d'extrémité, la disposition à adopter étant celle qui est la plus défavorable pour la limitation de la pression. La base doit être de niveau avec la partie supérieure d'une enceinte cylindrique sensiblement circulaire d'au moins 30 cm de hauteur, concentrique à l'échantillon et l'encerclant complètement. Le diamètre de l'enceinte doit être égal au diamètre de l'échantillon, augmenté de deux fois la hauteur de l'échantillon, avec un minimum de 1,8 m. 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 toutes les parties de l'échantillon restent à l'intérieur de l'enceinte cylindrique.

La fréquence industrielle de la source d'alimentation du circuit d'essai ne doit pas être inférieure à 48 Hz, ni supérieure à 62 Hz.

### 8.7.2 Essais à courant de grande amplitude du limiteur de pression

L'échantillon essayé doit être l'élément le plus long de chaque construction différente définie en 8.1 et cet essai doit être considéré comme apportant la preuve de la conformité aux spécifications des appareils de toutes tensions assignées de la même conception à la double condition que:

- a) cette construction soit telle que le nombre d'éclateurs série et le nombre de résistances variables en série sont proportionnels à la tension assignée de l'élément. Lorsque la construction est telle que les différents éléments d'un parafoudre contiennent des proportions différentes d'éclateurs et de résistances non-linéaires, la procédure d'essai doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et client;
- b) chaque élément du parafoudre comprenne une enveloppe de mêmes dimensions en coupe. Si le parafoudre est constitué d'éléments dont les enveloppes de porcelaine sont de conceptions différentes, c'est-à-dire lorsque l'unité de base est de plus grandes dimensions, les plus longs éléments de chaque conception doivent être essayés.

La puissance de court-circuit de la source d'alimentation doit être suffisamment élevée pour que la valeur efficace de la composante alternative du courant ne devienne pas inférieure à 75 % de la valeur spécifiée au bout d'un temps de 0,2 s, lorsque le parafoudre est court-circuité par un conducteur d'impédance négligeable. Le facteur de puissance en court-circuit du circuit d'essai ne doit pas être supérieur à 0,1 ( $X/R = 10$  ou plus).



## 8.7 Pressure-relief tests

### 8.7.1 General

When the arrester is fitted with a pressure-relief device, it shall be tested in accordance with this clause. Each test shall be made on a test sample contained in a new housing. One such sample shall be tested at high-current (see 8.7.2), and a separate sample at low-current (see 8.7.3).

In order to initiate the flow of current inside the test sample arrester, all of the series gaps and non-linear resistor elements shall be bypassed by a fuse wire which will melt within the first 30 electrical degrees after test current initiation. The fuse wire bypassing the non-linear resistor elements shall follow the contour in close proximity to the surface of the resistors.

The test sample shall be mounted to simulate installation conditions that are in accordance with the recommendations of the manufacturer. The upper end shall be terminated with the end configuration of another unit or the terminal cap, whichever is the more restrictive to pressure-relief. The base shall be level with the top of an approximately circular enclosure which is at least 30 cm high and which shall encircle the test sample and be concentric therewith. The diameter of the enclosure shall equal the sample diameter plus twice the sample height, with a minimum diameter of 1,8 m. 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 circular enclosure.

The power-frequency of the test supply shall be not less than 48 Hz and not over 62 Hz.

### 8.7.2 High-current pressure-relief tests

The test sample shall be the longest unit of each different design of arrester as defined in 8.1, and this test shall be regarded as demonstrating compliance with the requirements by arresters of all rated voltages of the same design provided that:

- a) the design is one where both series gaps and non-linear series resistors are incorporated in the unit in proportion of the voltage rating of the unit. Where the arrester design is such that different units of the arrester contain differing ratios of series gaps to non-linear series resistors, the test procedure shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser;
- b) each unit of the arrester employs a housing of the same cross-sectional dimensions. If the arrester incorporates units having different designs of porcelain housing, i.e., the base unit is of larger dimensions, the longest units of each design shall be tested.

The short-circuit capacity of the power source shall be high enough so that the r.m.s. value of the a.c. component of the current shall not fall below 75 % of the specified value in 0,2 s when the arrester is short-circuited by a link of negligible impedance. The short-circuit power factor of the test circuit shall be not higher than 0,1 ( $X/R = 10$  or more).

Les essais doivent être effectués avec un circuit monophasé et à une tension comprise entre 77 % et 107 % de la tension assignée du parafoudre, lorsque cela est possible. Cependant, il peut arriver que les essais sur des parafoudres à haute tension soient effectués dans une station d'essai qui ne dispose pas d'une puissance suffisante pour essayer tous les parafoudres à 77 % de la tension assignée. Il en résulte que l'on indique ci-après en variante, en 8.7.2.1 et 8.7.2.2 deux procédures pour réaliser l'essai à fort courant des limiteurs de pression.

NOTE - La tension de 77 % correspond à la tension appliquée à un parafoudre dont la tension assignée est de 75 % de la tension entre phases du réseau (c'est-à-dire à un endroit où le facteur de mise à la terre est de 75 %). Pour les endroits où le facteur de mise à la terre est de 80 % ou 100 %, la tension entre phase et terre sera égale respectivement à 72 % ou 58 % de la tension assignée du parafoudre.

Les essais sont effectués pour montrer la conformité avec une des classes de limiteurs de pression indiquées au tableau 7. Pendant les essais sur l'échantillon, le courant doit circuler pendant au moins 0,2 s mais des temps plus courts peuvent convenir pour la mesure du courant présumé ou pour le réglage du circuit.

Tableau 7 - Prescriptions pour les essais des limiteurs de pression

Classe de limiteur de pression	Classe de parafoudre	Valeur minimale de la composante périodique du courant de défaut présumé A (eff.)
80	10 000 A service intensif	80 000
63	10 000 A service intensif	63 000
50	10 000 A service intensif	50 000
40 (A)	10 000 A service intensif et non intensif	40 000
20 (B)	10 000 A service intensif et non intensif	20 000
10 (C)	10 000 A service intensif et non intensif	10 000
16 (D)	5 000 A série A	16 000
5 (E)	5 000 A série A	5 000

#### 8.7.2.1 Essais à fort courant à 77 % de la tension assignée.

On mesure d'abord le courant présumé au cours d'un essai où l'on court-circuite le parafoudre par un conducteur d'impédance négligeable. Les caractéristiques du circuit et la temporisation de l'interrupteur de fermeture doivent être telles que la valeur efficace de la composante périodique du courant soit au moins égale à la valeur correspondant à la classe de limiteur de pression indiquée au tableau 7 et que la valeur de crête du courant au cours de la première grande onde atteigne au moins 2,6 fois la valeur minimale de la composante périodique du courant de défaut présumé.

On enlève alors le conducteur de court-circuit et on essaye le parafoudre échantillon en utilisant les mêmes caractéristiques du circuit et la même temporisation.

La résistance de l'arc dont le développement est limité à l'intérieur du parafoudre réduit la composante périodique et la valeur de crête du courant. Ce phénomène n'enlève pas de valeur à l'essai parce que l'essai est effectué sous une tension au moins égale à la tension normale de service et que l'influence sur le courant pendant l'essai est la même que celle qui se produirait au cours d'un défaut en service. Un parafoudre ayant satisfait au présent essai est réputé capable de supporter un courant de défaut du réseau égal à la valeur efficace de la composante périodique du courant mesuré pendant l'essai où le parafoudre a été court-circuité par un conducteur d'impédance négligeable.

Tests shall be made on a single-phase circuit and at a voltage of 77 % to 107 % of the rated voltage of the arrester, whenever possible. However, it is expected that tests on high-voltage arresters will be made at a testing station which will not have sufficient power to make the tests on all arresters at 77 % of the rated voltage. Accordingly, two alternative procedures for making the high-current pressure-relief test are given below in 8.7.2.1 and 8.7.2.2.

NOTE - The 77 % voltage corresponds to the voltage applied to an arrester whose voltage rating is 75 % of the system phase-to-phase voltage (i.e., at a location having a 75 % coefficient of earthing). For locations having an 80 % or 100 % coefficient of earthing, the phase-to-earth voltage would be 72 % or 58 % of the arrester voltage rating respectively.

The tests are made to demonstrate compliance with one of the pressure-relief classes given in table 7. The test current shall be allowed to flow for at least 0,2 s during tests on the sample, although shorter times may be adequate for tests to measure the prospective current and to adjust the circuit.

Table 7 - Requirements for pressure-relief tests

Pressure-relief class	Arrester class	Minimum prospective symmetrical fault current A (r.m.s.)
80	10 000 A heavy-duty	80 000
63	10 000 A heavy-duty	63 000
50	10 000 A heavy-duty	50 000
40 (A)	10 000 A light or heavy duty	40 000
20 (B)	10 000 A light or heavy duty	20 000
10 (C)	10 000 A light or heavy duty	10 000
16 (D)	5 000 A series A	16 000
5 (E)	5 000 A series A	5 000

#### 8.7.2.1 High-current tests at 77 % rated voltage

The prospective current shall first be measured by making a test with the arrester shunted by a link of negligible impedance. The circuit parameters and timing of the closing switch shall be such that the r.m.s. value of the a.c. component of the current shall equal or exceed the appropriate value for the pressure-relief class given in table 7 and the peak value of the current in the first major loop shall be at least 2,6 times the minimum prospective symmetrical fault current.

The shunting link is then removed and the sample arrester is tested using the same circuit parameters and timing.

The resistance of the restricted arc inside the arrester will reduce the a.c. component and peak value of the current. This does not invalidate the test since this test is made with at least normal service voltage and the effect on the test current is the same as would be experienced during a fault in service. The arrester is credited with having passed a test in which the fault current is the r.m.s. value of the a.c. component of the prospective current measured in the test with the arrester shunted by a link of negligible impedance.

#### 8.7.2.2 Essais à fort courant à moins de 77 % de la tension assignée.

Lorsque les essais sont effectués sous une tension du circuit d'essai notablement inférieure à 77 % de la tension assignée de l'échantillon en essai, la résistance de l'arc interne est anormalement élevée par rapport à l'impédance du circuit d'essai de telle sorte que la composante périodique et la valeur de crête du courant peuvent être notablement inférieures à celles qui existeraient si l'essai était effectué à 77 % de la tension assignée. Il pourrait alors être incorrect d'attribuer au parafoudre la valeur du courant présumé. Pour cette raison, lorsque les essais sont effectués à moins de 77 % de la tension assignée du parafoudre, la valeur de crête de la première grande onde de courant traversant le parafoudre doit être égale à au moins 2,6 fois la valeur efficace de la composante périodique du courant de défaut présumé choisie dans le tableau 7 et correspondant à la classe de limiteur de pression convenable; en outre la valeur efficace de la composante périodique du courant traversant le parafoudre doit être au moins égale à ce courant.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer un essai préliminaire en court-circuitant le parafoudre avec un conducteur d'impédance négligeable, mais, dans le choix des caractéristiques du circuit d'essai, il est recommandé de tenir compte de l'influence de la résistance de l'arc interne qui dépend de la longueur et de la limitation du développement de l'arc à l'intérieur de l'enveloppe du parafoudre, ce qui peut exiger une augmentation du courant présumé, principalement lorsque la tension du circuit d'essai est notablement inférieure à 77 % de la tension assignée du parafoudre.

#### 8.7.3 Essais à courant de petite amplitude du limiteur de pression.

Le parafoudre échantillon essayé peut correspondre à une tension assignée quelconque du type de construction considéré et cet essai suffit à prouver la conformité aux spécifications de toutes les tensions assignées d'une même construction. Avec une tension du circuit d'essai comprise entre 77 % et 107 % de la tension assignée de l'échantillon essayé, on règle les caractéristiques du circuit de façon à faire passer dans l'échantillon en essai un courant de 800 A efficace ( $\pm 10\%$ ) mesuré à un moment correspondant approximativement à 0,1 s après le début du passage du courant. Le courant doit passer jusqu'à ce qu'il se produise un échappement de gaz et la réduction du courant au cours de l'essai ne doit pas dépasser 10 % de la valeur initiale du courant.

NOTE - Si l'échappement des gaz ne se produit pas au cours de l'essai, il convient, avant de s'approcher de l'appareil, de veiller à faire disparaître la pression qui peut encore être très élevée à l'intérieur du parafoudre même lorsque ce dernier est froid.

### 8.8 Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres

#### 8.8.1 Généralités

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 30 cm de longueur, disposée de façon à permettre la liberté de mouvement du dispositif de déconnexion lors de son fonctionnement.

#### 8.7.2.2 *High-current tests at less than 77 % rated voltage*

When tests are made with a test-circuit voltage appreciably less than 77 % of the voltage rating of the test sample, the resistance of the internal arc is disproportionally high compared with the impedance of the test-circuit, so that the a.c. component and peak value of the current may be significantly less than if the test were made at 77 % of the voltage rating. Therefore, it may be incorrect to credit the arrester with the prospective current value. For this reason, when tests are made at less than 77 % of the rated voltage of the arrester, the peak value of the first major loop of current through the arrester shall be at least 2,6 times the prospective symmetrical fault current from table 7 and appropriate to the pressure-relief class. Additionally, the r.m.s. value of the a.c. component shall be at least equal to this current.

It is not essential to make a preliminary test with a link of negligible impedance shunting the arrester, but allowance should be made in selecting the test-circuit parameters for the effect of the internal arc resistance which will vary with the length and restriction of the arc within the arrester housing, and this may necessitate increasing the prospective current, particularly when the voltage of the test circuit is appreciably lower than 77 % of the voltage rating of the arrester.

#### 8.7.3 *Low-current pressure-relief tests*

The test sample arrester may be any rating of the design under consideration and this test demonstrates compliance of all ratings of the same design. With a test-circuit voltage equal to 77 % to 107 % of test sample rating, the circuit parameters are adjusted so as to produce a current through the test sample of 800 A, r.m.s. ( $\pm 10$  %) measured at approximately 0,1 s after start of current flow. The current shall flow until venting occurs and the decrement during the test shall not exceed 10 % of that measured initially.

NOTE - Should an arrester fail to vent during the test, care should be taken before approaching the arrester to relieve the internal pressure which may still be very high even when cool.

### 8.8 Tests of arrester disconnectors

#### 8.8.1 *General*

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 normal 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.



### 8.8.2 *Essais de tenue au courant de choc et lors du fonctionnement.*

Comme il est indiqué en 8.5 et 8.6, ces essais sont 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:

#### 8.8.2.1 *Essai aux chocs de courant de grande amplitude*

Cet essai est effectué conformément à 8.5.1 et 8.5.2 avec une valeur de crête du courant correspondant à la classe la plus élevée des parafoudres auxquels peut être associé le dispositif de déconnexion.

#### 8.8.2.2 *Essai aux chocs de courant de longue durée*

Cet essai est effectué conformément à 8.5.1, 8.5.3.1 et 8.5.3.3 avec une valeur de crête du courant et une durée correspondant à la classe la plus élevée (voir tableau 6) des parafoudres auxquels peut être associé le dispositif de déconnexion.

#### 8.8.2.3 *Essai de fonctionnement*

Cet essai est effectué conformément à 8.6, en plaçant l'échantillon du dispositif de déconnexion en série avec la fraction de parafoudre échantillon en essai possédant le plus grand courant de suite de tous les parafoudres auxquels peut être associé le dispositif de déconnexion.

### 8.8.3 *Fonctionnement du dispositif de déconnexion*

#### 8.8.3.1 *Détermination de la courbe temps/courant*

Trois points de cette courbe sont déterminés en faisant passer dans le dispositif de déconnexion essayé, avec ou sans parafoudre (voir 8.8.1), trois valeurs différentes d'un courant établi symétrique de valeur efficace 20 A, 200 A et 800 A ( $\pm 10\%$ ).

Lorsque les essais sont effectués sur des dispositifs de déconnexion qui sont affectés par l'échauffement interne des parafoudres associés, les résistances variables et les éclateurs série doivent être court-circuités 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 et les éclateurs de ce dernier doivent être court-circuités ou remplacés 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 dépend le fonctionnement du déconnecteur. La tension d'essai peut ne pas dépasser la valeur de la plus faible tension assignée des parafoudres auxquels peut être associé le dispositif de déconnexion.



## 8.8.2 *Current impulse withstand and operating-duty tests*

As noted in 8.5 and 8.6 these tests are made at the same time as the tests on the arrester in the case of 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 must withstand, without operating, each of the following tests, three new samples being used for each different test:

### 8.8.2.1 *High-current impulse test*

This test is made in accordance with 8.5.1 and 8.5.2 with the peak current corresponding to the highest classification of arrester with which the disconnector is designed to be used.

### 8.8.2.2 *Long-duration current impulse test*

This test is made in accordance with 8.5.1, 8.5.3.1 and 8.5.3.3 with the peak current and duration corresponding to the highest classification of arrester (see table 6) with which the disconnector is designed to be used.

### 8.8.2.3 *Operating-duty test*

This test is made in accordance with 8.6, with the sample disconnector in series with a test sample section of the arrester design having the highest follow-current of all the arresters with which it is designed to be used.

## 8.8.3 *Disconnector operation*

### 8.8.3.1 *Time/current curve test*

Data for a time/current curve are obtained at three different symmetrically initiated current levels, i.e., 20 A, 200 A and 800 A, r.m.s. ( $\pm 10\%$ ), flowing through test sample disconnectors with or without arresters as required by 8.8.1.

For tests on disconnectors affected by internal heating of the associated arresters, the non-linear resistors and series gaps must 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 and series gaps 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 depends. The test voltage may not exceed the rated voltage of the lowest-rated arrester with which the disconnector is designed to be used.

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. La temporisation de l'interrupteur de fermeture doit assurer 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 du courant.

Pour tous les échantillons essayés, on trace la courbe de la valeur efficace du courant traversant l'appareil en fonction de la durée du courant jusqu'au premier déplacement du dispositif de déconnexion. La caractéristique temps/courant du dispositif de déconnexion est une courbe lissée passant par les points correspondant aux durées maximales.

En variante, pour les dispositifs de déconnexion fonctionnant avec un retard notable, on peut tracer la caractéristique temps/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/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.

#### 8.8.3.2 *Evaluation des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de déconnexion*

Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente. S'il y a doute à ce sujet, on appliquera pendant 1 min une tension à fréquence industrielle égale à 1,2 fois la valeur la plus élevée des tensions assignées des parafoudres auxquels peut être associé le dispositif de déconnexion; le courant ne doit alors pas dépasser 1 mA (valeur efficace).

The parameters of the test circuit are adjusted, with the test sample shunted by a link of negligible impedance, to produce the required value of current. The closing switch shall 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 is removed.

The current flow is 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 is plotted for all the samples tested. The time/current characteristic curve of the disconnector is drawn as a smooth curve through the points representing maximum duration.

Alternatively, for disconnectors which operate with an appreciable time delay, the time/current curve test may 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. If successful operations of the disconnector occur in five tests out of five trials, or, if one unsuccessful test occurs, five successful out of five additional trials occur, the point is used for the time/current curve.

#### 8.8.3.2 *Evaluation of disconnector performance*

There must be clear evidence of effective and permanent disconnection by the device. If there be any question of this, 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 1 min without current flow in excess of 1 mA, r.m.s.

Tableau 8 - Tensions maximales d'amorçage au choc (voir 8.3) et résiduelle (voir 8.4)  
Valeurs rapportées à la tension assignée  $U_r$

Tension assignée du parafoudre $U_r$  kV, valeur efficace	Tension maximale d'amorçage au choc de foudre normal  kV valeur de crête		Choc de foudre pour essai sur le front de l'onde  Valeur assignée de la raideur du front kV/ms	Tension maximale d'amorçage  kV valeur de crête		Tension maximale d'amorçage au choc de manœuvre  kV valeur de crête	Tension résiduelle maximale pour le courant nominal de décharge  kV valeur de crête	
	Parafoudres 10 000 A service intensif	Parafoudres 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A service non intensif		Parafoudres 10 000 A service intensif	Parafoudres 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A service non intensif		Parafoudres 10 000 A service intensif	Parafoudres 2 500 A, 5 000 A et 10 000 A service non intensif
$0,15 < U_r \leq 0,3$	-	$8,0 U_r$	10	-	$12,0 U_r$	-	-	$8,0 U_r$
$0,3 < U_r \leq 0,6$	-	$6,0 U_r$	10	-	$7,5 U_r$	-	-	$6,0 U_r$
$0,6 < U_r \leq 1,2$	-	$5,0 U_r$	10	-	$6,0 U_r$	-	-	$5,0 U_r$
$1,2 < U_r \leq 10$	-	$3,6 U_r$	$8,3 U_r$	-	$4,15 U_r$	-	-	$3,60 U_r$
$10 < U_r \leq 120$	$2,80 U_r$	$3,33 U_r$	$7,0 U_r$	$3,20 U_r$	$3,85 U_r$	-	$2,80 U_r$	$3,33 U_r$
$120 < U_r \leq 200$	$2,60 U_r$	$3,00 U_r$	$6,0 U_r$	$3,00 U_r$	$3,45 U_r$	-	$2,60 U_r$	$3,0 U_r$
$200 < U_r \leq 300$	$2,60 U_r$	-	1 300	$3,00 U_r$	-	$2,75 U_r$	$2,60 U_r$	-
$300 < U_r \leq 420$	$2,50 U_r$	-	1 500	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$	-
Supérieure à 420	$2,50 U_r$	-	2 000	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$	-

Table 8 - Maximum impulse sparkover (see 8.3) and residual voltages (see 8.4)  
Values referred to  $U_r$

Rated arrester voltage $U_r$  kV r.m.s.	Maximum standard lightning impulse sparkover voltage		Nominal steepness of wavefront kV/ $\mu$ s	Front-of-wave lightning impulse		Maximum switching impulse sparkover voltage kV peak	Maximum residual voltage at nominal discharge current	
	10 000 A heavy-duty arresters	2 500 A, 5 000 A, 10 000 A light-duty arresters		10 000 A heavy-duty arresters	2 500 A, 5 000 A, 10 000 A light-duty arresters		10 000 A heavy-duty arresters	2 500 A, 5 000 A, 10 000 A light-duty arresters
$0,15 < U_r \leq 0,3$	-	$8,0 U_r$	10	-	$12,0 U_r$	-	-	$8,0 U_r$
$0,3 < U_r \leq 0,6$	-	$6,0 U_r$	10	-	$7,5 U_r$	-	-	$6,0 U_r$
$0,6 < U_r \leq 1,2$	-	$5,0 U_r$	10	-	$6,0 U_r$	-	-	$5,0 U_r$
$1,2 < U_r \leq 10$	-	$3,6 U_r$	$8,3 U_r$	-	$4,15 U_r$	-	-	$3,60 U_r$
$10 < U_r \leq 120$	$2,80 U_r$	$3,33 U_r$	$7,0 U_r$	$3,20 U_r$	$3,85 U_r$	-	$2,80 U_r$	$3,33 U_r$
$120 < U_r \leq 200$	$2,60 U_r$	$3,00 U_r$	$6,0 U_r$	$3,00 U_r$	$3,45 U_r$	-	$2,60 U_r$	$3,0 U_r$
$200 < U_r \leq 300$	$2,60 U_r$	-	1 300	$3,00 U_r$	-	$2,75 U_r$	$2,60 U_r$	-
$300 < U_r \leq 420$	$2,50 U_r$	-	1 500	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$	-
$U_r > 420$	$2,50 U_r$	-	2 000	$2,90 U_r$	-	$2,45 U_r$	$2,50 U_r$	-

## **Annexe A (normative)**

### **Conditions de service anormales**

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 signalés au constructeur:

- 1) Température supérieure à +40°C ou inférieure à –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) Mélanges explosifs de poussières, gaz ou vapeurs.
- 7) Vibration anormale ou chocs mécaniques.
- 8) Transport ou emmagasinage inhabituel.
- 9) Lavage sous tension du parafoudre.
- 10) Fréquence nominale du réseau inférieure à 48 Hz ou supérieure à 62 Hz.



## **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 have to 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) Explosive mixtures of dust, gases, or fumes.
- 7) Abnormal vibration or mechanical shocks.
- 8) Unusual transportation or storage.
- 9) Live washing of arrester.
- 10) Nominal system frequency below 48 Hz or above 62 Hz.

## **Annexe B** **(informative)**

### **Renseignements caractéristiques fournis dans les appels d'offres et les offres**

#### **B.1 Renseignements fournis dans les appels d'offres**

##### **B.1.1 Caractéristiques du réseau**

- tension la plus élevée du réseau;
- fréquence;
- tension maximale par rapport à la terre en cas de défaut du réseau (facteur de défaut à la terre ou système de mise à la terre du neutre);
- durée maximale des défauts à la terre;
- valeur et durée maximales des surtensions temporaires (défaut à la terre, perte de charge, ferromagnétique);
- niveau d'isolement du matériel à protéger;
- courant de court-circuit du réseau à l'emplacement du parafoudre.

##### **B.1.2 Conditions de service**

- a) Conditions normales (voir 4.4).
- b) Conditions anormales:
  - conditions ambiantes (voir 4.4.2 et l'annexe A);
  - niveau de pollution naturelle (voir CEI 71-2);
  - éventualité d'un fonctionnement en survitesse des alternateurs (caractéristiques de tension en fonction du temps);
  - fréquence nominale du réseau non comprise entre 48 Hz et 62 Hz;
  - réjection de charge et défaut à la terre simultanés;
  - dans un réseau dont le neutre est normalement relié à la terre isolation du neutre, lors de défauts, pour une partie de ce réseau;
  - compensation défectueuse du courant de défaut à la terre;

##### **B.1.3 Utilisation des parafoudres**

- a) Raccordement au réseau:
  - phase-terre;
  - neutre-terre;
  - phase-phase.