

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 99-1

Deuxième édition — Second edition

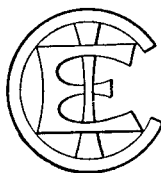
1970

Parafoudres

Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif

Lightning arresters

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



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60099-1:1970

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 99-1

Deuxième édition — Second edition

1970

Parafoudres

Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif

Lightning arresters

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



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages	
PRÉAMBULE	4	
PRÉFACE	4	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS		
Articles		
1. Domaine d'application.	6	
2. Conditions normales de service	6	
SECTION DEUX — DÉFINITIONS		
3 - 49.	6	
SECTION TROIS — IDENTIFICATION ET VALEURS NOMINALES NORMALES		
50. Identification du parafoudre	16	
51. Tensions nominales normales	16	
52. Fréquences nominales normales	16	
53. Valeurs normales des courants de décharge nominaux	16	
SECTION QUATRE — CLASSIFICATION DES PARAFONDRES		
54. Classification des parafoudres	16	
SECTION CINQ — CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS		
55. Echantillons destinés aux essais et mesures	16	
56. Essais de tension à fréquence industrielle	18	
57. Essais sous pluie	18	
58. Essai de pollution des enveloppes	20	
SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE		
59. Généralités	22	
60. Essais de tension d'amorçage à fréquence industrielle	22	
61. Essais de tension d'amorçage au choc	24	
62. Essai de vérification de la tension résiduelle	28	
63. Essais de tenue aux courants de choc	30	
64. Essai de fonctionnement	36	
65. Essais du limiteur de pression	38	
66. Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres	42	
SECTION SEPT — ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION		
67. Essais individuels	46	
68. Essais de réception normaux	46	
ANNEXES A — Circuit type pour l'essai de fonctionnement (article 64)		52
B — Conditions de services anormales		56
C — Guide d'application des parafoudres à résistance variable utilisés pour les réseaux à courant alternatif		58
D — Propositions pour les essais de pollution artificielle des parafoudres		60
E — Circuit de générateur de choc à constantes réparties pour l'essai aux ondes de courant de longue durée (paragraphe 63.3)		72

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Normal service conditions	7
SECTION TWO — DEFINITIONS	
3 – 49.	7
SECTION THREE — IDENTIFICATION AND STANDARD RATINGS	
50. Arrester identification	17
51. Standard voltage ratings	17
52. Standard rated frequencies	17
53. Standard nominal discharge currents	17
SECTION FOUR — ARRESTER CLASSIFICATION	
54. Arrester classification	17
SECTION FIVE — GENERAL TESTING PROCEDURE	
55. Test samples and measurements	17
56. Power-frequency voltage tests	19
57. Wet tests	19
58. Polluted housing test	21
SECTION SIX — TYPE TESTS (DESIGN TESTS)	
59. General	23
60. Power-frequency voltage sparkover tests	23
61. Voltage impulse sparkover tests	25
62. Residual voltage test	29
63. Current impulse withstand tests	31
64. Operating-duty test	37
65. Pressure-relief tests	39
66. Tests of arrester disconnectors	43
SECTION SEVEN — ROUTINE TESTS AND ACCEPTANCE TESTS	
67. Routine tests	47
68. Standard acceptance tests	47
APPENDIX A — Typical circuit for operating-duty test (Clause 64)	53
B — Abnormal service conditions	57
C — Guide to the application of non-linear resistor type lightning arresters for a.c. systems	59
D — Proposals for the artificial pollution testing of lightning arresters	61
E — Typical circuit for a distributed-constant impulse generator for the long-duration current impulse test (Sub-clause 63.3)	73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PARAFOUDRES

Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif

PRÉAMBULE

- 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 cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 37 de la CEI: Parafoudres.

Elle constitue la deuxième édition de la Publication 99-1 et remplace la première édition parue en 1958.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Bucarest en 1962, à Venise en 1963, à Aix-les-Bains en 1964, à Tokyo en 1965 et à Paris en 1967. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1968.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Finlande
France
Iran
Israël
Italie

Norvège
Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIGHTNING ARRESTERS

Part 1: Non-linear resistor type 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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 37, Lightning Arresters.

It forms the second edition of Publication 99-1 and supersedes the first edition issued in 1958.

Drafts were discussed at meetings held in Bucharest in 1962, in Venice in 1963, in Aix-les-Bains in 1964, in Tokyo in 1965 and in Paris in 1967. As a result of this latter meeting, a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1968.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Poland
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Iran	United Kingdom
Israel	Yugoslavia
Italy	

PARAFOUDRES

Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation 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 à chaque fois le courant de suite. Elle s'applique particulièrement aux parafoudres comportant un éclateur simple ou multiple en série avec une ou plusieurs résistances variables.

2. Conditions normales de service

Les parafoudres conformes à la présente recommandation conviennent dans les conditions normales de service suivantes:

- a) Température ambiante comprise entre -40°C et $+40^{\circ}\text{C}$.
- b) Altitude ne dépassant pas 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 nominale.

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à d'autres conditions de service que celles ci-dessus peuvent exiger une étude spéciale pour leur fabrication ou leur utilisation et chaque cas doit être étudié avec le constructeur. Pour les conditions de services anormales voir l'annexe B et l'annexe C: « Guide d'application des parafoudres à résistance variable utilisés pour les réseaux à courant alternatif ».

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

En vue de cette recommandation, les définitions suivantes s'appliquent.

3. 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.

4. Parafoudre à résistance variable

Parafoudre ayant un éclateur simple ou multiple connecté en série avec une ou plusieurs résistances variables.

5. Eclateur série d'un parafoudre

Intervalle réalisé (ou intervalles réalisés) entre les électrodes situées en série avec la résistance variable (ou les résistances variables) du parafoudre.

6. 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.

LIGHTNING ARRESTERS

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

SECTION ONE — GENERAL

1. **Scope**

This Recommendation 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 lightning arresters consisting of single or multiple spark gaps in series with one or more non-linear resistors.

2. **Normal service conditions**

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

- a) Ambient temperature within the range of -40°C to $+40^{\circ}\text{C}$ (-40°F to $+104^{\circ}\text{F}$).
- b) Altitude not exceeding 1 000 m (3 300 ft).
- 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.

Arresters subjected to other than normal application or service conditions may require special consideration in manufacture or application and each such case should be discussed with the manufacturer. See Appendix B for abnormal service conditions and Appendix C, "Guide to the application of non-linear resistor type lightning arresters for a.c. systems".

SECTION TWO — DEFINITIONS

For the purposes of this Recommendation, the following definitions are applicable.

3. **Lightning arrester (surge diverter)**

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 "lightning 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. — Lightning 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.

4. **Non-linear resistor type (valve type) arrester**

An arrester having a single or a multiple spark-gap connected in series with one or more non-linear resistors.

5. **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.

6. **Non-linear series resistor of an arrester**

The part of the lightning 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.

7. **Fraction de parafoudre**

Partie d'un parafoudre contenue dans une enveloppe avec tous ses éléments, et comportant en série des éclateurs et des résistances variables dans le rapport nécessaire pour représenter le comportement d'un parafoudre complet lors d'un essai particulier.

8. **Élément de parafoudre**

Partie d'un parafoudre de fabrication normale entièrement contenue dans une enveloppe et dont la mise en série avec d'autres éléments permet de réaliser un parafoudre de tension nominale plus élevée. Un élément de parafoudre n'est pas nécessairement une fraction de parafoudre.

9. **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 contournement à l'intérieur du parafoudre.

10. **Tension nominale du 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.

11. **Fréquence nominale du parafoudre**

Fréquence du réseau pour lequel le parafoudre est prévu.

12. **Décharge disruptive**

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

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

13. **Perforation**

Décharge disruptive à travers un solide.

14. **Contournement**

Décharge disruptive le long d'une surface solide.

15. **Amorçage d'un parafoudre**

Décharge disruptive entre les électrodes des éclateurs d'un parafoudre.

16. **Onde de 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, de petites ondes de la polarité opposée.

Les paramètres qui définissent une onde de 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.

17. **Onde de choc rectangulaire**

Onde de choc qui croît rapidement jusqu'à une valeur maximale, se maintient à peu près constante pendant une durée déterminée et tombe ensuite rapidement à zéro.

Les paramètres qui définissent une onde de choc rectangulaire sont la polarité, la valeur de crête, la durée conventionnelle de la crête et la durée conventionnelle totale.

7. **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.

8. **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.

9. **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.

10. **Rated voltage of an arrester**

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

11. **Rated frequency of an arrester**

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

12. **Disruptive discharge**

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

Note. — A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of electric strength; in a liquid or gaseous dielectric the loss may be only temporary.

13. **Puncture (breakdown)**

A disruptive discharge through a solid.

14. **Flashover**

A disruptive discharge over a solid surface.

15. **Sparkover of an arrester**

A disruptive discharge between the electrodes of the gaps of an arrester.

16. **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.

17. **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.

18. **Valeur de crête d'une onde de choc**

Valeur maximale de la tension ou du courant de l'onde de choc. Lorsque des oscillations se superposent à la crête, voir les paragraphes 61.2, 63.2e) et 63.3.2c).

19. **Front d'une onde de choc**

Partie de l'onde précédant la crête.

20. **Queue d'une onde de choc**

Partie de l'onde postérieure à la crête.

21. **Onde de tension de choc pleine**

Onde de tension de choc qui n'est pas interrompue par un amorçage, un contournement ou une perforation.

22. **Onde de tension de choc coupée**

Onde de tension de choc qui est interrompue sur le front, la crête ou la queue par un amorçage, un contournement ou une perforation causant ainsi une chute soudaine de la tension.

23. **Valeur de crête présumée d'une onde de choc coupée**

Valeur de crête de l'onde de tension de choc pleine dont dérive une onde de tension de choc coupée.

24. **Origine conventionnelle d'une onde de 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 ondes de tension comportant une durée du front de l'onde inférieure ou égale à 30 μ s, les points de référence seront à 30 % et 90 % de la valeur de crête.

b) Pour les ondes de tension comportant une durée de front de l'onde supérieure à 30 μ s, l'origine est généralement bien définie et ne nécessite pas de définition artificielle.

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

Note. — Cette définition ne s'applique que lorsque à la fois les échelles des ordonnées et celles des abscisses sont linéaires. Voir également la note de l'article 25.

25. **Durée conventionnelle du front d'une onde de choc (T_1)**

Durée, exprimée en microsecondes, égale à :

a) pour les ondes de tension comportant des durées du front de l'onde inférieures ou égales à 30 μ s, 1,67 fois le temps nécessaire à la tension pour croître de 30 % à 90 % de sa valeur de crête;

b) pour les ondes de tension comportant des durées du front de l'onde supérieure à 30 μ s, 1,05 fois le temps nécessaire à la tension pour croître de 0 à 95 % de sa valeur de crête;

c) pour les ondes 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, les points de référence à 10 %, 30 %, 90 % et 95 % doivent être pris sur la courbe moyenne tracée à travers les oscillations.

26. **Raideur conventionnelle du front de l'onde**

Quotient de la valeur de crête par la durée conventionnelle du front de l'onde.

18. **Peak (crest) value of an impulse**

The maximum value of voltage or current in an impulse. In case of superimposed oscillations, see Sub-clauses 61.2, 63.2e) and 63.3.2c).

19. **Front of an impulse**

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

20. **Tail of an impulse**

That part of an impulse which occurs after the peak.

21. **Full-wave voltage impulse**

A voltage impulse which is not interrupted by sparkover, flashover, or puncture.

22. **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.

23. **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.

24. **Virtual origin of an impulse**

The point on a graph of voltage vs. time or current vs. 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 μs , the reference points shall be at 30% and 90% of the peak value.

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

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

Note. — This definition applies only when scales of both ordinate and abscissa are linear. See also Note of Clause 25.

25. **Virtual front time of an impulse (T_1)**

The time, in microseconds, equal to:

a) for voltage impulses with front times equal to or less than 30 μs , 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 μs , 1.05 times the time taken by the voltage to increase from zero 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.

26. **Virtual steepness of the front of an impulse**

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

27. **Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur sur la queue d'une onde de 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.
28. **Enoncé de la forme d'une onde de choc**
Enumération de deux valeurs, la première représentant la durée conventionnelle du front de l'onde (T_1) et la seconde la durée conventionnelle de l'onde jusqu'à la mi-valeur sur la queue (T_2), en microsecondes. L'onde est représentée par T_1/T_2 (le signe «/» n'a aucune signification mathématique).
29. **Onde de tension de foudre normale**
Onde de tension dont la forme s'énonce: 1,2/50.
30. **Onde de surtension de manœuvre**
Onde de tension dont la durée conventionnelle du front est supérieure à 30 μ s.
31. **Durée conventionnelle de la crête d'une onde de choc rectangulaire**
Temps pendant lequel l'amplitude de l'onde est supérieure à 90 % de sa valeur de crête.
32. **Durée conventionnelle totale d'une onde de choc rectangulaire**
Temps pendant lequel l'amplitude de l'onde est supérieure à 10 % de sa valeur de crête. S'il existe de petites oscillations sur le front de l'onde, une courbe moyenne doit être tracée pour déterminer l'instant où la valeur de 10 % est atteinte.
33. **Valeur de crête de polarité opposée d'une onde de choc**
Amplitude maximale de polarité opposée atteinte par une onde de tension ou de courant lorsqu'elle oscille avant d'atteindre une valeur zéro permanente.
34. **Courant de décharge d'un parafoudre**
Onde de courant écoulee par le parafoudre après amorçage des éclateurs série.
35. **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.
36. **Courant de suite d'un parafoudre**
Courant débité par le réseau et écoulé par le parafoudre après le passage du courant de décharge.
37. **Tension résiduelle d'un parafoudre**
Tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.
38. **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.

27. **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.

28. **Waveshape designation of an impulse**

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

29. **Standard lightning voltage impulse**

An impulse voltage having a waveshape designation of 1.2/50.

30. **Switching voltage impulse**

An impulse voltage having a virtual front time greater than 30 μ s.

31. **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.

32. **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.

33. **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.

34. **Discharge current of an arrester**

The surge or impulse current which flows through the arrester after a sparkover of the series gaps.

35. **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.

36. **Follow current of an arrester**

The current from the connected power source which flows through an arrester following the passage of discharge current.

37. **Residual voltage (discharge voltage) of an arrester**

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

38. **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.

39. **Tension d'amorçage au choc d'un parafoudre**

Valeur la plus élevée de la tension qui est atteinte avant l'amorçage quand une onde de forme et de polarité données est appliquée entre les bornes d'un parafoudre.

40. **Tension d'amorçage au choc sur front d'onde d'un parafoudre**

Tension d'amorçage au choc obtenue sur le front d'une onde dont la tension croît linéairement avec le temps.

41. **Tension d'amorçage en onde de foudre normale d'un parafoudre**

La plus faible valeur de crête d'une onde de tension de foudre normale dont l'application au parafoudre provoque chaque fois l'amorçage.

42. **Durée jusqu'à l'amorçage d'un parafoudre**

Intervalle de temps entre le zéro conventionnel et l'instant d'amorçage du parafoudre. Ce temps est exprimé en microsecondes.

43. **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.

44. **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.

45. **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 recommandation. Ces essais ne doivent être repris sur un type d'appareil que si des modifications viennent en changer les caractéristiques.

46. **Essais individuels**

Essais effectués sur chaque appareil, éléments ou matériaux, pour s'assurer qu'ils répondent aux spécifications.

47. **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.

48. **Caractéristiques de protection d'un parafoudre**

Combinaison des caractéristiques suivantes:

- a) Courbe tension-temps d'amorçage en onde de foudre normale obtenue conformément au paragraphe 61.3.
- b) Courbe de la tension résiduelle en fonction du courant de décharge obtenue conformément à l'article 62.
- c) Pour les parafoudres 10 000 A de tension nominale égale ou supérieure à 100 kV, la courbe tension-temps d'amorçage aux surtensions de manœuvre, obtenue conformément au paragraphe 61.4.

49. **Dispositif de déconnexion pour parafoudre**

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

Note. — L'interruption du courant de défaut dans le parafoudre pendant l'ouverture du circuit ne dépend généralement pas du dispositif de déconnexion et celui-ci, avec de grands courants de défaut, peut ne pas empêcher la rupture explosive de l'enveloppe à la suite d'un amorçage à l'intérieur du parafoudre.

39. **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.

40. **Front-of-wave impulse sparkover voltage of an arrester**

The impulse sparkover voltage obtained on the wavefront the voltage of which increases linearly with time.

41. **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.

42. **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.

43. **Impulse sparkover-voltage/time curve of an arrester**

A curve which relates the impulse sparkover voltage to the time to sparkover.

44. **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.

45. **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 Recommendation. Once made, these tests need not be repeated unless the design is so changed as to modify its performance.

46. **Routine tests**

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

47. **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.

48. **Protective characteristics of an arrester**

The combination of the following:

- a) Lightning-voltage impulse sparkover-voltage/time curve as determined in Sub-clause 61.3.
- b) The residual-voltage/discharge-current curve as determined in Clause 62.
- c) For 10 000 A arresters rated 100 kV and higher, the switching-voltage impulse sparkover-voltage/time curve as determined in Sub-clause 61.4.

49. **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 TROIS — IDENTIFICATION ET VALEURS NOMINALES NORMALES

50. Identification du parafoudre

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

- Tension nominale.
- Fréquence nominale, si elle diffère d'une des fréquences normales (article 52).
- 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 des ondes de longue durée (pour les parafoudres 10 000 A à service intensif), voir le paragraphe 63.3.2.
- Classe de limitation de pression (pour les parafoudres munis de limiteurs de pression), voir le paragraphe 65.2.
- Nom du constructeur ou marque de fabrique, type et repères d'identification.
- Année de construction.

51. Tensions nominales normales

Les valeurs normales des tensions nominales (en kilovolts, valeur efficace) des parafoudres sont les suivantes:

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

Pour les tensions nominales supérieures à 198 kV, les valeurs nominales des parafoudres seront déterminées suivant les indications figurant à l'annexe C. Les tensions nominales des parafoudres devront être divisibles par 6.

52. Fréquences nominales normales

Les fréquences nominales normales sont 50 Hz et 60 Hz.

53. Valeurs normales des courants de décharge nominaux

Les valeurs des courants de décharge nominaux sont 10 000 A, 5 000 A, 2 500 A et 1 500 A et leur forme d'onde correspond à 8/20.

Note. — Il existe deux types de parafoudres 10 000 A (voir l'article 54), service non intensif et service intensif, qui diffèrent par l'amplitude du courant de choc de longue durée qu'ils peuvent supporter. Voir le paragraphe 63.3.

SECTION QUATRE — CLASSIFICATION DES PARAFOUDRES

54. 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 I, page 18. Les parafoudres ayant des caractéristiques de fonctionnement plus favorables ou des niveaux de protection plus bas que ceux qui sont spécifiés dans cette recommandation sont considérés comme conformes à cette recommandation.

SECTION CINQ — CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

55. Echantillons destinés aux essais et mesures

Sauf pour les articles comportant une indication contraire, tous les essais seront effectués sur les mêmes parafoudres, fractions ou éléments d'appareils. Ces derniers seront 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.

SECTION THREE — IDENTIFICATION AND STANDARD RATINGS

50. Arrester identification

Lightning 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 (Clause 52).
- 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 Sub-clause 63.3.2.
- Pressure-relief class (for arresters fitted with pressure-relief devices), see Sub-clause 65.2.
- The manufacturer's name or trademark, type and identification.
- The year of manufacture.

51. Standard voltage ratings

Standard values of rated voltage for arresters (in kilovolts r.m.s.) shall be:

0.175	7.5	24	51	120
0.280	9	27	54	126
0.500	10.5	30	60	
0.660	12	33	75	138
			84	150
3	15	36	96	174
				186
4.5	18	39	102	
6	21	42	108	198

For voltage ratings above 198 kV, the arrester ratings should be determined as directed in Appendix C. The arrester ratings shall be divisible by 6.

52. Standard rated frequencies

The standard rated frequencies are 50 Hz and 60 Hz.

53. 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 Clause 54) 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 Sub-clause 63.3.

SECTION FOUR — ARRESTER CLASSIFICATION

54. Arrester classification

Lightning arresters are classified by their standard nominal discharge currents and they shall meet at least the test requirements and performance characteristics listed in Table I, page 19. Arresters having more favourable performance characteristics or lower protective levels than are required in this Recommendation shall be considered to have met this Recommendation.

SECTION FIVE — GENERAL TESTING PROCEDURE

55. 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.

L'appareillage de mesure devra satisfaire aux exigences figurant dans la Publication 60 (1962) de la C E I: Essais à haute tension, et l'on admettra que la précision des valeurs obtenues répond aux prescriptions relatives aux essais.

56. Essais de tension à fréquence industrielle

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

57. Essais sous pluie

Cet article est conforme aux recommandations relatives aux essais sous pluie figurant dans la Publication 60 (1962) de la C E I. Il est en général reconnu que les essais sous pluie n'ont pas pour but de reproduire les conditions réelles d'emploi, mais de procurer un critère de fonctionnement satisfaisant en service, basé sur une longue expérience.

TABLEAU I — *Classification et essais*

	Valeurs normales des courants de décharge nominaux A					
	10 000 ¹⁾		5 000 ¹⁾		2 500	1 500 ¹⁾
	Service		Série A ²⁾	Série B ²⁾		
	Non intensif	Intensif				
1. Tensions nominales (kV eff.)	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	Article 60	Article 60	Article 60	Article 60	Article 60	Article 60
3. Essai de tension d'amorçage en onde de foudre normale	Paragraphe 61.2, tableau VI, colonne 3	Paragraphe 61.2, tableau VI, colonne 3	Paragraphe 61.2, tableau VI, colonne 3	Paragraphe 61.2, tableau VI, colonne 5	Paragraphe 61.2, tableau VI, colonne 7	Non exigé
4. Essai de tension d'amorçage sur le front de l'onde	Paragraphe 61.3.1	Paragraphe 61.3.1	Paragraphe 61.3.1	Paragraphe 61.3.1	Paragraphe 61.3.1	Paragraphe 61.3.1
5. Essai en vue de déterminer la courbe tension-temps d'amorçage aux surtensions de manœuvre	Paragraphe 61.4 (au-dessus de 100 kV)	Paragraphe 61.4 (au-dessus de 100 kV)	Non exigé	Non exigé	Non exigé	Non exigé
6. Essai de vérification de la tension résiduelle	Article 62, tableau VII, colonne 2	Article 62, tableau VII, colonne 2	Article 62, tableau VII, colonne 2	Article 62, tableau VII, colonne 3	Article 62, tableau VII, colonne 4	Article 62, tableau VII, colonne 5
7. Essai de tenue aux courants de choc:						
a) Onde de gde amplitude	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
b) Onde de longue durée	63.3.3	63.3.2	63.3.3	63.3.3	63.3.3	Non exigé
8. Essai de fonctionnement	Article 64	Article 64	Article 64	Article 64	Article 64	Article 64
9. Essai du limiteur (si le para-foudre en est muni)	Article 65	Article 65	Article 65	Article 65	Non exigé	Non exigé
10. Dispositif de déconnexion (si le para-foudre en est muni)	Article 66	Article 66	Article 66	Article 66	Article 66	Article 66

1) Dans certains pays, il est d'usage de désigner les para-foudres par les termes suivants:

- para-foudres de poste pour les appareils 10 000 A;
- para-foudres intermédiaires (série A) ou de distribution (série B) pour les appareils 5 000 A;
- para-foudres pour circuits secondaires pour les appareils 1 500 A.

2) Les para-foudres de la série A correspondent aux caractéristiques demandées dans tous les pays. Les para-foudres de la série B correspondent aux caractéristiques demandées au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et dans d'autres pays.

The measuring equipment shall meet the requirements of I E C Publication 60 (1962), High-voltage Test Techniques, and the values obtained shall be accepted as accurate for the purpose of compliance with the relevant test clauses.

56. 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.

57. Wet tests

This clause is in agreement with the recommendations on wet tests contained in I E C Publication 60 (1962). 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.

TABLE I — *Arrester classification and test requirements*

	Standard nominal discharge current A					
	10 000 ¹⁾		5 000 ¹⁾		2 500	1 500 ¹⁾
	Light-duty	Heavy-duty	Series A ²⁾	Series B ²⁾		
1. Voltage ratings (kV r.m.s.)	3 or more	3 or more	3 through 138	3 through 39	Up to 36	Up to 0.660
2. Power-frequency voltage sparkover test	Clause 60	Clause 60	Clause 60	Clause 60	Clause 60	Clause 60
3. Standard lightning-voltage impulse sparkover test	Sub-clause 61.2, Table VI, Column 3	Sub-clause 61.2, Table VI, Column 3	Sub-clause 61.2, Table VI, Column 3	Sub-clause 61.2, Table VI, Column 5	Sub-clause 61.2, Table VI, Column 7	Not required
4. Front-of-wave-voltage sparkover test	Sub-clause 61.3.1	Sub-clause 61.3.1	Sub-clause 61.3.1	Sub-clause 61.3.1	Sub-clause 61.3.1	Sub-clause 61.3.1
5. Switching-voltage impulse sparkover-voltage/time curve test	Sub-clause 61.4 (above 100 kV)	Sub-clause 61.4 (above 100 kV)	Not required	Not required	Not required	Not required
6. Residual voltage test	Clause 62, Table VII, Column 2	Clause 62, Table VII, Column 2	Clause 62, Table VII, Column 2	Clause 62, Table VII, Column 3	Clause 62, Table VII, Column 4	Clause 62, Table VII, Column 5
7. Current impulse withstand:	Sub-clauses	Sub-clauses	Sub-clauses	Sub-clauses	Sub-clauses	Sub-clause
a) High current	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2	63.2
b) Long duration	63.3.3	63.3.2	63.3.3	63.3.3	63.3.3	Not required
8. Operating-duty test	Clause 64	Clause 64	Clause 64	Clause 64	Clause 64	Clause 64
9. Pressure-relief test (when fitted with relief device)	Clause 65	Clause 65	Clause 65	Clause 65	Not required	Not required
10. Arrester disconnector (when fitted)	Clause 66	Clause 66	Clause 66	Clause 66	Clause 66	Clause 66

¹⁾ 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.

²⁾ Series A arresters are based on performance characteristics in practice in all countries. Series B arresters are based on performance characteristics in practice in Canada and the U.S.A. and other countries.

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 exigés, 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°, telle qu'on peut la déterminer par l'observation visuelle ou par la mesure des composantes verticales et horizontales du débit d'aspersion.

La composante verticale de l'aspersion doit être mesurée avec un récipient collecteur présentant une ouverture horizontale d'une surface de 100 cm² à 750 cm²; 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 rejettent.

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 une minute 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 suivant; 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 États-Unis d'Amérique. Il est recommandé à chaque Comité national de n'utiliser qu'une seule de ces deux techniques.

TABLEAU II
Caractéristiques des essais sous pluie

Caractéristiques	Pratique	
	Europe	Canada et États-Unis
1. Débit d'aspersion composante verticale	3 mm/min $\pm$ 10 %	5 mm/min $\pm$ 10 %
2. Résistivité de l'eau	10 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ $\pm$ 10 %	17 800 $\Omega \cdot \text{cm}$ $\pm$ 15 %
3. Température de l'eau (en degrés Celsius)	Température ambiante $\pm$ 15°	Température ambiante $\pm$ 15°
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 Publication 60 (1962) de la CEI.

58. Essai de pollution des enveloppes

Le développement actuel des essais de pollution artificielle ne permet pas encore de prescrire un essai obligatoire pour les parafoudres. Toutefois, les méthodes d'essais existantes peuvent donner des renseignements utiles et certains principes généraux peuvent être appliqués aux parafoudres.

Des propositions tenant compte de ces principes ainsi que des références à plusieurs méthodes existantes sont indiquées à l'annexe D. Celle-ci a pour but de favoriser des recherches ultérieures permettant, grâce à l'expérience qui en résultera, de concevoir et d'accepter une méthode servant de base à un essai obligatoire.

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

Wet 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° to the vertical as determined by visual observation or by measurements of the vertical and horizontal components of the precipitation rate.

The vertical component of the spray shall be measured with a collecting vessel having a horizontal opening of area 100 cm^2 to 750 cm^2 . 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 should 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 one minute 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 the following table. Two sets are given, one in general accordance with European practice, the other with practice in Canada and in the U.S.A. It is recommended that each National Committee use only one of these practices.

TABLE II
Parameters for wet tests

Characteristics	Practice	
	Europe	Canada and U.S.A.
1. Precipitation rate vertical component	3 mm/min $\pm 10\%$	5 mm/min $\pm 10\%$
2. Resistivity of water	$10\,000 \Omega \cdot \text{cm} \pm 10\%$	$17\,800 \Omega \cdot \text{cm} \pm 15\%$
3. Temperature of water (in Celsius degrees)	Ambient temperature $\pm 15^\circ$	Ambient temperature $\pm 15^\circ$
4. Type of nozzle	See Figure 1 *	See Figure 2 *
5. Water pressure	See Figure 1 *	See Figure 2 *
* Figure numbers refer to IEC Publication 60 (1962).		

58. Polluted housing test

The development of artificial-pollution testing has not yet reached the stage at which it is possible to formulate a mandatory test for lightning arresters. Useful information can be gained, however, from existing test methods, and certain general principles can be laid down in their application to lightning arresters.

Proposals embracing these principles, together with references to several such methods are given in Appendix D to stimulate further investigation in the expectation that from experience gained in such investigations, it will be possible to devise an agreed method on which a mandatory test can be based.

SECTION SIX — ESSAIS DE TYPE

59. Généralités

Les essais de type suivants doivent être effectués comme requis dans le tableau I, page 18:

1. Essais de tension d'amorçage à fréquence industrielle (article 60).
2. Essai de tension d'amorçage en onde de foudre normale (paragraphe 61.2).
3. Essai en vue de déterminer la courbe tension-temps d'amorçage en onde de foudre (paragraphe 61.3).
4. Essai en vue de déterminer la courbe-tension d'amorçage aux surtensions de manœuvre (paragraphe 61.4).
5. Essai de vérification de la tension résiduelle (article 62).
6. Essais de tenue aux courants de choc (article 63).
7. Essai de fonctionnement (article 64).
8. Essais du limiteur de pression (lorsque le parafoudre est muni d'un tel dispositif) (article 65).
9. Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres (article 66).

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

Les essais 1, 2, 3 et 4 de la liste précédente doivent être effectués sur les mêmes échantillons et ces mêmes échantillons peuvent être utilisés pour l'essai 5. Lorsque c'est le cas, ces essais sont considérés comme ayant été faits sur des parafoudres neufs. Pour les essais 6, 7 et 8, voir les recommandations figurant aux articles appropriés.

60. Essais de tension d'amorçage à fréquence industrielle

Les essais à sec et sous pluie seront effectués conformément aux articles 55, 56, 57 et 59 sur trois échantillons de parafoudres complets de chaque tension nominale à l'essai. Le fonctionnement d'autres parafoudres de même construction (conformément à l'article 59), mais dont les tensions nominales 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 nominale de l'échantillon en essai peut être déterminé en admettant que les tensions sont proportionnelles aux tensions nominales. 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 nominale du parafoudre doit rester compris entre 2 s et 5 s, lorsque l'on essaye 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 nominale. 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 Publication 60 de la CEI 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. 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 pour chacun des échantillons essayés ne doit pas être inférieure à 1,5 fois la tension nominale du para-

SECTION SIX — TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

59. General

The following type tests shall be made as far as required in Table I, page 19:

1. Power-frequency voltage sparkover tests (Clause 60).
2. Standard lightning voltage impulse sparkover test (Sub-clause 61.2).
3. Lightning voltage impulse sparkover-voltage/time curve test (Sub-clause 61.3).
4. Switching voltage impulse sparkover-voltage/time curve test (Sub-clause 61.4).
5. Residual voltage test (Clause 62).
6. Current impulse withstand tests (Clause 63).
7. Operating-duty test (Clause 64).
8. Pressure-relief tests (when the arrester is fitted with a pressure-relief device) (Clause 65).
9. Tests of arrester disconnectors (Clause 66).

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

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

60. Power-frequency voltage sparkover tests

Dry and wet tests shall be made in accordance with Clauses 55, 56, 57 and 59 on three samples of complete arresters of each voltage rating tested. The performance for other voltage ratings of the same design (as defined in Clause 59) 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 should 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 is 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 lightning 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 Publication 60.

The voltage shall be applied not less than five times, with an interval of about 10 s between successive applications. For all classes of lightning arresters, except the 10 000 A heavy-duty class, the lowest value of power-frequency sparkover voltage for each of the samples tested shall be not less than 1.5 times the rated voltage of the arrester. For the 10 000 A heavy-duty class

foudre. 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.

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.

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 le spécifie l'article 67.

61. Essais de tension d'amorçage au choc

61.1 Généralités

Les essais doivent être effectués conformément aux articles 55 et 59 sur les mêmes échantillons de parafoudres complets que ceux utilisés pour les essais d'amorçage à fréquence industrielle décrits à l'article 60. Pour les parafoudres d'autres tensions nominales mais de même construction comme indiqué à l'article 59 et dans la limite de $\pm 25\%$ (ou de 6 kV, la plus élevée de ces valeurs étant à retenir) de la tension nominale 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 nominales.

61.2 Essai de tension d'amorçage en onde de foudre normale

Le parafoudre étant en circuit, on détermine le réglage du générateur donnant une onde de tension de forme 1,2/50 et de valeur de crête présumée (article 23) égale à la valeur spécifiée au tableau VI, page 48. 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.

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 seront telles que les valeurs mesurées soient comprises dans les limites ci-dessous :

97 % à 100 % pour les valeurs de crête ;

0,85 μ s à 1,6 μ s pour la durée conventionnelle du front de l'onde ;

40 μ s à 60 μ s pour la durée de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête.

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

61.3 Essai en vue de déterminer la courbe tension-temps d'amorçage en onde de tension de foudre

Cet essai sera effectué en utilisant la polarité de l'onde qui provoque la tension d'amorçage la plus élevée. On obtient les données nécessaires pour tracer la courbe en appliquant des ondes de tension 1,2/50 d'amplitude progressivement croissantes, 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 de l'onde soit égale à la valeur spécifiée dans la colonne 2 du tableau VI. En variante, pour des durées jusqu'à l'amorçage inférieures à 1,2 μ s, les données peuvent être obtenues en réduisant la durée virtuelle du front de l'onde de tension d'essai. Pour des durées jusqu'à l'amorçage inférieures à 1,2 μ s, l'onde de choc de l'essai doit augmenter à peu près uniformément jusqu'à l'amorçage du parafoudre.

arresters, the lowest value of power-frequency sparkover is subject to agreement between the manufacturer and purchaser.

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

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 Clause 67.

61. Voltage impulse sparkover tests

61.1 General

These tests shall be made in accordance with Clauses 55 and 59 on the same test samples of complete arresters used for the power-frequency sparkover tests described in Clause 60. Sparkover values and voltage/time curves for other voltage ratings of the same design as defined in Clause 59 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.

61.2 Standard lightning-voltage 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 prospective peak value (Clause 23) specified in Table VI, page 49. 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.

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:

- between 97% and 100% for the specified peak values;
- from 0.85 μs to 1.6 μs for the virtual duration of the wavefront;
- from 40 μs to 60 μs for the time to half value of 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.

61.3 Lightning-voltage 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 shall be obtained by applying 1.2/50 voltage waves 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 Column 2 of Table VI. Alternatively, for times to sparkover of less than 1.2 μs , the data may be obtained by reducing the virtual front time of the impulse. For times to sparkover of less than 1.2 μs , the test impulse shall have a substantially uniform rate of rise to arrester sparkover.

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.

61.3.1 Essais de tension d'amorçage sur le front de l'onde

En utilisant une onde de tension dont la raideur conventionnelle du front est égale à celle spécifiée à la colonne 2 du tableau VI, page 48, 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 des ondes de choc ne doit dépasser la valeur indiquée au tableau VI dans la colonne qui s'y rapporte.

On peut utiliser le point d'intersection de la courbe faisant l'objet de la spécification du paragraphe 61.3 avec la droite représentant la raideur conventionnelle du front spécifiée à la colonne 2 du tableau VI, pour déterminer la tension maximale d'amorçage sur le front de l'onde du parafoudre soumis aux essais, en vue de comparer cette tension à la valeur maximale admissible indiquée au tableau VI, il faut alors qu'au moins cinq résultats expérimentaux d'amorçage en onde positive et cinq résultats en onde négative 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.

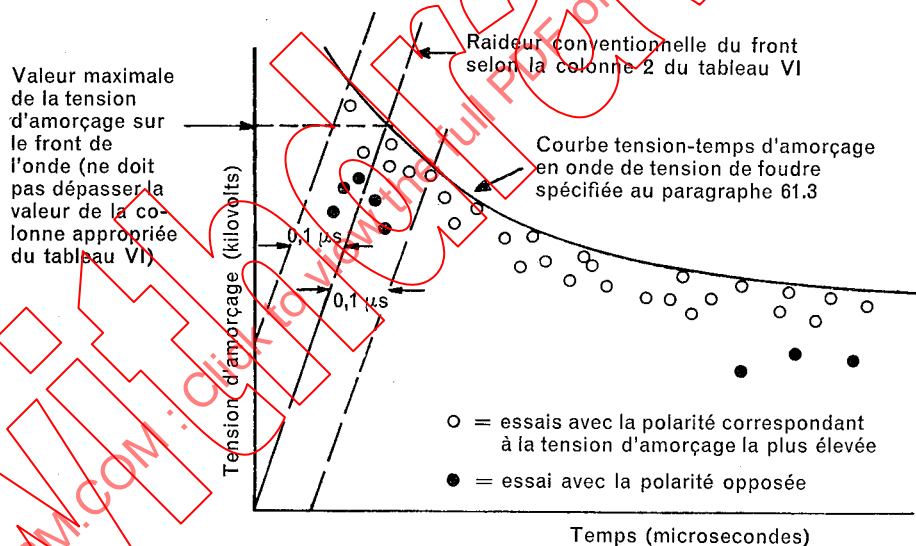


FIG. 1. — Essai de tension d'amorçage sur le front de l'onde.

61.4 Essai en vue de déterminer la courbe tension-temps d'amorçage aux surtensions de manœuvre

Cet essai n'est applicable qu'aux parafoudres 10 000 A pour service intensif et pour service non intensif, de tension nominale supérieure à 100 kV. Il est destiné à faire connaître les caractéristiques d'amorçage aux surtensions de manœuvres. 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. On n'a pas spécifié de limites pour la valeur maximale de la tension d'amorçage aux surtensions de manœuvre, mais ces limites sont à l'étude.

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

61.3.1 *Front-of-wave voltage impulse sparkover test*

Using a voltage impulse with a virtual steepness of front equal to that specified in Column 2 of Table VI, page 49, five positive and five negative impulses shall be applied to the arrester and the sparkover voltage is determined from cathode ray 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 VI.

It is permissible to use the point of intersection of the curve specified in Sub-clause 61.3 with a line representing the virtual steepness of front specified in Column 2 of Table VI for determining the maximum front-of-wave sparkover voltage of the test sample arrester for comparison with the maximum permissible value given in Table VI 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.

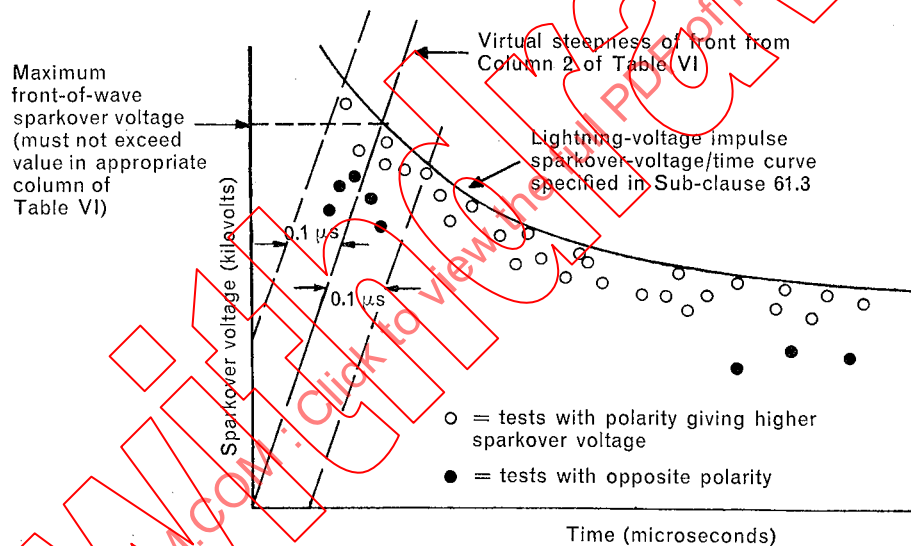


FIG. 1. — Front-of-wave voltage sparkover test.

61.4 *Switching-voltage 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. The procedure is prescribed in order to provide a uniform method of making the test so that data supplied by manufacturers will be comparable. No limits for the maximum switching impulse sparkover voltage are specified, but these are under consideration.

Les essais d'amorçage doivent être effectués en utilisant des ondes de tension de choc différentes ayant des durées conventionnelles du front de :

- a) 30 μ s à 60 μ s;
- b) 150 μ s à 300 μ s;
- c) 1 000 μ s à 2 000 μ s.

La durée jusqu'à la mi-valeur de l'onde devrait être sensiblement plus longue que le double de la durée du front, mais la valeur exacte est de peu d'importance.

On déterminera d'abord pour chaque forme d'onde et pour les deux polarités la tension 50 % d'amorçage ($U_{50\%}$), en appliquant une onde 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 constituera la première de cinq ondes dont on enregistrera les valeurs les plus élevées de la tension. On appliquera le reste des séries de cinq ondes en diminuant la tension de charge du générateur (et ainsi la valeur de crête de la tension 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 appliquera alors à l'appareil en essai dix ondes de choc supplémentaires après avoir accru la tension de charge du générateur de façon à obtenir une valeur de crête de la tension présumée supérieure d'environ 40 % à $U_{50\%}$.

Les résultats correspondant à tous les amorçages obtenus pendant les séries d'essais permettant la détermination de $U_{50\%}$ ainsi que pendant les séries ultérieures à 1,4 ($U_{50\%}$) seront utilisés pour déterminer la courbe tension-temps d'amorçage aux surtensions de manœuvre. La plus haute tension atteinte avant l'amorçage doit être relevée en fonction de la durée entre l'origine réelle et l'amorçage pour chaque essai au cours duquel se produit un amorçage. La courbe tension-temps d'amorçage doit être une courbe aux contours adoucis passant par les valeurs maximales de la tension enregistrée pour les deux polarités et prolongeant la courbe tension-temps d'amorçage en onde de foudre normale obtenue conformément au paragraphe 61.3. Il est recommandé d'utiliser du papier graphique avec échelle verticale linéaire pour la tension et échelle horizontale logarithmique pour le temps.

62. Essai de vérification de la tension résiduelle

L'essai doit être effectué conformément aux articles 55 et 59 sur trois échantillons de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre. Les échantillons peuvent être les mêmes que ceux utilisés pour les essais des articles 60 et 61 si on le désire. La tension nominale de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV (sauf si la tension nominale du parafoudre est inférieure à cette valeur), mais sans dépasser nécessairement 12 kV.

L'essai doit être effectué avec une onde de courant de forme 8/20; les limites de réglage de l'appareillage doivent être telles que l'on mesure des valeurs de 7 μ s à 9 μ s pour le front de l'onde et de 18 μ s à 22 μ s pour le temps jusqu'à la mi-valeur sur la queue de l'onde. On soumet chacun des échantillons à trois ondes de courants de choc, dont les valeurs de crête seront approximativement les suivantes: 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.

On trace l'enveloppe maximale des points d'essai sous forme d'une courbe donnant la tension résiduelle en fonction du courant de décharge. La tension résiduelle lue sur la courbe correspondant au courant nominal de décharge ne doit pas être supérieure à la tension résiduelle maximale du parafoudre spécifiée au tableau VII, page 50.

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

- a) 30 μ s and 60 μ s;
- b) 150 μ s and 300 μ s;
- c) 1 000 μ s and 2 000 μ 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 ($U_{50\%}$) shall first be 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 shall be recorded. The remainder of the series of five impulses shall be 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 shall then be applied to the test sample with the impulse generator charging voltage increased so as to give a prospective peak voltage about 40% higher than $U_{50\%}$.

Data for all sparkovers occurring in the test series to establish $U_{50\%}$ as well as during the subsequent series at 1.4 ($U_{50\%}$) should be used in plotting the switching-voltage impulse sparkover-voltage/time curve. The highest voltage reached before sparkover should be plotted against the time from actual zero to sparkover for each test in which sparkover occurs. The sparkover-voltage/time curve should be drawn as a smooth curve through the maximum voltage values recorded for both polarities and blending in with the lightning-voltage impulse sparkover-voltage/time curve obtained by the procedure given in Sub-clause 61.3. It is recommended that coordinate paper with a vertical linear voltage scale and horizontal logarithmic time scale be used.

62. Residual voltage test

The test shall be made in accordance with Clauses 55 and 59 on three samples of complete arresters or arrester sections. The samples may be the same as those used for tests of Clauses 60 and 61 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.

An 8/20 current impulse shall be used with limits on the adjustment of equipment such that the measured values are from 7 μ s to 9 μ s for the front time and from 18 μ s to 22 μ s for the time to half value on the tail. Three current impulses shall be applied to each sample with peak values of approximately 0.5, 1, and 2 times the nominal discharge current of the arrester. The time between discharges must be sufficient to permit the sample to return to approximately ambient temperature.

The maximum envelope of the test points shall be drawn in a residual-voltage/discharge-current curve. The residual voltage read on such a curve corresponding to the nominal discharge current shall not be higher than the maximum residual voltage of the arrester specified in Table VII, page 51.

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 nominale du parafoudre complet à la tension nominale de la fraction.

63. Essais de tenue aux courants de choc

63.1 Généralités

Chacun de ces essais doit être effectué, conformément aux articles 55 et 59, sur trois échantillons neufs de parafoudres complets, de fractions de parafoudres ou (lorsque cela est spécifié au paragraphe 63.3.3), 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 nominale 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 (voir article 66).

63.2 Essai aux ondes de courant de grande amplitude

Avant les essais, on mesurera sur chaque échantillon d'essai la valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec, conformément à l'article 60.

L'essai comporte l'application à chaque échantillon de deux ondes de courant de forme 4/10 et dont les valeurs de crête sont les suivantes :

Classe de parafoudre (courant nominal de décharge) A	Valeur de crête de l'onde 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 ondes de choc, on doit laisser les échantillons se refroidir jusqu'à environ la température ambiante. On enregistrera 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 valeurs mesurées des ondes de courant sont comprises entre les limites suivantes :

- a) 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée;
- b) 3,5 μ s à 4,5 μ s pour la durée conventionnelle du front de l'onde;
- c) 9 μ s à 11 μ s pour la durée conventionnelle de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête sur la queue;
- d) la valeur de crête de toute onde de courant de polarité opposée doit être inférieure à 20 % de la valeur de crête du courant;
- e) de petites oscillations de l'onde sont tolérées, pourvu que leur amplitude au voisinage de la crête de l'onde de choc n'excède pas 5 % de la valeur de crête. Dans ces conditions et en vue des mesures, une courbe moyenne sera acceptée pour la détermination de la valeur de crête.

À la suite de la seconde onde de courant de grande amplitude et après refroidissement de l'échantillon de parafoudre en essai à une température voisine de la température ambiante, on recommencera les essais d'amorçage à fréquence industrielle effectués avant l'essai aux ondes de courant de grande amplitude. La valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle ne doit pas varier de plus de 10 %. L'examen des échantillons d'essai ne doit mettre en évidence ni perforation ou amorçage des résistances variables ni détérioration importante des éclateurs ou du circuit de répartition de tension.

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.

63. Current impulse withstand tests

63.1 General

Each of these tests shall be made in accordance with Clauses 55 and 59 on three new samples of complete arresters, arrester sections, or (where specified in Sub-clause 63.3.3) 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 must be made with the disconnector in operable condition (see Clause 66).

63.2 High-current impulse test

Before the tests, the average dry power-frequency sparkover voltage shall be determined for each test sample as specified in Clause 60.

The test shall consist of the application to each sample of two 4/10 current impulses with peak values as follows:

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 μ s to 4.5 μ s for virtual front time;
- from 9 μ s to 11 μ 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 neighborhood 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.

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 shall be repeated and the average power-frequency sparkover voltage 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.

63.3 Essais aux ondes de courant de longue durée

63.3.1 Généralités

Avant l'essai aux ondes de courant de longue durée, on mesurera sur chaque échantillon d'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 au paragraphe 63.3.3) et la tension résiduelle au courant nominal de décharge, conformément aux articles 60 et 62 respectivement.

Tous les essais seront effectués avec un générateur à constantes réparties dont l'annexe E décrit le principe général. Il n'est pas nécessaire que les éléments du circuit du générateur aient des valeurs identiques dans toutes les sections. 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 ondes de courant de longue durée comporte l'application de vingt décharges divisées 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. On effectuera des enregistrements oscillographiques de la tension aux bornes de l'échantillon en essai et du courant qui le traverse au cours de la première et de la vingtième décharge de chaque essai.

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

63.3.2 Prescriptions pour les 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 une onde de courant rectangulaire complète. 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 ondes de courant de longue durée sur les parafoudres ou fractions servant d'échantillons.

Le générateur sera chargé à une tension convenable U_d , au moins égale à 50 % de la tension de charge spécifiée 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 III pour cinq classes différentes de parafoudres correspondant à différentes prescriptions de décharges.

TABLEAU III

Paramètres pour l'essai aux ondes de courant de longue durée sur les parafoudres 10 000 A service intensif

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

* U_s = tension nominale de l'échantillon d'essai, en kilovolts.

Note. — Les classes 1 à 5 du tableau précédent correspondent à des tensions croissantes et à des prescriptions de décharge croissantes. Le choix de la classe de décharge appropriée est fonction des exigences du réseau et fait l'objet de l'annexe C.

63.3 Long-duration current impulse test

63.3.1 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 Sub-clause 63.3.3) and the residual voltage at nominal discharge current of each test sample shall be determined as specified in Clauses 60 and 62 respectively.

All tests shall be performed with a generator of the distributed-constant type, the general principle of which is described in Appendix E. 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 shall consist of twenty 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 shall be repeated and the average values shall not have changed by more than 10%.

63.3.2 Requirements for 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 shall be charged to a suitable voltage, U_a , 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 III for five different arrester classes based on different discharge requirements.

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

Long duration discharge class	Load resistor value R_1 Ω	Virtual duration of peak μs	Charging voltage U_c kV d.c.
1	$3.3 U_s^*$	2 000	$3.0 U_s^*$
2	$1.8 U_s$	2 000	$2.6 U_s$
3	$1.2 U_s$	2 400	$2.6 U_s$
4	$0.8 U_s$	2 800	$2.4 U_s$
5	$0.5 U_s$	3 200	$2.2 U_s$

* U_s = rated voltage of the test sample, in kilovolts.

Note. — The classes 1 to 5 of the preceding 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 Appendix 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 kiloampères et R en ohms. L'onde de courant de choc doit être pratiquement rectangulaire, c'est-à-dire qu'elle doit répondre aux prescriptions suivantes :

- La durée conventionnelle de la crête doit être comprise entre 100 % et 120 % de la valeur spécifiée au tableau III.
- La durée conventionnelle totale de l'onde ne doit pas dépasser 150 % de la durée conventionnelle de la crête.
- Les oscillations ou la décharge initiale ne doivent pas dépasser 10 % de la valeur de crête du courant. S'il existe des oscillations, on déterminera la valeur de crête en traçant une courbe moyenne.
- 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 effectuera l'essai aux ondes 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_0 , si la valeur de k ne dépasse pas 1,0, ou jusqu'à kU_0 , si k dépasse 1,0.

Notes 1. — 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 .

2. — 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 $2 R_1$.

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 % de l'onde du courant principal.

63.3.3 Prescriptions pour les parafoudres 10 000 A à service non intensif, 5 000 A et 2 500 A

On ne prescrit aucune vérification du réglage du générateur avant d'effectuer les essais aux ondes de courant de longue durée sur les parafoudres à service non intensif. On effectue l'essai seulement sur les résistances variables. 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 au paragraphe 63.3.2, et une durée conventionnelle de la crête ainsi qu'une valeur de crête du courant au moins égales à celles spécifiées au tableau IV.

TABLEAU IV

Prescriptions pour l'essai aux ondes de courant de longue durée sur les parafoudres à service non intensif

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

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 must be substantially rectangular, i.e. it shall fulfil the following requirements:

- a) The virtual duration of the peak shall lie between 100% and 120% of the value specified in Table III.
- b) The virtual total duration shall not exceed 150% of the virtual duration of the peak.
- c) 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.
- d) 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 shall be replaced by the test sample and the charging voltage shall be increased to U_e , if the value of k does not exceed 1.0, or kU_e , if k exceeds 1.0.

- Notes 1. — 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 .
2. — 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 $2 R_1$.
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.

63.3.3 Requirements for 10 000 A light-duty, and 5 000 A and 2 500 A arresters

No demonstration of the generator adjustment is required before the long-duration current impulse test on light-duty arresters. The test is performed on the non-linear resistors only. 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 Sub-clause 63.3.2 with values of virtual duration of peak and peak current not less than those specified in Table IV.

TABLE IV

Requirements for the long-duration current impulse test on light-duty arresters

Arrester class A	Peak current A	Virtual duration of peak μs
10 000 light-duty	150	2 000
5 000 Series A or B	75	1 000
2 500	50	500

64. **Essai de fonctionnement**

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

L'essai doit être effectué conformément aux articles 55, 56 et 59, sur trois échantillons neufs de parafoudres complets ou de fractions de parafoudre n'ayant subi aucun essai antérieurement sauf ceux spécifiés en vue d'un étalonnage. La tension nominale de ces échantillons doit être au moins égale à 3 kV (sauf si la tension nominale 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 article 66).

Pour les parafoudres de tension nominale 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.

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 sera obtenue en divisant la tension nominale 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 n'est pas supérieure à 1,2 fois la tension d'amorçage à fréquence industrielle du parafoudre complet.

Note. — L'expérience a montré que la répartition de la tension lors de l'interruption du 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 correspondra à celle de la fraction de parafoudre qui est soumise à la tension partielle la plus élevée dans le 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 des tensions nominales. 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 la fraction maximale de la tension pour chaque construction. Pour les parafoudres à répartition non uniforme de la tension, le processus d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Avant l'essai de fonctionnement, on mesurera, conformément aux articles 60 et 62 respectivement, la valeur moyenne de la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec et la tension résiduelle au courant nominal de décharge sur chaque échantillon d'essai.

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 nominale de l'appareil essayé; après la coupure du courant de suite, la valeur de crête de la tension ne doit pas dépasser la valeur de crête de la tension nominale de plus de 10 %. *Cette augmentation n'est autorisée que pour permettre l'emploi d'installations d'essai de puissance raisonnable et ne doit pas justifier un dépassement de la tension nominale des parafoudres en service.*

Un générateur de choc est relié au parafoudre par un éclateur; il doit être réglé pour produire une onde 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 60° électriques environ avant que la tension alternative atteigne sa valeur de crête.

64. **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 impulses while it is energized by a power supply of specified frequency, voltage, and impedance. Appendix A describes a typical test circuit which may be used.

The test shall be made in accordance with Clauses 55, 56, and 59 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 disconnecter is built into the design of arrester under consideration, these tests shall be made with the disconnecter in operable condition (see Clause 66).

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.

For arresters with uniform voltage distribution, the power-frequency test voltage to be applied to the test arrester section shall be 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 at interruption of 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 correspond to that of the section having the highest fraction in 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 fraction to the value of the non-linear resistors of the complete arrester is the same as the ratio of the rated voltages. To fulfil this condition, it may be necessary to select a combination of gaps 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 fractional voltage for each construction. For arresters with non-uniform voltage distribution, the test procedure shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

Before the operating-duty test, the average dry power-frequency sparkover voltage and the residual voltage at nominal discharge current of each test sample shall be determined as specified in Clauses 60 and 62 respectively.

The arrester or arrester section shall be 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%. *This increase is allowed only to permit use of test equipment of reasonable power capacity and must not be taken as justification for exceeding the rated voltage of arresters in service.*

An impulse generator shall be connected across the arrester through a spark-gap and shall be 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 doit être retardé par échelons de 10° 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 appliquera vingt chocs répartis en quatre groupes de cinq chocs. L'intervalle entre les chocs d'un même groupe sera de 50 s à 60 s et l'intervalle entre les groupes sera de 25 min à 30 min. Il n'est pas nécessaire de laisser sous tension l'appareil en essai entre les chocs ou entre les groupes de chocs.

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 et on effectuera une modification appropriée de l'instant du déclenchement en vue d'obtenir la valeur la plus élevée du courant de suite.

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

- 90 % et 110 % de la valeur de crête spécifiée;
- $7 \mu\text{s}$ à $9 \mu\text{s}$ pour la durée conventionnelle du front de l'onde;
- $18 \mu\text{s}$ à $22 \mu\text{s}$ pour la durée jusqu'à la moitié de la valeur de crête sur la queue de l'onde.

Le courant de suite doit s'établir à chaque application d'onde de choc et l'échantillon en essai doit couper le courant de suite chaque fois qu'il s'établit. La tension à fréquence industrielle et le courant de suite doivent être enregistrés à l'oscillographe pour au moins une décharge de chaque groupe. L'enregistrement doit montrer au moins une période complète de la tension à fréquence industrielle avant l'application de l'onde de choc et au moins une période complète après la coupure du courant de suite. 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 l'étalonnage.

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 recommencera 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 %.

65. Essais du limiteur de pression

65.1 Généralités

Lorsqu'un parafoudre est muni d'un dispositif limiteur de pression, il doit être essayé conformément au présent article. L'essai doit démontrer qu'une défaillance du parafoudre ne provoque pas une rupture explosive de l'enveloppe. Chaque essai sera effectué sur un échantillon contenu dans une enveloppe nouvelle. Un tel échantillon doit être essayé au courant de grande amplitude (paragraphe 65.2) et un échantillon différent au courant de faible amplitude (paragraphe 65.3).

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 des 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 montée sur une surface horizontale plane, laquelle doit être de niveau avec la partie supérieure d'une enceinte pratiquement

If follow current is established consistently, the test shall be made with this timing. If follow current is not established consistently with this timing, the timing shall be retarded in approximately 10° steps towards voltage peak until follow current occurs consistently, at which timing the test shall be 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 shall be applied in four groups of five impulses. The interval between impulses shall be 50 s to 60 s and the interval between groups shall be 25 min to 30 min. It is not required that the test piece be kept energized between impulses or between groups of impulses.

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:

- between 90 % and 110 % of the specified peak value;
- from 7 μ s to 9 μ s for the virtual front time;
- from 18 μ s to 22 μ 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 it is established. The power-frequency voltage and follow current shall be recorded oscillographically for at least one discharge in each group. The record shall show at least one complete cycle of the power-frequency voltage before the application of the impulse and at least one complete cycle after the interruption of the follow current. The peak value and waveshape 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 piece during calibration.

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 shall be repeated and the average values shall not have changed by more than 10 %.

65. Pressure-relief tests

65.1 General

When an arrester is fitted with a pressure-relief device, it shall be tested in accordance with this clause. The test is made to show that an arrester failure will not cause explosive shattering of the housing. Each test shall be made on a test sample contained in a new housing. One such sample shall be tested at high-current (Sub-clause 65.2) and a separate sample at low-current (Sub-clause 65.3).

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 mounted on a horizontal surface that is level with the top of an approximately circular enclosure which is at least 30 cm (12 in) high and which shall encircle the test

cylindrique 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 d'essai a satisfait aux conditions d'essais si l'enveloppe demeure intacte ou si elle se brise d'une façon suffisamment peu brutale pour que tous ses éléments 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.

65.2 Essais à courant de grande amplitude du limiteur de pression

L'échantillon d'essai de parafoudre correspond à l'appareil le plus long de chaque construction différente définie à l'article 59, et cet essai suffit à prouver la conformité aux spécifications de toutes les tensions nominales d'une même construction.

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 sa valeur initiale en 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).

Les essais doivent être effectués avec un circuit monophasé et à une tension de 77 % ($-0, +30\%$) de la tension nominale du parafoudre, lorsque cela est possible. Cependant, il peut arriver que les essais sur les 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 nominale. Il en résulte que l'on indique ci-après en variante dans les paragraphes 65.2.1 et 65.2.2 deux processus pour réaliser l'essai à grand courant des limiteurs de pression.

Note. — La tension de 77 % correspond à la tension appliquée à un parafoudre dont la tension nominale est 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 nominale du parafoudre.

Les essais seront effectués pour montrer la conformité avec une des classes de limiteurs de pression indiquées au tableau V. Pendant les essais sur l'échantillon, le courant circulera 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 V
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.)
A	10 000 A service intensif et non intensif	40 000
B	10 000 A service intensif et non intensif	20 000
C	10 000 A service intensif et non intensif	10 000
D	5 000 A série A ou B	16 000
E	5 000 A série A ou B	5 000

65.2.1 Essais à grand courant à 77 % de la tension nominale

On mesure d'abord le courant présumé au cours d'un essai où l'on court-circuite le parafoudre par un conducteur rigide d'impédance négligeable. Les caractéristiques du circuit et la temporisation de l'interrupteur de fermeture seront 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 V et que la valeur de crête du courant au cours de la première grande onde atteigne au moins 2,5 fois la valeur efficace de la composante périodique du courant.

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 (6 ft). The test sample shall be deemed to have passed the test if the housing remains intact or if it breaks sufficiently non-explosively that all parts are contained within the circular enclosure.

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

65.2 High-current pressure-relief tests

The test sample arrester shall be the longest arrester of each different design as defined in Clause 59 and this test shall demonstrate compliance of all ratings of the same design.

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).

Tests shall be made on a single-phase circuit and at a voltage of 77% ($-0, +30\%$) 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 Sub-clauses 65.2.1 and 65.2.2.

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 shall be made to demonstrate compliance with one of the pressure-relief classes given in Table V. 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 V
Requirements for pressure-relief tests

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

65.2.1 High-current tests at 77% rated voltage

The prospective current shall first be measured by making a test with the arrester shunted by a solid 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 V and the peak value of the current in the first major loop shall be at least 2.5 times the r.m.s. value of the a.c. component of the current.

On enlève alors le conducteur rigide 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. On admet donc que le parafoudre a satisfait à un essai au cours duquel la valeur du courant de défaut est la valeur efficace de la composante périodique du courant présumé mesuré pendant l'essai où le parafoudre a été court-circuité par un conducteur d'impédance négligeable.

65.2.2 *Essais à grand courant à moins de 77 % de la tension nominale*

Lorsque les essais sont effectués sous une tension du circuit d'essai notablement inférieure à 77 % de la tension nominale 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 nominale. 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 nominale du parafoudre, la valeur de crête de la première grande onde de courant traversant le parafoudre doit être égale à au moins 1,7 fois la valeur efficace du courant présumé choisi dans le tableau V et correspondant à la classe de limiteur de pression convenable et la valeur efficace de la composante périodique du courant traversant le parafoudre, au moins égale à la valeur efficace de ce courant présumé.

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, on doit 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 nominale du parafoudre.

65.3 *Essais à courant de petite amplitude du limiteur de pression*

Le parafoudre échantillon essayé peut correspondre à une tension nominale quelconque du type de construction considéré et cet essai suffit à prouver la conformité aux spécifications de toutes les tensions nominales d'une même construction. Avec une tension du circuit d'essai égale à 77 % ($-0, +30\%$) de la tension nominale 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 eff. ($\pm 10\%$) 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.

66. **Essais des dispositifs de déconnexion pour parafoudres**

66.1 *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.

The solid link shall then be removed and the sample arrester shall be 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.

65.2.2 *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 disproportionately 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. It therefore 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 1.7 times and additionally the r.m.s. value of the a.c. component shall be at least equal to the r.m.s. value of prospective current selected from Table V and appropriate to the pressure-relief class.

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.

65.3 *Low-current pressure-relief tests*

The test-sample arrester may be any rating of the design under consideration and this test shall demonstrate compliance of all ratings of the same design. With a test-circuit voltage equal to 77% (–0, +30%) of test-sample rating, the circuit parameters should be 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.

66. **Tests of arrester disconnectors**

66.1 *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 normally installed position.

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

66.2 *Essais de tenue au courant de choc et lors du fonctionnement*

Comme il est indiqué aux articles 63 et 64, ces essais seront effectués en même temps que les essais du parafoudre lorsque le dispositif de déconnexion en constitue une partie intégrante. Lorsque les dispositifs de déconnexion sont prévus pour être fixés sur un parafoudre ou comme accessoires intercalés sur le trajet du conducteur de ligne ou sur celui du conducteur de terre, ces essais peuvent être effectués séparément ou en liaison avec les essais des échantillons de parafoudre. On utilisera trois échantillons neufs pour chacun des différents essais, et le dispositif de déconnexion doit supporter, sans fonctionner, chacun des essais suivants:

A — Essai aux ondes de courant de grande amplitude

On effectuera cet essai conformément aux paragraphes 63.1 et 63.2 avec une valeur de crête du courant correspondant à la classe de parafoudre la plus élevée associée au dispositif de déconnexion.

B — Essai aux ondes de courant de longue durée

On effectuera cet essai conformément aux paragraphes 63.1, 63.3.1 et 63.3.3 avec une valeur de crête du courant et une durée correspondant à la classe de parafoudre la plus élevée (voir tableau IV, page 34) associée au dispositif de déconnexion.

C — Essais de fonctionnement

On effectuera cet essai conformément à l'article 64, 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 associés au dispositif de déconnexion.

66.3 *Essai de la courbe temps-courant*

On déterminera les données nécessaires pour tracer une courbe temps-courant pour trois niveaux différents de courant en régime initialement symétrique, correspondant à 20 A, 200 A et 800 A (eff.) ($\pm 10\%$) traversant l'échantillon d'essai du dispositif de déconnexion avec ou sans parafoudre, conformément au paragraphe 66.1.

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 seront 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 seront 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 parafoudre. La tension d'essai peut ne pas dépasser la tension nominale du parafoudre de la plus faible tension nominale associée au dispositif de déconnexion.

On réglera d'abord les caractéristiques du circuit d'essai en vue d'obtenir la valeur prescrite du courant en court-circuitant l'échantillon d'essai par un conducteur d'impédance négligeable. La temporisation de l'interrupteur de fermeture devra assurer la fermeture du circuit dans la limite de quelques degrés électriques du voisinage de la crête de la tension de façon à faire apparaître

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 (0.2 in or 4 AWG) in diameter and 30 cm (1 ft) long, arranged to allow freedom of movement of the disconnector when it operates.

66.2 *Current impulse and operating-duty withstand tests*

As noted in Clauses 63 and 64, these tests will be 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:

A — High-current impulse test

This test shall be made in accordance with Sub-clauses 63.1 and 63.2 with the peak current corresponding to the highest classification of arrester with which the disconnector is designed to be used.

B — Long-duration current impulse test

This test shall be made in accordance with Sub-clauses 63.1, 63.3.1 and 63.3.3 with the peak current and duration corresponding to the highest classification of arrester (see Table IV, page 35) with which the disconnector is designed to be used.

C — Operating-duty test

This test shall be made in accordance with Clause 64, 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.

66.3 *Time/current curve test*

Data for a time/current curve shall be obtained at three different symmetrically initiated current levels, viz. 20 A, 200 A and 800 A, r.m.s. ($\pm 10\%$), flowing through test sample disconnectors with or without arresters as required by Sub-clause 66.1.

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 (0.003 in to 0.005 in) 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.

The parameters of the test circuit should first be adjusted, with the test sample shunted by a link of negligible impedance, to produce the required value of current. The closing switch should be timed to close the circuit within a few electrical degrees of voltage crest so as to produce nearly symmetrical current. An opening switch may be provided with provision for adjusting the time of

un courant sensiblement symétrique. On peut régler la durée de passage du courant dans l'échantillon en essai à l'aide d'un interrupteur d'ouverture. Cet interrupteur peut être supprimé si un contrôle précis de la durée du courant n'est pas nécessaire. Après réglage des caractéristiques du circuit d'essai, on enlèvera le conducteur court-circuitant l'échantillon en essai.

On fera passer le courant au niveau prescrit jusqu'au fonctionnement du dispositif de déconnexion. On essayera au moins cinq échantillons neufs pour chacune des trois valeurs de courants.

Pour tous les échantillons essayés, on tracera 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. On tracera la courbe caractéristique temps-courant du dispositif de déconnexion sous forme d'une courbe continue 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 d'essai pendant des durées contrôlées en vue de déterminer, 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.

66.3.1 *Evaluation des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de déconnexion*

Le dispositif doit assurer clairement une séparation effective et permanente. S'il y a discussion à ce sujet, on appliquera pendant 1 min une tension à fréquence industrielle égale à 1,2 fois la tension nominale du parafoudre de la tension nominale la plus élevée, associé au dispositif de déconnexion. Le courant correspondant ne devra pas dépasser une valeur efficace de 1 mA.

SECTION SEPT — ESSAIS INDIVIDUELS ET ESSAIS DE RÉCEPTION

67. **Essais individuels**

Le constructeur doit effectuer comme essai individuel au moins l'essai de tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle (article 60). Si le parafoudre est constitué de plusieurs éléments possédant leur enveloppe individuelle, les essais peuvent être effectués sur ces éléments.

68. **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) Essai de tension d'amorçage à sec à fréquence industrielle sur le parafoudre complet (article 60).
- b) Essai de tension d'amorçage en onde de foudre normale sur le parafoudre complet (paragraphe 61.2).
- c) Seulement après accord entre le constructeur et l'utilisateur, essai de vérification de la tension résiduelle au courant nominal de décharge sur le parafoudre complet ou sur des fractions de parafoudre (article 62).

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

current flow through the test sample. This switch may be omitted when accurate control over the current duration is not necessary. After the test-circuit parameters have been adjusted, the link shunting the test sample shall be removed.

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

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

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

66.3.1 *Evaluation of disconnector performances*

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 one minute without current flow in excess of 1 mA, r.m.s.

SECTION SEVEN — ROUTINE TESTS AND ACCEPTANCE TESTS

67. **Routine tests**

The minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer shall be the dry power-frequency voltage sparkover test (Clause 60). If the arrester is constructed with a number of self-contained units, the tests may be made on the units.

68. **Standard acceptance tests**

When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, the following tests shall be made on the nearest higher 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 (Clause 60).
- b) Standard lightning-voltage impulse sparkover test on the complete arrester (Sub-clause 61.2).
- c) Only when specifically agreed between the manufacturer and the purchaser, residual voltage test at the nominal discharge current on the complete arrester or sections (Clause 62).

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

TABLEAU VI
Valeurs maximales des tensions d'essai d'amorçage au choc (article 61)

Tension nominale du parafoudre kV eff.	Raideur du front pour F.O. *	10 kA service intensif et non intensif et 5 kA, série A ††		5 kA, série B ††		2,5 kA		1,5 kA
		N ** kV, crête	F.O. * kV, crête	N ** kV, crête	F.O. * kV, crête	N ** kV, crête	F.O. * kV, crête	F.O. * kV, crête
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0,175	10	—	—	—	—	2,2	3,5	3,5
0,280	10	—	—	—	—	2,5	3,0	3,0
0,500	10	—	—	—	—	3,0	4,5	4,5
0,660	10	—	—	—	—	5,0	6,0	6,0
3	25	13	15	21	26	13	15	
4,5	37	17,5	20	—	36	17,5	20	
6	50	22,6	26	40	44	22,6	26	
7,5	62	27	31	—	52	27	31	
9	75	32,5	38	58	59	32,5	38	
10,5	87	38	44	—	—	38	44	
12	100	43	50	70	73	43	50	
15	125	54	62	80	83	54	62	
18	150	65	75	85	91	65	75	
21	175	76	88	†††	106	76	88	
24	200	87	100	†††	121	87	100	
27	225	97	112	†††	133	97	112	
30	250	108	125	†††	143	108	125	
33	275	119	137	†††	†††	119	137	
36	300	130	150	†††	†††	130	150	
39	325	141	162	†††	†††			
42	350	151	174					
51	425	184	212					
54	450	195	224					
60	500	216	250					
75	625	270	310					
84	700	302	347					
96	790	324	371					
102	830	343	394					
108	870	363	418					
120	940	400	463					
126	980	420	485					
138	1 030	460	530					
150	1 080	500	577					
174	1 160	570	660					
186	1 180	610	702					
198	1 200	649	746					
Jusqu'à 225 †	1 200	3,28 U_R ***	3,78 U_R ***					
Jusqu'à 396 †	1 200	3,26 U_R ***	3,76 U_R ***					
Au-dessus de 396 †	1 200	†††	†††					

† A titre d'information et de guide, car les tensions nominales normales supérieures à 198 kV n'ont pas été fixées.

†† Les parafoudres 5 kA, série A, correspondent à la pratique en vigueur dans tous les pays, les parafoudres 5 kA, série B, correspondent à la pratique en vigueur au Canada, aux Etats-Unis et dans d'autres pays.

††† Aucune valeur n'a été acceptée jusqu'à présent.

* F.O. = essai d'amorçage sur le front de l'onde conformément au paragraphe 61.3.1.

** N = essai de tension d'amorçage en onde de foudre normale conformément au paragraphe 61.2.

*** U_R = tension nominale du parafoudre.

TABLE VI
Maximum impulse sparkover test voltages (Clause 61)

Arrester rating kV r.m.s.	Front steepness F.O.W. * kV/ μ s	10 kA light- and heavy-duty and 5 kA, Series A ††		5 kA, Series B ††		2.5 kA		1.5 kA
		Std. ** kV, peak	F.O.W. * kV, peak	Std. ** kV, peak	F.O.W. * kV, peak	Std. ** kV, peak	F.O.W. * kV, peak	F.O.W. * kV, peak
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0.175	10	—	—	—	—	2.2	3.5	3.5
0.280	10	—	—	—	—	2.5	3.0	3.0
0.500	10	—	—	—	—	3.0	4.5	4.5
0.660	10	—	—	—	—	5.0	6.0	6.0
3	25	13	15	21	26	13	15	
4.5	37	17.5	20	—	36	17.5	20	
6	50	22.6	26	40	44	22.6	26	
7.5	62	27	31	—	52	27	31	
9	75	32.5	38	58	59	32.5	38	
10.5	87	38	44	—	—	38	44	
12	100	43	50	70	73	43	50	
15	125	54	62	80	83	54	62	
18	150	65	75	85	91	65	75	
21	175	76	88	†††	106	76	88	
24	200	87	100	†††	121	87	100	
27	225	97	112	†††	133	97	112	
30	250	108	125	†††	143	108	125	
33	275	119	137	†††	†††	119	137	
36	300	130	150	†††	†††	130	150	
39	325	141	162	†††	†††			
42	350	151	174					
51	425	184	212					
54	450	195	224					
60	500	216	250					
75	625	270	310					
84	700	302	347					
96	790	324	371					
102	830	343	394					
108	870	363	418					
120	940	400	463					
126	980	420	485					
138	1 030	460	530					
150	1 080	500	577					
174	1 160	570	660					
186	1 180	610	702					
198	1 200	649	746					
To 225 †	1 200	3.28 U_R ***	3.78 U_R ***					
To 396 †	1 200	3.26 U_R ***	3.76 U_R ***					
Above 396 †	1 200	†††	†††					

† For guidance, since standard ratings above 198 kV have not been established.

†† 5 kA, Series A, arresters are based on practice in all countries; 5 kA, Series B, arresters are based on practice in Canada, U.S.A., and other countries.

††† No values have yet been agreed upon.

* F.O.W. = front-of-wave voltage impulse sparkover test as described in Sub-clause 61.3.1.

** Std. = standard lightning-voltage impulse sparkover test as described in Sub-clause 61.2.

*** U_R = rated voltage of arrester.

TABLEAU VII
Valeurs maximales des tensions résiduelles (article 62)

Tension nominale du parafoudre kV, eff.	10 kA service intensif et non intensif et 5 kA, série A ** kV, crête	5 kA, série B ** kV, crête	2,5 kA kV, crête	1,5 kA kV, crête
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0,175	—	—	2,2	2,2
0,280	—	—	2,5	2,5
0,500	—	—	3,0	3,0
0,660	—	—	5,0	5,0
3	13	18	13	
4,5	17,5	24	17,5	
6	22,6	31	22,5	
7,5	27	39	27	
9	32,5	46	32,5	
10,5	38	—	38	
12	43	54	43	
15	54	64	54	
18	65	73	65	
21	76	83	76	
24	87	91	87	
27	97	99	97	
30	108	107	108	
33	119	***	119	
36	130	***	130	
39	141	***		
42	151			
51	184			
54	195			
60	216			
75	270			
84	302			
96	324			
102	343			
108	363			
120	400			
126	420			
138	460			
150	500			
174	570			
186	610			
198	649			
Jusqu'à 225 *	3,28 U_R ****			
Jusqu'à 396 *	3,26 U_R ****			
Au-dessus de 396 *	***			

* A titre d'information et de guide car les tensions nominales normales supérieures à 198 kV n'ont pas été fixées.
 ** Les parafoudres 5 kA, série A, correspondent à la pratique en vigueur dans tous les pays; les parafoudres 5 kA, série B, correspondent à la pratique en vigueur au Canada, aux États-Unis d'Amérique et dans d'autres pays.
 *** Aucune valeur n'a été acceptée jusqu'à présent.
 **** U_R = tension nominale du parafoudre.

TABLE VII
Maximum residual voltages (Clause 62)

Arrester rating kV, r.m.s.	10 kA light- and heavy-duty and 5 kA, Series A **	5 kA, Series B **	2.5 kA	1.5 kA
kV, peak	kV, peak	kV, peak	kV, peak	kV, peak
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0.175	—	—	2.2	2.2
0.280	—	—	2.5	2.5
0.500	—	—	3.0	3.0
0.660	—	—	5.0	5.0
3	13	18	13	
4.5	17.5	24	17.5	
6	22.6	31	22.5	
7.5	27	39	27	
9	32.5	46	32.5	
10.5	38	—	38	
12	43	54	43	
15	54	64	54	
18	65	73	65	
21	76	83	76	
24	87	91	87	
27	97	99	97	
30	108	107	108	
33	119	***	119	
36	130	***	130	
39	141	***		
42	151			
51	184			
54	195			
60	216			
75	270			
84	302			
96	324			
102	343			
108	363			
120	400			
126	420			
138	460			
150	500			
174	570			
186	610			
198	649			
To 225 *	3.28 U_R ****			
To 396 *	3.26 U_R ****			
Above 396 *	***			

* For guidance, since standard ratings above 198 kV have not been established.

** 5 kA, series A, arresters are based on practice in all countries; 5 kA, series B, arresters are based on practice in Canada, U.S.A. and other countries.

*** No values have yet been agreed upon.

**** U_R = rated voltage of arrester.

ANNEXE A

CIRCUIT TYPE POUR L'ESSAI DE FONCTIONNEMENT (ARTICLE 64)

Le but de cette annexe est de proposer un circuit approprié à l'essai de fonctionnement (figure 1) et d'indiquer le rôle des différents éléments du circuit plutôt que de spécifier un circuit d'essai normal que l'on doit utiliser dans tous les essais et en tous lieux. Les prescriptions pour les essais de fonctionnement telles que la tension à fréquence industrielle, les caractéristiques de l'onde de courant de choc initiale et le réglage de cette onde initiale par rapport à l'onde de tension à fréquence industrielle sont indiquées à l'article 64. La manière exacte dont on remplit ces conditions est sans importance. Il existe de nombreuses variantes possibles à la fois dans la disposition du circuit et dans le choix des valeurs des différents éléments.

L'échantillon en essai est réuni directement à la source d'alimentation à fréquence industrielle, qui est généralement un transformateur, bien que cela ne soit pas essentiel. Un générateur de choc, représenté sous la forme d'un circuit à deux étages, bien qu'il puisse ne comporter qu'un étage s'il est suffisant, est relié au parafoudre par une résistance, R , une inductance, L , et des éclateurs, G_1 et G_2 . La forme d'onde du courant de choc est obtenue en choisissant des valeurs convenables pour C , R , et L . Un shunt, R_3 , non inductif de faible résistance et un diviseur de potentiel D.T. sont utilisés pour la mesure du courant et de la tension. Un shunt, R_4 , inséré dans la connexion de terre du transformateur de puissance est utilisé pour l'enregistrement du courant de suite.

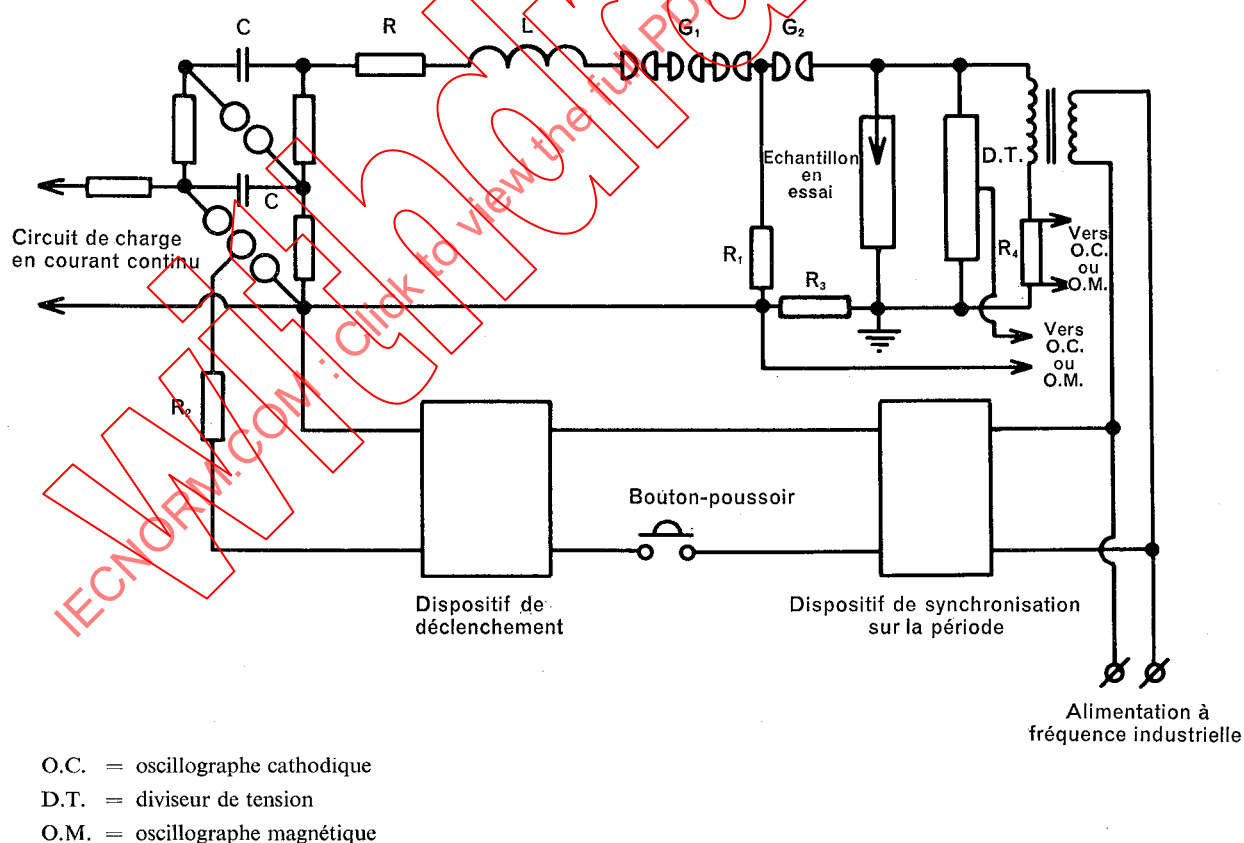


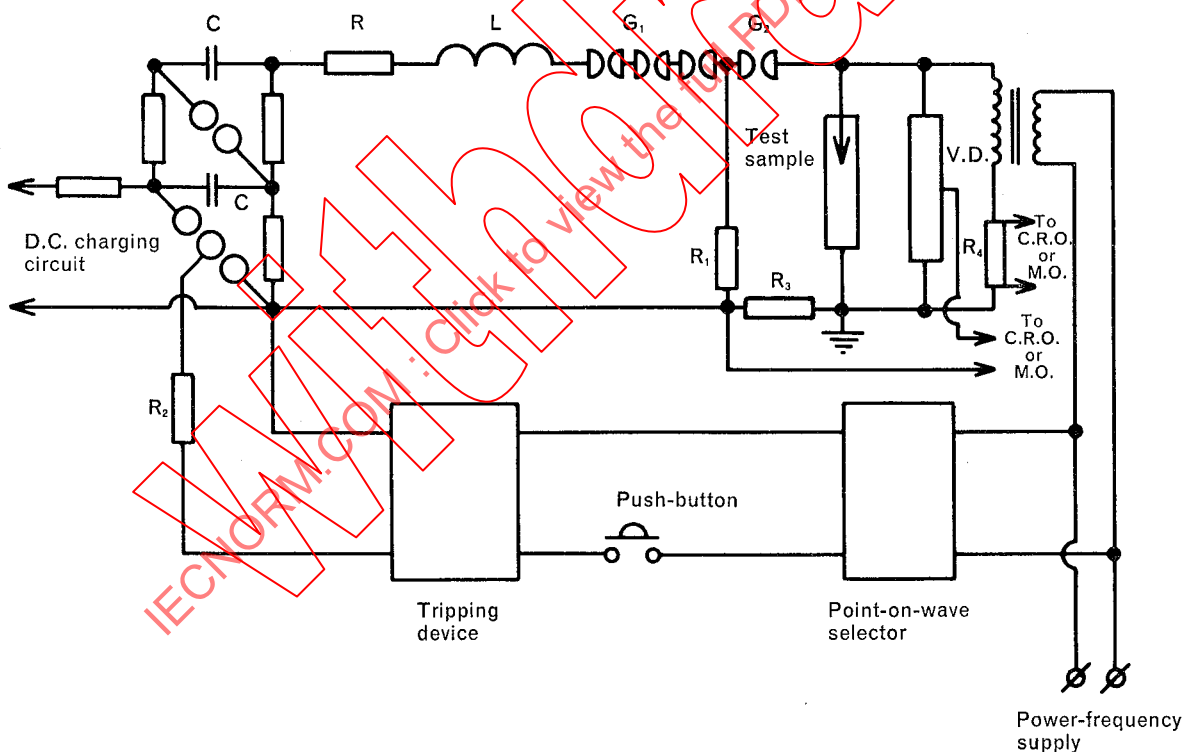
FIG. 1. — Schéma de circuit d'essai type pour l'essai de fonctionnement.

APPENDIX A

TYPICAL CIRCUIT FOR OPERATING-DUTY TEST (CLAUSE 64)

It is the purpose of this Appendix to suggest a suitable test circuit (Figure 1) for use in the operating-duty test and to describe the function of the various circuit components rather than to specify a standard test circuit which shall be used in all tests wherever made. The requirements for the operating-duty test, such as the power-frequency voltage, the characteristics of the initiating current impulse, and the timing of the initiating impulse with respect to the power-frequency voltage wave are described in Clause 64. The exact method by which these requirements are met is not important. There are many possible variations both in the arrangement of the circuit and in the choice of values for the various components.

The test sample is connected directly across the power-frequency supply, usually a transformer, although this is not essential. An impulse generator, shown as a two-stage circuit although it may be a single-stage circuit if adequate, is connected to the arrester through a resistor, R , an inductor, L , and spark-gaps, G_1 and G_2 . The waveshape of the current impulse is controlled by selecting suitable values for C , R , and L . A low-resistance non-inductive shunt, R_3 , and a voltage divider, $V.D.$, are shown for the measurements of current and voltage respectively. A shunt, R_4 , is shown in the leads from the power transformer for recording the follow current.



C.R.O. = cathode-ray oscillograph
 V.D. = voltage divider
 M.O. = magnetic oscillograph

FIG. 1. — Typical test-circuit diagram for operating-duty test.

L'éclateur qui isole le générateur de choc du circuit peut avoir des formes diverses. Dans le modèle indiqué, la résistance, R_1 , si elle est utilisée, peut être de l'ordre du mégohm et sert à maintenir un point de l'éclateur multiple au potentiel de la terre quand aucun courant n'y passe. La partie, G_1 , de l'éclateur n'est ainsi soumise à aucune tension à fréquence industrielle et peut amorcer sur n'importe quel instant de la période. La partie, G_2 , de l'éclateur est aussi petite que le permet la tenue de la tension à fréquence industrielle. La partie, G_1 , a pour but de couper le courant à fréquence industrielle débité dans le générateur de choc après la décharge et c'est la raison pour laquelle on a prévu un éclateur divisé. Si l'éclateur reste conducteur après la décharge, un échange d'énergie entre la capacité du générateur de choc et la source à fréquence industrielle peut apparaître et troubler le déroulement de l'essai. Le passage continu du courant à fréquence industrielle peut également endommager le générateur de choc.

On peut enregistrer le courant de suite soit au moyen d'un oscillographe magnétique, soit d'un oscillographe cathodique en prenant les précautions nécessaires. On peut enregistrer la tension à fréquence industrielle avec un oscillographe magnétique ou un oscillographe cathodique, et à l'aide d'un diviseur de tension ou d'un transformateur de tension.

Le générateur de choc doit être déclenché à l'instant voulu de la période de la tension à fréquence industrielle. Ceci peut être obtenu à l'aide d'un éclateur synchrone ou d'un dispositif de synchronisation indiqué sur la figure 1 et agissant par l'intermédiaire d'un dispositif de déclenchement. Ce dernier applique une impulsion à haute tension à l'électrode médiane d'un éclateur triple du générateur de choc. Une résistance élevée, R_2 , empêche le passage d'un courant de choc appréciable dans le circuit de déclenchement.

Le déclenchement du générateur de choc peut être provoqué par un bouton-poussoir ou tout autre moyen mettant en mouvement le système d'enregistrement et déclenchant le générateur de choc à l'instant choisi sur l'onde de tension à fréquence industrielle.

The spark-gap which isolates the impulse generator from the power circuit may be of various forms. In the type of gap shown, the resistor, R_1 , if used, may be of the order of a megohm and serves to maintain a point in the multiple spark-gap at earth potential when no current is flowing. The part, G_1 , of the gap does not, therefore, have any of the power-frequency voltage across it and can be made to spark over at any point in the cycle. The part, G_2 , of the gap is made as small as is consistent with its ability to withstand the power-frequency voltage. The part, G_3 , is intended to interrupt any power-frequency current flowing to the impulse generator after the end of the impulse, and it is to assist in this that a multiple construction is shown. If the gap remains conducting after the end of the impulse, there may be an interchange of energy between the capacitance of the impulse generator and the power source which will disturb the test procedure. Damage to the impulse generator may also result from the continued flow of power-frequency current.

Follow current may be recorded either by a magnetic oscillograph or a cathode-ray oscillograph if proper precautions are taken. The power-frequency voltage may be recorded by a magnetic oscillograph or a cathode-ray oscillograph through a voltage divider or a potential transformer.

The impulse generator must be tripped at the correct instant on the power-frequency voltage wave. This may be accomplished by means of a synchronous spark-gap or by a point-on-wave selector as shown in Figure 1, through a tripping device. This applies a high-voltage pulse to the centre electrode of the three-electrode gap in the impulse generator. A high resistance, R_2 , prevents appreciable impulse current flowing in the tripping circuit.

The tripping of the impulse generator may be initiated by means of a push button or any means which sets in operation the recording system and trips the impulse generator at the selected instant on the power-frequency voltage wave.

ANNEXE B

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.

Conditions physiques

- 1) Températures supérieures à $+40\text{ °C}$ ou inférieures 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.

APPENDIX B

ABNORMAL SERVICE CONDITIONS

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

Physical conditions

- 1) Temperature in excess of $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+104\text{ }^{\circ}\text{F}$) or below $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- 2) Application at altitudes higher than 1 000 m (3 300 ft).
- 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.

ANNEXE C

GUIDE D'APPLICATION DES PARAFOUDRES A RÉSISTANCE VARIABLE UTILISÉS POUR LES RÉSEAUX A COURANT ALTERNATIF

L'annexe C: Guide d'application, a été publiée précédemment sous la forme de la Publication 99-1A (1965) de la C E I. Les indications suivantes seront introduites à la suite du paragraphe 3.4.1c) 2) dans la prochaine édition de la Publication 99-1A de la C E I.

Choix de la classe de décharge en onde de longue durée des parafoudres à service intensif

On utilise normalement des parafoudres à service intensif lorsqu'une capacité de décharge de ligne est prescrite.

Les prescriptions d'essai figurant au tableau III du paragraphe 63.3.2 sont déterminées par les contraintes mises en œuvre au cours de la décharge de lignes de transport comportant les caractéristiques suivantes qui, comme on l'admet, couvrent la majorité des applications:

TABLEAU C III
Caractéristiques des lignes de transport

Classe de décharge en onde de longue durée	Gamme approximative des tensions de réseaux kV	Longueur approximative de la ligne km	Valeur approximative de l'impédance d'onde de la ligne Ω	Facteur de surtension approximatif (rapport) *
1	Jusqu'à 245	300	450	3,0
2	Jusqu'à 300	300	400	2,6
3	Jusqu'à 420	360	350	2,6
4	Jusqu'à 525	420	325	2,4
5	Jusqu'à 765	480	300	2,2

* Le dénominateur de ce rapport est la valeur de crête de la tension maximale du réseau entre phase et neutre.

Normalement, la classe de décharge en onde de longue durée correspond à la tension du réseau conformément au tableau C III. Cependant, lorsque les caractéristiques du réseau s'écartent sensiblement de celles du tableau, des parafoudres d'une classe de décharge donnée peuvent être utilisés pour des tensions de réseau correspondant à des classes supérieures ou inférieures. En pareil cas, il est recommandé d'étudier les conditions particulières. D'une façon générale, on ne doit pas utiliser les éclateurs de parafoudres et les résistances non linéaires dans des conditions telles que, soit l'énergie, soit le courant, apparaissant au cours des décharges consécutives aux surtensions de manœuvre, dépassent les valeurs correspondantes obtenues au cours des essais aux ondes de longue durée effectués sur ces éléments. L'énergie peut souvent être la contrainte principale aux faibles tensions et le courant, aux tensions élevées.

Comme l'indique le tableau C III, les caractéristiques du réseau nécessitant un examen pour évaluer la sévérité des contraintes dues aux décharges consécutives aux surtensions de manœuvre sont:

- longueur de la ligne;
- impédance d'onde de la ligne;
- niveau de la surtension produite (facteur de surtension).

Il faut tenir compte d'une caractéristique supplémentaire, le rapport de la tension nominale du parafoudre à la tension du réseau. D'autres caractéristiques et conditions du réseau ont également leur importance, mais ne sont pas étudiées ici car, pour des raisons pratiques, les prescriptions d'essai n'en font pas mention.

APPENDIX C

GUIDE TO THE APPLICATION OF NON-LINEAR RESISTOR TYPE LIGHTNING ARRESTERS FOR A.C. SYSTEMS

Appendix C, Application Guide, has been published as I E C Publication 99-1A (1965). The following information will be inserted following Sub-clause 3.4.1c) 2) in subsequent printings of I E C Publication 99-1A.

Selection of the long-duration discharge class of heavy-duty arresters

Heavy-duty arresters are normally applied where line discharge capability is required.

The test requirements shown in Table III of Sub-clause 63.3.2 are based on the duty involved in discharging transmission lines with the following characteristics, which are considered to cover the majority of applications:

TABLE C III
Transmission line characteristics

Long duration discharge class	Approximate range of system voltages kV	Approximate line length km (miles)	Approximate line surge impedance Ω	Approximate over-voltage factor (p.u.) *
1	Up to 245	300 (190)	450	3.0
2	Up to 300	300 (190)	400	2.6
3	Up to 420	360 (225)	350	2.6
4	Up to 525	420 (260)	325	2.4
5	Up to 765	480 (300)	300	2.2

* The base for the per unit values is the crest of the highest system line-to-neutral voltage.

Normally, the long-duration discharge class is based on the corresponding system voltage in accordance with Table C III. However, where system characteristics vary appreciably from those in the table, arresters of one discharge class may be used at system voltages corresponding to higher or lower classes. In such cases a study of the particular circumstances is recommended. In general, arrester gaps and non-linear resistors should not be used in situations where either the energy or the current developed during the discharge of switching surges exceed those developed in the long-duration tests performed on these components. At lower voltages the energy may be the predominant requirement and at higher voltages the current.

As shown in Table C III, system parameters requiring consideration in determining the severity of the duty imposed during the discharge of switching surges are:

- line length;
- line surge impedance;
- level of overvoltage developed (overvoltage factor).

A further parameter to be considered is the rated arrester voltage in relation to system voltage. Other parameters and system conditions are also of importance but as the test requirements do not, for practical reasons, give consideration to these, they are not dealt with here.

ANNEXE D

PROPOSITIONS POUR LES ESSAIS DE POLLUTION ARTIFICIELLE DES PARAFOUDRES

1. Principes fondamentaux et but de la méthode d'essai

Il est bien connu qu'une forte pollution industrielle ou marine peut provoquer des défaillances de parafoudres par suite d'un grand déséquilibre de la répartition de tension sur la surface d'isolement externe ou par suite de variations très rapides de cette répartition. Ces deux phénomènes sont dus à la formation, dans les conditions ci-dessus, d'une couche superficielle conductrice presque continue à l'origine et comprenant essentiellement une solution aqueuse d'électrolyte. Cette dernière correspond soit lorsque l'humidité est élevée, à l'absorption d'eau par des particules solides hygroscopiques, soit au dépôt superficiel de gouttes liquides. De plus, la présence éventuelle de poussières modifie les conditions de lavage et de séchage de la surface. Il est également bien établi que l'échauffement dû au courant de fuite traversant la couche superficielle, lorsque sa conductibilité est assez élevée, provoque la formation de « bandes sèches ». La plus grande partie de la chute de tension est appliquée à ces dernières, et des décharges du courant de fuite apparaissent lorsque ces bandes sont momentanément court-circuitées par un arc.

Ces phénomènes peuvent amener la tension appliquée à un parafoudre ou à une partie de ce dernier à dépasser la tension d'amorçage de façon soit continue, soit transitoire, lors des décharges dues au courant de fuite par suite de couplages capacitifs entre les électrodes et les bandes humides troublant la répartition entre les éclateurs (voir, par exemple, le rapport CIGRE 404, 1966). L'apparition de ce phénomène peut provoquer la défaillance du parafoudre.

Le but des essais de pollution artificielle des parafoudres est donc de représenter des conditions de pollution d'une sévérité convenable et de montrer que l'application simultanée au parafoudre de ces dernières et d'une tension à fréquence industrielle adéquate ne provoque ni amorçage des éclateurs ni contournement de son isolement externe: il résulte du processus précédent des défaillances dues à la pollution que l'essai doit être effectué sur un élément de parafoudre complet comportant ses éclateurs et ses résistances de répartition de tension normaux, etc.

Il n'existe actuellement aucun essai normal ou universellement accepté. Toutefois une ou deux techniques correspondent déjà à un développement avancé et sont couramment utilisées pour déterminer les caractéristiques des isolateurs soumis à la pollution. Bien que des différences dans les techniques d'application de la pollution existent, les caractères communs fondamentaux de ces essais sont la réalisation de façon répétitive de divers degrés ou « sévérités » de pollution, évalués en fonction de la conductivité ou d'autres caractéristiques en rapport direct avec cette dernière, l'application d'une tension d'essai convenable et la détermination consécutive des résultats du parafoudre correspondant à une sévérité de pollution donnée. Les méthodes d'essai des parafoudres proposées ici sont basées sur ces caractéristiques communes et ainsi ne dépendent pas d'une technique précise d'application de la pollution.

La section un de la présente annexe concerne le processus d'essai et les buts particuliers aux parafoudres. La section deux indique des références et des résumés des méthodes de pollution existantes qu'on estime applicables aux parafoudres.

SECTION UN — MÉTHODES ET CONDITIONS D'ESSAI PROPOSÉES

2. Prescriptions générales

2.1 *Parafoudres en essai*

L'essai doit être effectué sur un parafoudre complet, comportant tous les organes normaux, éclateurs, résistances de répartition de tension, anneaux de garde, etc., pouvant avoir une influence notable sur la répartition de tension du parafoudre.

APPENDIX D

PROPOSALS FOR THE ARTIFICIAL POLLUTION TESTING OF LIGHTNING ARRESTERS

1. Basic principles and objectives of the test method

It is well known that under conditions of heavy industrial or coastal pollution an arrester can fail owing to the creation of a very non-linear voltage distribution on its external surface insulation, or because of very rapid changes in this distribution. These two states arise as a consequence of the formation under such conditions of an initially nearly continuous conducting surface layer consisting typically of an aqueous solution of electrolyte formed under high humidity by the moisture pick-up of hygroscopic solid particles or liquid droplets deposited on the surface. Dusts may also be present, affecting the washing and drying characteristics of the surface. It is well established also that the effect of leakage current heating in the layer, when the conductivity is high enough, is to cause "dry bands" to form, across which most of the voltage drop occurs and that surges of leakage current occur when these bands are temporarily bridged by an arc.

These phenomena can cause the voltage applied to an arrester or portion of an arrester to exceed its sparkover value either continuously or transiently, during leakage surging, through disturbance of the gap potentials caused by capacitive coupling between electrodes and wet bands (see, for example, CIGRE Paper 404, 1966). Failure can occur if this takes place.

It is consequently the purpose of artificial pollution testing of arresters to simulate pollution conditions of appropriate severity and establish that, when subjected to these, the arrester, energized at appropriate power-frequency voltage, suffers neither gap sparkover nor flashover of its external insulation: it follows from the above account of the mechanism of pollution failure that the test must be made on a complete arrester unit with the normal spark-gaps and grading resistors, etc.

There is at present no standard or universally accepted test but one or two techniques are already in an advanced stage of development and are regularly used to determine the pollution performance of insulators. The essential common feature of such tests, even though there are differences in the polluting techniques, are the repeatable production of various degrees or "severities" of pollution, measured in terms of specific conductance or other directly related parameters, application of a suitable test voltage and consequent determination of the performance in terms of a given pollution severity. The proposed methods of testing lightning arresters put forward here have been based on these common features and are thus independent of the precise polluting technique.

Section One of this Appendix deals with the test procedure and objectives specific to arresters, while in Section Two are given references to, and summaries of, existing pollution methods considered applicable here.

SECTION ONE — PROPOSED TEST METHOD AND PROCEDURE

2. General requirements

2.1 Test arrester

The test must be made on a complete arrester, with all normal spark-gaps, grading resistors and any grading rings, etc., which may significantly affect the voltage distribution of the arrester.

2.2 Nettoyage

Avant le premier essai du parafoudre par la méthode du brouillard salin, on peindra, si on le juge nécessaire, à l'aide d'une peinture résistant à la corrosion, les parties métalliques et les scellements au ciment afin d'éviter que les produits provenant de la corrosion ne coulent sur les surfaces isolantes pendant un essai. On nettoiera soigneusement la surface de façon à enlever avant l'essai toutes les traces de salissures superficielles.

2.3 Installation

Une fois propre, le parafoudre sera monté de façon à obtenir entre n'importe quelle partie de ce dernier et tout objet à la terre autre que les dispositifs de protection, le plafond ou un mur, une distance minimale au moins égale à la moitié de la longueur du parafoudre. Ce dernier sera en équilibre thermique avec l'air ambiant au début de l'essai; on notera à cet instant, la température de l'air ambiant; celle-ci ne doit être ni inférieure à 5 °C, ni supérieure à 30 °C.

2.4 Transformateur d'essai

Il ne faut pas que l'amplitude de réglage du transformateur et du régulateur nécessaire pour l'exécution de l'essai soit telle qu'une baisse de tension ou une déformation de la forme de l'onde de tension empêchent l'amorçage ou le contournement. Le courant de court-circuit doit être aussi élevé que possible et sa valeur efficace, au moins égale à 5 A.

2.5 Conditions d'essais

Le parafoudre, préparé comme indiqué précédemment, est installé en position d'essai et mis sous tension comme indiqué ci-après (articles 3 et 4). Le commencement de l'essai correspond à l'application de la pleine tension d'essai.

3. Application de la tension

Ces prescriptions sont particulières aux parafoudres et on admet deux modes différents d'application de la tension en fonction de la tension nominale.

3.1 Parafoudres de tension nominale inférieure ou égale à 138 kV

Pendant tout l'essai, on applique en permanence une tension égale à la tension nominale du parafoudre.

3.2 Parafoudres de tension nominale supérieure à 138 kV

On applique tout d'abord une tension égale à 0,75 fois la tension nominale du parafoudre et, à des intervalles de 5 min, on augmente rapidement la tension jusqu'à la tension nominale pendant au moins 10 s et au plus 20 s, ce temps comprenant le temps nécessaire pour élever et diminuer la tension. On continue de la même manière pendant toute la durée de l'essai.

4. Conditions des essais

4.1 Durée de l'essai

On applique au parafoudre une tension fonction de sa tension nominale comme l'indiquent les paragraphes 3.1 et 3.2. Le début de l'essai est défini au paragraphe 2.5 ci-dessus et l'essai est achevé soit au bout d'un temps spécifié, soit lors de l'apparition d'un amorçage interne ou d'un contournement externe.

4.2 Poursuite de l'essai

On effectuera les essais indiqués au paragraphe 4.1 pour chaque degré de sévérité de la pollution (voir article 5 et section deux de la présente annexe) et on notera l'apparition d'un amorçage ou d'un contournement de l'isolement superficiel du parafoudre.