

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 60-2

Première édition — First edition

1973

Techniques des essais à haute tension

Deuxième partie : Modalités d'essais

High-voltage test techniques

Part 2: Test procedures



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

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 60-2

Première édition — First edition

1973

Techniques des essais à haute tension

Deuxième partie : Modalités d'essais

High-voltage test techniques

Part 2: Test procedures



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	6
PRÉFACE	6
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Objet	8
SECTION DEUX — ESSAIS EN TENSION CONTINUE	
3. Définitions concernant les essais en tension continue	8
3.1 Ondulation	8
3.2 Valeur de la tension d'essai	8
4. Tension d'essai	10
4.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai	10
4.2 Production de la tension d'essai	10
4.3 Mesure de la tension d'essai	10
4.4 Mesure du courant d'essai	12
5. Modalités d'essai	12
5.1 Essais de tension de tenue nominale	12
5.2 Essais de tension de décharge disruptive assurée	14
SECTION TROIS — ESSAIS EN TENSION ALTERNATIVE	
6. Définitions concernant les essais en tension alternative	14
6.1 Valeur de crête	14
6.2 Valeur efficace	14
6.3 Valeur de la tension d'essai	14
7. Tension d'essai	14
7.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai	14
7.2 Production de la tension d'essai	16
7.3 Mesure de la tension d'essai	18
8. Modalités d'essai	18
8.1 Essais de tension de tenue nominale	18
8.2 Essais de tension de décharge disruptive assurée	20
SECTION QUATRE — ESSAIS EN TENSION DE CHOC DE FOUDRE	
9. Définitions concernant les essais aux chocs de foudre	20
9.1 Définitions d'application générale	20
9.2 Définitions propres aux tensions de choc coupées	22
9.3 Courbes tension/durée	24
10. Tension d'essai	24
10.1 Choc de foudre normal	24
10.2 Tolérances	24
10.3 Choc de foudre coupé normal	24
10.4 Production de la tension d'essai	26
10.5 Mesure de la tension d'essai, détermination de la forme du choc	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
SECTION ONE — GENERAL	
Clause	
1. Scope	9
2. Object	9
SECTION TWO — TESTS WITH DIRECT VOLTAGE	
3. Definitions for direct voltage tests	9
3.1 Ripple	9
3.2 Value of test voltage	9
4. Test voltage	11
4.1 Requirements for the test voltage	11
4.2 Generation of the test voltage	11
4.3 Measurement of the test voltage	11
4.4 Measurement of the test current	13
5. Test procedures	13
5.1 Rated withstand voltage tests	13
5.2 Assured disruptive discharge voltage tests	15
SECTION THREE — TESTS WITH ALTERNATING VOLTAGE	
6. Definitions for alternating voltage tests	15
6.1 Peak value	15
6.2 R.M.S. value	15
6.3 Value of the test voltage	15
7. Test voltage	15
7.1 Requirements for the test voltage	15
7.2 Generation of the test voltage	17
7.3 Measurement of the test voltage	19
8. Test procedures	19
8.1 Rated withstand voltage tests	19
8.2 Assured disruptive discharge voltage tests	21
SECTION FOUR — TESTS WITH LIGHTNING IMPULSE VOLTAGES	
9. Definitions for lightning impulse tests	21
9.1 Definitions of general applicability	21
9.2 Definitions applicable only to chopped impulses	23
9.3 Voltage/time curves	25
10. Test voltage	25
10.1 Standard lightning impulse	25
10.2 Tolerances	25
10.3 Standard chopped lightning impulse	25
10.4 Generation of the test voltage	27
10.5 Measurement of the test voltage, determination of impulse shape	27

Articles	Pages
11. Modalités d'essai	26
11.1 Essais de tenue nominale	28
11.2 Essais de tension de décharge disruptive à 50%	28
11.3 Essai de tension de décharge disruptive assurée	30
11.4 Détermination de tension correspondant à des probabilités de décharge disruptive très faible ou très élevée	30

SECTION CINQ — ESSAIS EN TENSION DE CHOC DE MANŒUVRES

12. Définitions concernant les essais aux chocs de manœuvres	30
12.1 Choc de manœuvres	30
12.2 Valeur de la tension d'essai	30
12.3 Durée jusqu'à la crête T_{cr}	32
12.4 Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur T_2	32
12.5 Durée au-dessus de 90% T_d	32
12.6 Durée jusqu'à la coupure T_c	32
12.7 Choc ayant un front linéaire coupé	32
13. Tension d'essai	32
13.1 Choc de manœuvres normal	32
13.2 Chocs spéciaux	32
13.3 Tolérances	32
13.4 Production de la tension d'essai	34
13.5 Mesure de la tension d'essai, détermination de la forme de choc	34
14. Modalités d'essai	34

SECTION SIX — ESSAIS AUX CHOC DE COURANT

15. Définitions concernant les essais aux chocs de courant	34
15.1 Chocs de courant	34
15.2 Valeur du courant d'essai	36
15.3 Durée conventionnelle du front T_1	36
15.4 Origine conventionnelle O_1	36
15.5 Durée conventionnelle jusqu'à la mi-valeur T_2	36
15.6 Durée conventionnelle de la crête d'un choc de courant rectangulaire	36
15.7 Durée conventionnelle totale d'un choc de courant rectangulaire	36
16. Courant d'essai	36
16.1 Chocs de courant normaux	36
16.2 Tolérances	38
16.3 Mesure du courant d'essai	38
16.4 Mesure de la tension pendant les essais de courants de choc	38

ANNEXE A — Traitement statistique des résultats d'essais	40
--	----

FIGURES.	48
------------------	----

Clause	Page
11. Test procedures	27
11.1 Rated withstand voltage tests	29
11.2 50% disruptive discharge voltage tests	29
11.3 Assured disruptive discharge voltage test	31
11.4 Determination of voltages corresponding to very low or very high disruptive discharge probabilities	31

SECTION FIVE — TESTS WITH SWITCHING IMPULSE VOLTAGES

12. Definitions for switching impulse tests	31
12.1 Switching impulse	31
12.2 Value of the test voltage	31
12.3 Time to crest T_{cr}	33
12.4 Virtual time to half-value T_2	33
12.5 Time above 90% T_d	33
12.6 Time to chopping T_c	33
12.7 Linearly rising front chopped impulse	33
13. Test voltage	33
13.1 Standard switching impulse	33
13.2 Special impulses	33
13.3 Tolerances	33
13.4 Generation of the test voltage	35
13.5 Measurement of the test voltage, determination of impulse shape	35
14. Test procedures	35

SECTION SIX — TESTS WITH IMPULSE CURRENTS

15. Definitions for impulse current tests	35
15.1 Impulse currents	35
15.2 Value of the test current	37
15.3 Virtual front time T_1	37
15.4 Virtual origin O_1	37
15.5 Virtual time to half-value T_2	37
15.6 Virtual duration of peak of a rectangular impulse current	37
15.7 Virtual total duration of a rectangular impulse current	37
16. Test current	37
16.1 Standard impulse currents	37
16.2 Tolerances	39
16.3 Measurement of the test current	39
16.4 Measurement of voltage during tests with impulse currents	39

APPENDIX A — Statistical evaluation of test results	41
---	----

FIGURES	48
-------------------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION

Deuxième partie: Modalités d'essais

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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 42 de la CEI: Technique des essais à haute tension.

Elle constitue la révision de la partie de la Publication 60 de la CEI, 1962, qui traite de la technique des essais sous tension continue et tension alternative, avec chocs de foudre et de manœuvres et courants de choc. Elle remplace, plus particulièrement, les sections quatre, cinq, six et sept de la Publication 60 de la CEI, 1962. Un autre document: Dispositifs de mesure approuvés, couvrant la section huit et l'annexe de la Publication 60 de la CEI, 1962, est en cours de préparation avec un guide d'application.

A une réunion tenue à Bucarest en 1962, une discussion générale avait eu lieu au sujet des modifications et additifs à prévoir pour la Publication 60 de la CEI, alors en cours d'impression. Il en résulta des projets qui furent diffusés et discutés à Aix-les-Bains en 1964, à Tokyo en 1965 et à Londres en 1968. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 42(Bureau Central)15, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1970. En raison des votes négatifs émis par le Canada et la France, un projet révisé, documents 42(Bureau Central)20 et 42(Bureau Central)20A, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en janvier et mars 1972. Par ces démarches successives, les votes négatifs du Canada et de la France furent éliminés.

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

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Autriche	Pologne
Belgique	Portugal
Brésil	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques
Israël	Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

Part 2: Test procedures

FOREWORD

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

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 42, High-voltage Testing Techniques.

It constitutes a revision of that part of IEC Publication 60, 1962, which deals with the technique of tests with direct and alternating voltage, with lightning and switching impulses and with impulse currents. More specifically, it replaces Sections Four, Five, Six and Seven of IEC Publication 60, 1962. Another document: Approved Measuring Devices, covering Section Eight and the Appendix of IEC Publication 60, 1962, is under preparation together with an Application Guide.

During a meeting held in Bucharest in 1962, a general discussion was held concerning what modifications and addenda were foreseen for the IEC Publication 60, then under printing. Subsequent drafts were circulated and discussed in Aix-les-Bains in 1964, in Tokyo in 1965 and in London in 1968. As a result of this latter meeting, a final draft, document 42(Central Office)15, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1970. Due to negative votes from Canada and France, a revised draft, documents 42(Central Office)20 and 42(Central Office)20A, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January and March 1972. By these successive procedures, the negative votes from Canada and France were eliminated.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Austria
Belgium
Brazil
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
Israel
Italy
Japan

Netherlands
Norway
Poland
Portugal
Romania
South Africa (Republic of)
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

TECHNIQUES DES ESSAIS À HAUTE TENSION

Deuxième partie: Modalités d'essais

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente recommandation est applicable:

- aux essais diélectriques en tension continue;
- aux essais diélectriques en tension alternative;
- aux essais diélectriques en tension de choc;
- aux essais en courant de choc.

2. Objet

L'objet de la présente recommandation est:

- de définir les termes particuliers qui s'appliquent aux essais ci-dessus;
- de décrire les méthodes pour produire et mesurer les tensions et les courants d'essai;
- de décrire les méthodes d'essai;
- de décrire les méthodes d'interprétation des résultats d'essais et indiquer les critères d'acceptation ou de refus.

Les définitions d'emploi général, les prescriptions relatives à l'objet en essai et les modalités d'essais d'emploi général sont données dans la Publication 60-1 de la CEI: Techniques des essais à haute tension, Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais. Les prescriptions relatives aux appareils de mesures approuvés et les méthodes de contrôle seront données dans la future Publication 60-3 de la CEI et dans un guide d'application (révision de la section huit et de l'annexe de la Publication 60 de la CEI).

SECTION DEUX — ESSAIS EN TENSION CONTINUE

3. Définitions concernant les essais en tension continue

3.1 Ondulation

L'ondulation est l'écart périodique par rapport à la valeur moyenne arithmétique de la tension. L'amplitude de l'ondulation est définie comme la moitié de la différence entre les valeurs maximale et minimale. Le facteur d'ondulation est le rapport de l'amplitude de l'ondulation à la valeur moyenne arithmétique.

3.2 Valeur de la tension d'essai

La valeur de la tension d'essai est définie par sa valeur moyenne arithmétique.

HIGH-VOLTAGE TEST TECHNIQUES

Part 2: Test procedures

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This recommendation is applicable to:

- dielectric tests with direct voltage;
- dielectric tests with alternating voltage;
- dielectric tests with impulse voltage;
- tests with impulse current.

2. Object

The object of this recommendation is:

- to define terms specifically relating to the above tests;
- to describe methods for generation and measurement of test voltages and currents;
- to describe test methods;
- to describe methods for the evaluation of test results and to indicate criteria for acceptance or refusal.

Definitions of general applicability, general requirements regarding test objects, and test procedures of general applicability are given in IEC Publication 60-1, High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements. Requirements concerning approved measuring devices and checking methods will be given in the future IEC Publication 60-3 and in an Application Guide (revision of Section Eight and of the Appendix of IEC Publication 60).

SECTION TWO — TESTS WITH DIRECT VOLTAGE

3. Definitions for direct voltage tests

3.1 Ripple

Ripple is the periodic deviation from the arithmetic mean value of the voltage. The amplitude of the ripple is defined as half the difference between the maximum and minimum values. The ripple factor is the ratio of the ripple amplitude to the arithmetic mean value.

3.2 Value of the test voltage

The value of the test voltage is defined by its arithmetic mean value.

4. Tension d'essai

4.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai

La tension d'essai devra être, lorsqu'elle sera appliquée à l'objet en essai, une tension continue avec un facteur d'ondulation inférieur ou égal à 5% sauf spécification contraire du Comité d'Etudes intéressé. Noter que la présence de l'objet en essai peut affecter le facteur d'ondulation.

4.2 Production de la tension d'essai

La tension d'essai est généralement produite au moyen de redresseurs, mais parfois par des générateurs électrostatiques. Les prescriptions relatives à la source de tension d'essai dépendent beaucoup du genre d'appareil qui doit être essayé et des conditions d'essai. Ces prescriptions dépendent principalement de la valeur et de la nature du courant d'essai que la source doit fournir dont les principales composantes sont indiquées au paragraphe 4.4.

La valeur du courant nominal qui définit la source devra être suffisante pour charger la capacité de l'objet en essai dans un temps raisonnablement court. Dans le cas d'objets ayant une forte capacité, des temps de charge de plusieurs minutes doivent quelquefois être acceptés. La source comprenant la capacité de filtrage devra également être capable de fournir les courants de fuite et d'absorption ainsi que tous courants résultant de décharges partielles internes et externes, sans entraîner une chute de tension excessive qui pourrait influencer les résultats d'essai. Dans les essais sur isolation interne, ces courants sont généralement faibles; mais lorsqu'il s'agit d'essayer des isolateurs sous pluie, des courants de fuite de l'ordre de quelques dizaines de milliampères ou des prédécharges impulsives de l'ordre de 10^{-2} coulomb peuvent être observés occasionnellement.

Pour les essais sur isolateurs pollués, des circuits spéciaux délivrant des courants de sortie importants sont nécessaires. Provisoirement, il est recommandé de choisir une source telle que, si des impulsions de courant de 500 mA sont appelées pendant une durée de 500 ms, la chute de tension au cours de chaque impulsion ou une séquence d'impulsions n'excède pas 5% lorsque la fréquence de répétition est de une par seconde.

4.3 Mesure de la tension d'essai

4.3.1 Mesure avec des dispositifs approuvés par la Publication 60 de la CEI

La mesure de la valeur moyenne arithmétique, de la valeur maximale, du facteur d'ondulation et de toute chute de tension transitoire de la tension d'essai, doit en général être faite au moyen de dispositifs qui ont satisfait aux essais d'approbation indiqués dans la Publication 60 de la CEI: Essais à haute tension. L'attention est attirée sur les prescriptions relatives aux caractéristiques de la réponse des dispositifs de mesure utilisés pour mesurer l'ondulation et les grandeurs transitoires.

4.3.2 Mesure au moyen d'un éclateur à sphères, en conformité avec la Publication 52 de la CEI, 1960

Seule la mesure de la valeur de crête de la tension d'essai peut être faite au moyen d'un éclateur à sphères. Le mode opératoire consiste habituellement à établir une relation entre l'écartement auquel les décharges disruptives apparaissent et une autre variable du circuit liée à la tension d'essai, voir la Publication 52 de la CEI (1960): Recommandations pour la mesure des tensions au moyen d'éclateurs à sphères (une sphère à la terre). (La relation entre la tension d'alimentation et la tension de sortie peut ne pas être suffisamment constante pour les besoins de la mesure.)

La relation peut dépendre de la présence de l'objet en essai et de celle de l'éclateur à sphères, de l'aspersion dans le cas des essais sous pluie, etc. Il est alors important que ces conditions soient les mêmes pendant l'étalonnage de l'éclateur à sphères et pendant l'essai, excepté que, durant l'essai, l'écartement entre les sphères peut être augmenté suffisamment pour éviter un amorçage. L'attention est attirée aussi sur la possibilité d'obtenir des mesures erratiques de l'éclateur à sphères, en tension continue, par suite de pollution dans l'atmosphère.

4. Test voltage

4.1 Requirements for the test voltage

The test voltage, as applied to the test object, should be a direct voltage with not more than 5% ripple factor, unless otherwise specified by the relevant Technical Committee. Note that the presence of the test object may affect the ripple factor.

4.2 Generation of the test voltage

The test voltage is generally obtained by means of rectifiers, but sometimes by electrostatic generators. The requirements to be met by the test voltage source depend considerably upon the type of apparatus which shall be tested and on the test conditions. These requirements are determined mainly by the values and nature of the test current to be supplied, the important constituents of which are indicated in Sub-clause 4.4.

The output current rating of the source should be sufficient to charge the capacitance of the test object in a reasonably short time. In the case of objects having high capacitance, charging times of several minutes must, however, sometimes be accepted. The source, including the storage capacitance, should also be adequate to supply the leakage and absorption currents and any internal and external partial discharge currents without excessive voltage drops which might influence the test results. In tests on internal insulation, these currents are usually small; but when testing wet insulators, leakage currents of the order of some tens of milliamperes, or pre-discharge pulses of the order 10^{-2} coulomb may occasionally be encountered.

For tests on polluted insulators, special circuits giving large output currents are necessary. Provisionally, it is recommended that the source should be such that when a pulse current of 500 mA is drawn for a duration of 500 ms the voltage drop during each pulse or a sequence of pulses should not exceed 5% when the repetition rate is once per second.

4.3 Measurement of the test voltage

4.3.1 Measurement with devices approved under IEC Publication 60

The measurement of the arithmetic mean value, the maximum value, the ripple factor, and any transient drop in the test voltage should, in general, be made with devices which have passed the approval procedure referred to in IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques. Attention is drawn to the requirements on response characteristics of devices used for measuring ripple or transients.

4.3.2 Measurement with a sphere-gap, in accordance with IEC Publication 52, 1960

The measurement only of the maximum value of the test voltage can be made with a sphere-gap. The procedure usually consists in establishing a relationship between the spacing at which disruptive discharges occur and some other circuit variable related to the test voltage, see IEC Publication 52 (1960), Recommendations for Voltage Measurement by Means of Sphere-gaps (one sphere earthed). (The relationship between the supply voltage and the output voltage may not be sufficiently stable for measuring purposes.)

The relationship may be dependent on the presence of the test object and the sphere-gap, the precipitation in wet tests, etc. Hence, it is important that these conditions are the same during the sphere-gap calibration and the actual test, except that during the test, the sphere-gap may be opened sufficiently to prevent sparkover. Attention is drawn also to the possibility of erratic sphere-gap measurements with direct voltage due to pollution in the atmosphere.

L'étalonnage est exécuté de préférence à 100% de la valeur de la tension d'essai, mais pour les essais sur objets comportant des isolations non autorégénératrices, on pourra procéder par extrapolation à partir d'une valeur non inférieure à 80% de la tension d'essai. L'extrapolation peut être douteuse si le courant du circuit d'essai n'est pas proportionnel à la tension appliquée.

4.4 *Mesure du courant d'essai*

Lorsque des mesures du courant traversant l'objet en essai sont exécutées, plusieurs composantes peuvent être distinguées qui diffèrent entre elles de plusieurs ordres de grandeur, pour le même objet en essai et la même tension d'essai. Ce sont :

- le courant capacitif dû à l'application initiale de la tension d'essai et à toute ondulation ou à toutes autres fluctuations qu'elle contient;
- le courant d'absorption diélectrique dû au lent déplacement de charges au sein de l'isolation et qui peuvent durer de quelques secondes à plusieurs heures. Ce phénomène est en partie réversible; des courants de polarité opposée pouvant être observés lorsque l'objet en essai est déchargé et court-circuité;
- le courant de fuite permanent qui est la valeur finale du courant continu obtenue à tension appliquée constante lorsque les composantes précédentes ont décliné jusqu'à zéro;
- les courants de décharges partielles.

La mesure des trois premières composantes nécessite l'emploi d'appareils couvrant une grande gamme d'amplitudes de courant. Il est important de s'assurer que l'instrument ou la mesure de l'une quelconque des composantes du courant n'est pas affectée par les autres composantes. Il est parfois possible de déduire des informations concernant le comportement de l'isolation pendant des essais non destructifs à partir de l'allure de la variation dans le temps du courant observé.

L'amplitude relative et l'importance à attribuer à chaque composante du courant dépend du type et de l'état de l'objet en essai, du but recherché au cours de l'essai et de la durée de l'essai. C'est pourquoi les prescriptions relatives aux mesures devront être précisées par le Comité d'Etudes intéressé, en particulier quand on désire distinguer une composante particulière.

Les mesures d'impulsions de courant, provoquées par les décharges partielles, sont exécutées à l'aide d'instruments spéciaux dont il est question dans la Publication 270 de la CEI (1968): Mesure des décharges partielles.

5. **Modalités d'essai**

La tension de décharge disruptive d'un objet en essai est soumise à des variations statistiques. Quelques conseils concernant les méthodes pour déterminer les tensions donnant une probabilité de décharge disruptive spécifiée sont présentées à l'annexe A.

5.1 *Essais de tension de tenue nominale*

La tension devra être appliquée à l'objet en essai à partir d'une valeur suffisamment basse pour éviter tout effet de surtension dû aux phénomènes transitoires d'enclenchement. Elle devra croître assez lentement pour permettre une lecture précise des instruments, mais sans qu'il en résulte pour autant une prolongation inutile de la contrainte de l'objet en essai au voisinage de la tension d'essai. Ces spécifications sont généralement remplies lorsque la rapidité de montée en tension au-dessus de 75% de sa valeur finale estimée est d'environ 2% de cette valeur par seconde. Elle devra être maintenue pendant le temps spécifié puis diminuée en déchargeant le condensateur de lissage à travers une résistance appropriée. Les exigences de l'essai sont en général satisfaites si aucune décharge disruptive ne se produit sur l'objet en essai.

La polarité de la tension ou l'ordre dans lequel les tensions de chaque polarité sont appliquées et toute variation demandée par rapport aux spécifications ci-dessus devront être spécifiées par le Comité d'Etudes intéressé.

The calibration is preferably made at 100% of the test voltage, but for tests on objects with non-self-restoring insulation, extrapolation may be made from a value not lower than 80% of this voltage. Extrapolation may be unsatisfactory if the current in the test circuit varies non-linearly with the applied voltage.

4.4 *Measurement of the test current*

When measurements of current through the test object are made, a number of separate components may be recognized which differ from each other by several orders of magnitude for the same test object and test voltage. They are:

- the capacitance current, due to the initial application of the test voltage and to any ripple or other fluctuations imposed on it;
- the dielectric absorption current, due to slow charge displacements within the insulation and persisting for periods of a few seconds up to several hours. This process is partially reversible; currents of opposite polarity being observed when the test object is discharged and short-circuited;
- the continuous leakage current, which is the final steady direct current attained at constant applied voltage after the above components have decayed to zero;
- partial discharge currents.

Measurement of the first three components necessitates the use of instruments covering a wide range of current magnitudes. It is important to ensure that the instrument, or the measurement of any one component of the current, is not adversely affected by the other components. From the observed current variation with time, in non-destructive tests, information may sometimes be obtained concerning the condition of the insulation.

The relative magnitude and the importance of each component of current depend on the type and the condition of the test object, the purpose for which the test is being made and the duration of the test. Accordingly the measurement procedures should be specified by the relevant Technical Committee, especially when it is required to distinguish a particular component.

Measurements of partial discharge pulse currents are made with special instruments which are dealt with in IEC Publication 270 (1968), *Partial Discharge Measurements*.

5. **Test procedures**

The disruptive discharge voltage of a test object is subject to statistical variations. Some guidance on methods for determining voltages giving a specified disruptive discharge probability is presented in Appendix A.

5.1 *Rated withstand voltage tests*

The voltage should be applied to the test object starting at a value sufficiently low to prevent any effect of overvoltage due to switching transients. It should be raised sufficiently slowly to permit accurate reading of the instruments, but not so slowly as to cause unnecessary prolongation of stressing of the test object near to the test voltage. These requirements are in general met if the rate of rise above 75% of the estimated final voltage is about 2% per second of this voltage. It should be maintained for the specified time and then reduced by discharging the smoothing capacitor through a suitable resistor. The requirements of the test are generally satisfied if no disruptive discharge occurs on the test object.

The polarity of the voltage or the order in which voltages of each polarity are applied, and any deviation required from the above specification, should be specified by the relevant Technical Committee.

5.2 Essais de tension de décharge disruptive assurés

La tension devra être appliquée et accrue de la manière décrite au paragraphe 5.1 jusqu'à l'apparition d'une décharge disruptive sur l'objet en essai. La valeur de la tension d'essai atteinte juste avant la décharge disruptive devra être enregistrée. Les exigences de l'essai sont en général satisfaites si cette tension n'est pas supérieure à la tension de décharge disruptive assurée dans chacune des applications de tension spécifiée.

SECTION TROIS — ESSAIS EN TENSION ALTERNATIVE

6. Définitions concernant les essais en tension alternative

6.1 Valeur de crête

La valeur de crête d'une tension alternative est la plus grande valeur instantanée sans tenir compte des petites oscillations à haute fréquence apparaissant par exemple s'il y a des décharges partielles dans le circuit.

6.2 Valeur efficace

La valeur efficace d'une tension alternative est la racine carrée de la valeur moyenne des carrés des valeurs que prend la tension pendant une période entière.

6.3 Valeur de la tension d'essai

La valeur de la tension d'essai est définie par sa valeur de crête divisé par $\sqrt{2}$.

Note. — Le Comité d'Etudes intéressé peut demander la mesure de la valeur efficace à la place de la valeur de crête dans les cas où c'est la valeur efficace qui est déterminante. C'est le cas par exemple lorsque des effets thermiques sont étudiés.

7. Tension d'essai

7.1 Prescriptions relatives à la tension d'essai

La tension d'essai devra être une tension alternative de fréquence généralement comprise dans la gamme 40 Hz à 62 Hz. Des essais spéciaux peuvent demander des fréquences très inférieures ou très supérieures à cette gamme ainsi que spécifié par un Comité d'Etudes.

La forme de la tension devra être voisine de celle d'une sinusoïde avec ses deux alternances sensiblement identiques et ayant un rapport entre la valeur de crête et la valeur efficace égal à $\sqrt{2}$ à $\pm 5\%$ près. Les résultats d'un essai haute tension sont réputés non affectés par les écarts de la tension par rapport à la forme sinusoïdale si ces conditions sont respectées.

Il n'existe pas d'informations suffisantes permettant de savoir si ces exigences sont généralement respectées par les circuits d'essais d'usage courant; c'est pourquoi pour certains circuits ou objets en essai des écarts plus grands devront parfois être acceptés. Noter que la présence de l'objet en essai, surtout s'il comporte des caractéristiques d'impédance non linéaires, peut affecter profondément l'écart par rapport à la forme sinusoïdale.

Note. — On peut généralement estimer que les prescriptions exprimées ci-dessus relatives à l'écart à la forme sinusoïdale sont respectées si la valeur efficace des harmoniques n'excède pas 5% de la valeur efficace de la fondamentale.

5.2 Assured disruptive discharge voltage tests

The voltage should be applied and raised in the manner described in Sub-clause 5.1 until a disruptive discharge occurs on the test object. The value of the test voltage reached just prior to the disruptive discharge should be recorded. The requirements of the test are generally satisfied if this voltage is not higher than the assured disruptive discharge voltage on each one of a specified number of voltage applications.

SECTION THREE — TESTS WITH ALTERNATING VOLTAGE

6. Definitions for alternating voltage tests

6.1 Peak value

The peak value of an alternating voltage is the maximum value, except that small high-frequency oscillations arising for instance from partial discharges, are disregarded.

6.2 R.M.S. value

The r.m.s. value of an alternating voltage is the square root of the mean value of the square of the voltage values during a complete cycle.

6.3 Value of the test voltage

The value of the test voltage is defined by its peak value divided by $\sqrt{2}$.

Note. — The relevant Technical Committee may require a measurement of the r.m.s. value of the test voltage instead of the peak value for cases where the r.m.s. value may be of importance. Such cases are for instance when thermal effects are under investigation.

7. Test voltage

7.1 Requirements for the test voltage

The test voltage should be an alternating voltage generally having a frequency in the range 40 Hz to 62 Hz. Special tests may be required at frequencies considerably below or above this range, as specified by a Technical Committee.

The voltage shape shall approximate to a sinusoid with both half-cycles closely alike and shall have a ratio of peak to r.m.s. values equal to $\sqrt{2}$ within $\pm 5\%$. The results of a high-voltage test are thought to be unaffected by deviations from a sinusoid if these requirements are met.

There is insufficient information available to indicate whether the above requirements are generally met by test circuits in common use; hence, for some circuits or test objects greater deviations may have to be accepted. Note that the presence of the test object, especially if it has non-linear impedance characteristics, may considerably affect the deviation from a sinusoid.

Note. — It can generally be assumed that the above requirements on deviations from a sinusoid will be met if the r.m.s. value of the harmonics does not exceed 5% of the r.m.s. value of the fundamental.