

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

243-1

Première édition
First edition
1988

**Méthodes d'essai pour la détermination de la
rigidité diélectrique des matériaux isolants solides**

Première partie:

Mesure aux fréquences industrielles

**Methods of test for electric strength
of solid insulating materials**

Part 1:

Tests at power frequencies



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 243-1: 1988

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

243-1

Première édition
First edition
1988

**Méthodes d'essai pour la détermination de la
rigidité diélectrique des matériaux isolants solides**

Première partie:
Mesure aux fréquences industrielles

**Methods of test for electric strength
of solid insulating materials**

Part 1:
Tests at power frequencies

© CEI 1988 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 3, rue de Varembé Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	4
PREFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Signification des essais	8
4. Electrodes et éprouvettes	10
5. Conditionnement avant les essais	18
6. Milieu environnant	18
7. Appareillage électrique	20
8. Mode opératoire	24
9. Mode de montée en tension	24
10. Critère de claquage	28
11. Nombre d'essais	28
12. Procès-verbal d'essai	30
FIGURES	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Significance of the test	9
4. Electrodes and specimens	11
5. Conditioning before tests	19
6. Surrounding medium	19
7. Electrical apparatus	21
8. Procedure	25
9. Mode of increase of voltage	25
10. Criterion of breakdown	29
11. Number of tests	29
12. Report	31
FIGURES	32

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

METHODES D'ESSAI POUR LA DETERMINATION
DE LA RIGIDITE DIELECTRIQUE DES MATERIAUX ISOLANTS SOLIDES

Première partie: Mesure aux fréquences industrielles

PREAMBULE

- 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.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 15A: Essais de courte durée, du Comité d'Etudes n° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
15A(BC)52	15A(BC)55

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 212 (1971): Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.
 - 243 (1967): Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
 - 296 (1982): Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion.
 - 455: Spécification relative aux composés résineux polymérisables sans solvant utilisés comme isolants électriques.
 - 464-2 (1974): Spécification relative aux vernis isolants contenant un solvant, Deuxième partie: Méthodes d'essai.
 - 674: Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques.
 - 684: Spécification pour gaines isolantes souples.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR ELECTRIC STRENGTH
OF SOLID INSULATING MATERIALS

Part 1: Tests at power frequencies

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 15A: Short-time tests, of IEC Technical Committee No. 15: Insulating materials.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
15A(C0)52	15A(C0)55

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 212 (1971): Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials.

243 (1967): Recommended methods of test for electric strength of solid insulating materials at power frequencies.

296 (1982): Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear.

455: Specification for solventless polymerisable resinous compounds used for electrical insulation.

464-2 (1974): Specification for insulating varnishes containing solvent, Part 2: Test methods.

674: Specification for plastic films for electrical purposes.

684: Specification for flexible insulating sleeving.

METHODES D'ESSAI POUR LA DETERMINATION DE LA RIGIDITE DIELECTRIQUE DES MATERIAUX ISOLANTS SOLIDES

Première partie: Mesure aux fréquences industrielles

Introduction

La présente norme fait partie d'une série traitant des essais pour déterminer la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides. Cette série comportera quatre parties:

- Première partie: Mesure aux fréquences industrielles (Publication 243-1 de la CEI);
- Deuxième partie: Prescriptions complémentaires pour la mesure à tension continue (Publication 243-2 de la CEI);
- Troisième partie: Prescriptions complémentaires pour la mesure aux ondes de choc (Publication 243-3 de la CEI);
- Quatrième partie: Traitement statistique et interprétation (Publication 243-4 de la CEI).

1. Domaine d'application

La présente norme décrit des méthodes d'essai pour la détermination de la rigidité diélectrique de courte durée des isolants solides aux fréquences industrielles de 48 Hz à 62 Hz. Elle ne décrit pas l'essai des liquides ou des gaz bien que ceux-ci soient spécifiés et utilisés comme imprégnants ou comme milieu ambiant lors de l'essai des matériaux isolants solides.

Note. - Des méthodes pour l'essai de matériaux en forme de feuilles avec des électrodes sphériques présentant de faibles décharges superficielles sont à l'étude.

2. Définitions

Pour les besoins de cette norme, les définitions suivantes sont applicables:

2.1 Claquage électrique

Annihilation, au moins temporaire, des propriétés isolantes d'un milieu isolant sous contrainte électrique.

2.2 Tension de claquage

Tension à laquelle un claquage se produit, dans des conditions d'essai prescrites ou en service.

METHODS OF TEST FOR ELECTRIC STRENGTH OF SOLID INSULATING MATERIALS

Part 1: Tests at power frequencies

Introduction

This standard is one of a series which deals with tests for electric strength of solid insulating materials. The series will consist of four parts:

Part 1: Tests at power frequencies (IEC Publication 243-1);

Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage (IEC Publication 243-2);

Part 3: Additional requirements for impulse tests (IEC Publication 243-3);

Part 4: Statistical treatment and interpretation (IEC Publication 243-4).

1. Scope

This standard gives methods of test for the determination of the short-time electric strength of solid insulating materials at power frequencies, that is, those between 48 Hz and 62 Hz. It does not consider the testing of liquids and gases although these are specified and used as impregnants or surrounding media for the solid insulating materials being tested.

Note.— Methods for making tests on sheet materials with reduced levels of surface discharges with spherical electrodes are also being prepared.

2. Definitions

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

2.1 *Electric breakdown (electric failure)*

The annihilation, at least temporary, of the insulating properties of an insulating medium under electrical stress.

2.2 *Breakdown voltage*

The voltage at which breakdown occurs, under prescribed test conditions or in use.

2.3 Rigidité diélectrique

Quotient de la tension de claquage par la distance séparant les pièces conductrices entre lesquelles est appliquée la tension dans des conditions d'essai prescrites. Dans le cas d'essais par paliers de tensions, la tension de claquage correspond à la tension maximale maintenue pendant toute la durée d'un palier. Ce terme est également utilisé pour décrire la propriété correspondante d'un matériau.

2.4 Contournement

Claquage entre des électrodes, dans un gaz, un liquide ou le vide, au moins en partie le long de la surface d'une isolation solide.

3. Signification des essais

3.1 Les résultats d'essai de rigidité diélectrique obtenus en application de cette norme peuvent être utilisés pour détecter des modifications ou des écarts par rapport aux caractéristiques normales des matériaux isolants provenant des paramètres de fabrication, des conditions de vieillissement ou d'autres causes intervenant lors de la fabrication ou dues à l'environnement. Toutefois, ils ne peuvent que rarement être utilisés directement pour déterminer le comportement des matériaux isolants lors de leur application effective.

3.2 Les valeurs de rigidité diélectrique mesurées sur un matériau peuvent être affectées par de nombreux facteurs, parmi lesquels:

- a) La fréquence, la forme, la vitesse de montée en tension ou la durée d'application de la tension.
- b) L'épaisseur et l'homogénéité de l'éprouvette ainsi que la présence de tensions mécaniques.
- c) Le conditionnement préalable des éprouvettes, en particulier leur séchage et les procédés d'imprégnation.
- d) La température, la pression et l'humidité de l'atmosphère ambiante.
- e) La présence d'inclusions gazeuses, d'humidité ou d'autres agents de contamination.
- f) Le système, les dimensions et la conductibilité thermique des électrodes d'essai.
- g) L'intensité des décharges superficielles avant le claquage.
- h) La surface ou le volume entre les électrodes soumis à la contrainte de tension maximale.
- i) Les caractéristiques électriques et thermiques du milieu ambiant.

3.3 On devra tenir compte de l'effet de tous ces facteurs lorsqu'on effectue des recherches sur de nouveaux matériaux dont on n'a pas l'expérience. Cette norme définit les conditions particulières qui permettent de faire rapidement une distinction entre des matériaux et qui peuvent être utilisées pour le contrôle de la qualité ou à des fins analogues.

2.3 *Electric strength*

The quotient of the breakdown voltage and the distance between the conducting parts between which the voltage is applied under prescribed test conditions. In the case of step-by-step tests, the breakdown voltage is taken as the highest voltage maintained for the entire duration of a step. The term is also used to describe the corresponding property of a material.

2.4 *Flashover*

A breakdown between electrodes in a gas, a liquid or in vacuum, at least partly along the surface of solid insulation.

3. Significance of the test

3.1 Electric strength test results obtained in accordance with this standard can be used for detecting changes or deviations from normal characteristics resulting from processing variables, ageing conditions or other manufacturing or environmental situations but can seldom be used directly to determine the behaviour of insulating materials in an actual application.

3.2 Measured values of the electric strength of a material may be affected by many factors, including:

- a) The frequency, waveform and rate of rise or time of application of the voltage.
- b) The thickness and homogeneity of the specimen and the presence of mechanical strain.
- c) Previous conditioning of the specimens, in particular drying and impregnation procedures.
- d) The ambient temperature, pressure and humidity.
- e) The presence of gaseous inclusions, moisture or other contamination.
- f) The system, the dimensions and thermal conductivity of the test electrodes.
- g) The intensity of surface discharges prior to breakdown.
- h) The area or volume between electrodes under maximum voltage stress.
- i) The electrical and thermal characteristics of the surrounding medium.

3.3 The effects of all these factors should be considered when investigating materials for which no experience exists. This standard defines particular conditions which give rapid discrimination between materials and which can be used for quality control and similar purposes.

Les résultats donnés par les différentes méthodes ne sont pas directement comparables mais permettent d'obtenir des informations sur la rigidité diélectrique relative des matériaux. Il convient de noter que la rigidité diélectrique de la plupart des matériaux isolants décroît lorsque l'épaisseur de l'éprouvette placée entre les électrodes et la durée d'application de la tension croissent.

- 3.4 La rigidité diélectrique de la plupart des matériaux varie en fonction de l'intensité et de la durée des décharges superficielles avant le claquage. Pour des applications exemptes de décharges partielles jusqu'à la tension d'essai, il est très important de connaître la rigidité diélectrique en l'absence de décharges avant le claquage. Toutefois, les méthodes indiquées dans cette norme ne sont pas, en général, aptes à fournir de telles indications.
- 3.5 Les matériaux de rigidité diélectrique élevée ne résistent pas nécessairement aux dégradations à long terme telles que la chaleur, l'érosion ou la détérioration chimique dues aux décharges partielles, ou à la détérioration électro-chimique en présence d'humidité, qui peuvent toutes entraîner des défaillances en service sous des contraintes beaucoup plus faibles.

4. Electrodes et éprouvettes

Les électrodes métalliques doivent être maintenues en tout temps lisses, propres et sans défauts.

Note.- Cette condition est d'autant plus importante lors de l'essai d'éprouvettes minces. On utilise de préférence des électrodes d'acier inoxydable pour diminuer les dommages lors de claquages.

Les connexions aux électrodes ne doivent pas causer d'inclinaison ou un quelconque autre déplacement des électrodes, ni influencer la pression sur les éprouvettes ou modifier notablement la configuration du champ électrique au voisinage des éprouvettes.

4.1 *Essais perpendiculairement à la surface de matériaux non stratifiés et perpendiculairement aux strates de matériaux stratifiés*

4.1.1 *Matériaux en planches et feuilles y compris les cartons, papiers, tissus et films*

4.1.1.1 *Electrodes de dimensions inégales*

Les électrodes doivent consister en deux cylindres métalliques aux arêtes arrondies à un rayon de 3 mm. L'une des électrodes doit avoir un diamètre de 25 ± 1 mm et une hauteur d'environ 25 mm. L'autre électrode doit avoir un diamètre de 75 ± 1 mm et une hauteur d'environ 15 mm. Ces deux électrodes sont disposées de façon coaxiale, comme indiqué sur la figure 1a.

The results given by different methods are not directly comparable but may provide information on relative electric strengths of materials. It should be noted that the electric strength of most materials decreases as the thickness of the specimen between the electrodes increases and as the time of voltage application increases.

3.4 The electric strength of most materials is different, depending on the intensity and the duration of surface discharges prior to breakdown. For designs which are free from partial discharges up to the test voltage, it is very important to know the electric strength without discharges prior to breakdown but the methods in this standard are generally not suitable for providing this information.

3.5 Materials with high electric strength will not necessarily resist long-term degradation processes such as heat, erosion or chemical deterioration by partial discharges, or electrochemical deterioration in the presence of moisture, all of which may cause eventual failure in service at much lower stress.

4. Electrodes and specimens

The metal electrodes shall be maintained smooth, clean and free from defects at all times.

Note.- This maintenance becomes more important when thinner specimens are being tested. Stainless steel electrodes are preferred to minimize electrode damage at breakdown.

The leads to the electrodes shall not tilt or otherwise move the electrodes or affect the pressure on the specimen, nor appreciably affect the electric field configuration in the neighbourhood of the specimen.

4.1 *Test normal to the surface of non-laminated materials and normal to laminae of laminated materials*

4.1.1 *Boards and sheet materials, including press boards, papers, fabrics and films*

4.1.1.1 *Unequal electrodes*

The electrodes shall consist of two metal cylinders with the edges rounded to give a radius of 3 mm. One electrode shall be 25 ± 1 mm in diameter and approximately 25 mm high. The other electrode shall be 75 ± 1 mm in diameter and approximately 15 mm high. These electrodes shall be arranged coaxially as in Figure 1a.

Si une spécification le prescrit, les planches et les feuilles d'une épaisseur supérieure à 3 mm doivent être réduites à $3 \pm 0,2$ mm et essayées en disposant l'électrode de 25 mm de diamètre sur la surface d'origine non traitée.

4.1.1.2 Electrodes de même diamètre

Si on utilise un dispositif permettant d'aligner avec précision les électrodes supérieure et inférieure, le diamètre de l'électrode inférieure peut être réduit à 25 mm. Toutefois, les résultats peuvent différer de ceux qui sont obtenus avec des électrodes de 25/75 mm de diamètre (voir figure 1b).

4.1.2 Rubans, films et bandes étroites

Les électrodes consistent en deux tiges métalliques de $6 \pm 0,2$ mm de diamètre, fixées verticalement l'une au-dessus de l'autre dans un support de façon que l'éprouvette soit maintenue entre les faces des extrémités dressées des tiges.

Les électrodes supérieure et inférieure doivent être dans le même axe. Les arêtes des extrémités dressées sont arrondies suivant un rayon d'environ 1 mm. L'électrode supérieure doit avoir une masse de 50 ± 2 g et pouvoir se mouvoir avec un frottement minimal dans le support.

La figure 2 représente une disposition convenable. Si les éprouvettes doivent être essayées en extension, elles sont fixées dans un support les maintenant dans la position désirée par rapport à l'assemblage présenté à la figure 2. L'enroulement d'une extrémité de l'éprouvette autour d'un cylindre tournant est un moyen convenable d'obtenir l'extension désirée.

Pour empêcher un contournement aux bords d'un ruban de faible largeur, on peut fixer l'éprouvette à l'aide de bandes de tissu verni qui recouvrent les bords du ruban. On peut aussi utiliser des joints autour des électrodes à condition de ménager un espace annulaire d'environ 1,5 mm entre l'électrode et le joint.

Note. - Pour l'essai des films, voir la Publication 674 de la CEI.

4.1.3 Tubes et gaines souples

L'essai est fait selon la Publication 684 de la CEI.

4.1.4 Tubes rigides (de diamètre intérieur inférieur ou égal à 100 mm)

L'électrode extérieure est constituée d'un ruban métallique de 25 ± 1 mm de largeur. L'électrode intérieure est un conducteur étroitement ajusté, par exemple tige, tube, feuille métallique ou un empilement de billes de 0,75 mm à 2,0 mm de diamètre, assurant un bon contact avec la surface intérieure. Dans tous les cas, les extrémités de l'électrode intérieure doivent dépasser celles de l'électrode extérieure de 25 mm au moins.

Note. - S'il n'en résulte pas d'effet défavorable, on peut utiliser de la vaseline pour faire adhérer la feuille aux surfaces intérieure et extérieure.

When specified, boards and sheets over 3 mm thick shall be reduced to 3 ± 0.2 mm and then tested with the 25 mm diameter electrode on an original non-machined surface.

4.1.1.2 *Equal diameter electrodes*

If a fixture is employed, which accurately aligns upper and lower electrodes, the lower electrode may be reduced to a 25 mm diameter but the results obtained will not necessarily be the same as those obtained with 25/75 mm diameter electrodes (see Figure 1b).

4.1.2 *Tapes, films and narrow strips*

The electrodes shall be two metal rods, each 6 ± 0.2 mm in diameter, mounted vertically one above the other in a jig so that the specimen is held between the faces of the squared ends of the rods.

The upper and lower electrodes shall be coaxial. The edges of the squared ends shall be rounded to a radius of approximately 1 mm. The upper electrode shall have a mass of 50 ± 2 g and shall be moveable in the jig with a minimum of friction.

Figure 2 shows a convenient arrangement. If specimens are to be tested while extended, they shall be clamped in a frame holding them in the required position relative to the assembly shown in Figure 2. Wrapping one end of the specimen round a rotatable rod is one convenient way of achieving the required extension.

To prevent flashover around the edges of narrow tapes, the test specimen may be clamped using strips of varnished cloth overlapping the edges of the tape. Alternatively, gaskets that surround the electrodes may be used, provided that there is an annular space between electrode and gasket of about 1.5 mm.

Note. - For testing films see IEC Publication 674.

4.1.3 *Flexible tubing and sleeving*

To be tested according to IEC Publication 684.

4.1.4 *Rigid tubes (having an internal diameter up to and including 100 mm)*

The outer electrode shall be a band of metal foil 25 ± 1 mm wide. The inner electrode is a closely fitting internal conductor, e.g. rod, tube, metal foil or a packing of spheres 0.75 mm to 2.0 mm in diameter, making good contact with the inner surface. In each case, the ends of the inner electrode shall extend for at least 25 mm beyond the ends of the outer electrode.

Note. - Where no adverse effect will result, petroleum jelly may be used for attaching the foil to the inner and outer surfaces.

4.1.5 Tubes et cylindres (de diamètre intérieur supérieur à 100 mm)

L'électrode extérieure est constituée d'un ruban métallique de 75 ± 1 mm de largeur et l'électrode intérieure d'un disque en feuille métallique de 25 ± 1 mm de diamètre, d'une souplesse suffisante pour lui permettre de s'adapter à la courbure du cylindre. Voir figure 3 pour le montage.

4.1.6 Matières moulées et coulées

Faire une éprouvette d'au moins 100 mm de diamètre et $3 \pm 0,2$ mm d'épaisseur. L'essai est fait selon la Publication 455 de la CEI.

4.1.7 Vernis

L'essai se fait selon la Publication 464-2 de la CEI.

4.1.8 Masses de remplissage

Les électrodes sont constituées de deux sphères métalliques de 12,5 à 13,0 mm de diamètre, disposées horizontalement dans le même axe à une distance de $0,75 \pm 0,05$ mm, $1,0 \pm 0,10$ mm ou $1,25 \pm 0,10$ mm et noyées dans la masse de remplissage. On doit veiller à éviter la formation de cavités, en particulier entre les électrodes. Etant donné que les valeurs obtenues avec des distances différentes entre les électrodes ne sont pas directement comparables, il y a lieu de préciser la valeur de cette distance dans la spécification et de la noter dans le procès-verbal d'essai.

4.2 Essais effectués parallèlement à la surface des matériaux isotropes ou le long des strates de stratifiés

S'il n'y a pas lieu de différencier entre les claquages par perforation ou par contournement en surface des éprouvettes, on peut utiliser les électrodes selon le paragraphe 4.2.2 ou, de préférence, selon le paragraphe 4.2.1.

Si l'on veut éviter un contournement en surface, il faut prendre des électrodes selon le paragraphe 4.2.3.

4.2.1 Electrodes planes/parallèles

4.2.1.1 Planches et feuilles

Pour les essais de planches et de feuilles, l'éprouvette doit être de l'épaisseur du matériau à essayer et rectangulaire, de longueur 100 ± 2 mm et de largeur $25 \pm 0,2$ mm. Ses tranches dans le sens de la longueur sont découpées de façon à obtenir des plans parallèles, à angles droits avec la surface du matériau. L'éprouvette est placée sur la tranche de 25 mm de largeur entre des plaques métalliques parallèles, d'au moins 10 mm d'épaisseur, formant les électrodes entre lesquelles on applique la tension. Pour des matériaux de faible épaisseur, on utilise deux ou trois éprouvettes placées de façon appropriée (c'est-à-dire avec leurs longues tranches formant un angle convenable) pour supporter l'électrode supérieure. Les électrodes doivent être de dimensions suffisantes pour déborder les éprouvettes d'au moins

4.1.5 *Tubes and cylinders (having an internal diameter greater than 100 mm)*

The outer electrode shall be a band of metal foil 75 ± 1 mm wide and the inner electrode, a disk of metal foil 25 ± 1 mm in diameter, flexible enough to conform with the curvature of the cylinder. The arrangement is shown in Figure 3.

4.1.6 *Moulded and cast materials*

Make a test piece, at least 100 mm in diameter and 3 ± 0.2 mm thick and test according to IEC Publication 455.

4.1.7 *Varnishes*

To be tested according to IEC Publication 464-2.

4.1.8 *Filling compounds*

The electrodes shall be two metal spheres, each 12.5 to 13.0 mm in diameter, arranged horizontally along the same axis either 0.75 ± 0.05 mm, 1.0 ± 0.10 mm, or 1.25 ± 0.10 mm apart and embedded in the compound. Care shall be taken to avoid cavities, particularly between the electrodes. As values obtained with the different electrode spacings are not directly comparable, the gap length shall be detailed in the specification for the compound and mentioned in the test report.

4.2 *Tests parallel to the surface of non-laminated materials and parallel to the laminae of laminated materials*

If it is not necessary to differentiate between failure by puncture of the specimen and failure across its surface, the electrodes of Sub-clause 4.2.1 or Sub-clause 4.2.2 may be used, those of Sub-clause 4.2.1 being preferred.

When the prevention of surface failure is required, the electrodes of Sub-clause 4.2.3 shall be used.

4.2.1 *Parallel plate electrodes*

4.2.1.1 *Boards and sheets*

For tests on boards and sheets the test specimen shall be of the thickness of the material to be tested and rectangular, 100 ± 2 mm long and 25 ± 0.2 mm wide. The long edges shall be cut as parallel planes at right angles to the surface of the material. The test specimen is placed with the 25 mm width between parallel metal plates, not less than 10 mm thick, forming the electrodes between which the voltage shall be applied. For thin materials, two or three test specimens are used suitably placed (i.e. with their long edges at a convenient angle) to support the upper electrode. The electrodes shall be of sufficient size to overlap the edges of the test specimens by not less than 15 mm and care shall be taken to ensure good contact over the whole area of those edges. The edges of the electrodes shall be

15 mm. On doit veiller à assurer un bon contact sur toute la surface des tranches. Les bords des électrodes doivent être arrondis selon un rayon approprié (de 3 à 5 mm) de façon à éviter un amorçage entre les bords des électrodes (voir figure 4).

Ces électrodes ne conviennent qu'aux essais de matériaux rigides d'au moins 1,5 mm d'épaisseur.

4.2.1.2 Tubes et cylindres

Pour les essais de tubes et cylindres, l'éprouvette est un anneau complet ou une partie de 100 mm d'un anneau d'une longueur axiale de $25 \pm 0,2$ mm. Les deux tranches des éprouvettes doivent constituer deux plans parallèles, à angle droit avec l'axe du tube ou du cylindre. L'éprouvette est essayée entre deux plaques parallèles semblables à celles qui ont été décrites ci-dessus au paragraphe 4.2.1.1 pour les planches et feuilles. Si nécessaire, on utilise deux ou trois éprouvettes pour supporter l'électrode supérieure. Les électrodes doivent être de dimensions suffisantes pour déborder les éprouvettes d'au moins 15 mm. On doit veiller à assurer un bon contact sur toute la surface des tranches des éprouvettes.

4.2.2 Electrodes à broches coniques

On perce deux trous parallèles normalement à la surface, leurs axes espacés de 25 ± 1 mm et de diamètre tel qu'après alésage avec un alésoir conique à 2%, le diamètre de chaque trou sur son grand côté ne soit pas inférieur à 4,5 mm ni supérieur à 5,5 mm.

Les trous seront percés de part en part des éprouvettes, ou, pour les grands tubes, dans une paroi seulement. Ils doivent être alésés sur toute leur longueur.

Lors du perçage et de l'alésage, on doit veiller à n'endommager en aucun cas le matériau aux abords des trous, à ne pas le fendre, le casser ou le carboniser.

Les broches coniques utilisées comme électrodes doivent être insérées par pression, et non avec un marteau, dans les trous de telle sorte qu'elles soient fermement serrées et débordent de chaque côté de l'éprouvette d'au moins 2 mm (voir figures 5a et 5b).

Ces électrodes ne conviennent qu'aux essais de matériaux rigides d'au moins 1,5 mm d'épaisseur.

4.2.3 Electrodes cylindriques parallèles

Pour les essais sur éprouvettes de haute rigidité diélectrique et d'épaisseur supérieure à 15 mm, on coupe des éprouvettes de 100 mm x 50 mm avec deux trous percés parallèlement, comme le montre la figure 6. Le diamètre de chaque trou sera au plus supérieur de 0,1 mm au diamètre réel des électrodes cylindriques, qui doivent avoir $6 \pm 0,1$ mm de diamètre avec une calotte hémisphérique à leur extrémité. La base de chaque trou est hémisphérique pour correspondre à l'extrémité de l'électrode. Sauf prescription spéciale dans la spécification du matériau, l'intervalle entre les trous sera de 10 ± 1 mm sur

suitably radiused (3 to 5 mm) to avoid flashover from edge to edge of the electrodes (see Figure 4).

This type of electrode is suitable only for tests on rigid materials at least 1.5 mm thick.

4.2.1.2 Tubes and cylinders

For tests on tubes and cylinders, the test specimen shall be a complete ring or a 100 mm portion of a ring of 25 ± 0.2 mm axial length. Both edges of the specimen shall be finished as parallel planes at right angles to the axis of the tube or cylinder. The specimen is tested between parallel plates as described in Sub-clause 4.2.1.1 for boards and sheets. Where necessary to support the upper electrode, two or three specimens are used. The electrodes shall be of sufficient size to overlap the edges of the specimens by not less than 15 mm and care shall be taken to ensure good contact over the whole area of the edges of the specimens.

4.2.2 Taper pin electrodes

Two parallel holes are drilled normal to the surface, with centres 25 ± 1 mm apart and of such a diameter that, after reaming with a reamer having a taper of approximately 2%, the diameter of each hole at the larger end is not less than 4.5 mm and not greater than 5.5 mm.

The holes shall be drilled completely through the specimen or, in the case of large tubes, through one wall only, and shall be reamed throughout their full length.

When the specimens are drilled and reamed, the material adjacent to the holes shall not be damaged, e.g. split, broken or charred, in any way.

The taper pins used as electrodes shall be pressed, not hammered into the holes so that they fit tightly and extend on each side of the test specimen by not less than 2 mm (see Figures 5a and 5b).

This type of electrode is suitable only for tests on rigid materials at least 1.5 mm thick.

4.2.3 Parallel cylindrical electrodes

For tests on specimens of high electric strength and which are more than 15 mm thick, specimens 100 mm x 50 mm shall be cut and two holes drilled as shown in Figure 6 so that each is not more than 0.1 mm greater in diameter than each actual cylindrical electrode which shall be 6 ± 0.1 mm in diameter and have hemispherical ends. The base of each hole is hemispherical to mate with the end of the electrode. If not otherwise specified in the material specification, the holes shall be 10 ± 1 mm apart throughout their length and extend to within 2.25 ± 0.25 mm of the surface opposite that through which they are

toute leur longueur et le fond hémisphérique des trous se trouvera à $2,25 \pm 0,25$ mm de la surface opposée à l'entrée. La figure 6 représente d'autres formes d'électrodes avec événements. Lorsque des électrodes à rainures sont utilisées, les rainures doivent être diamétralement opposées à l'intervalle entre les électrodes.

4.3 *Eprouvettes*

En plus des indications sur les éprouvettes données aux paragraphes ci-dessus, on notera les recommandations générales suivantes.

Lors de la préparation des éprouvettes à partir de matériaux solides, on doit veiller à ce que les surfaces en contact avec les électrodes soient parallèles et aussi plates et lisses que le permet le matériau.

Pour les essais effectués perpendiculairement à la surface du matériau, il faut que les éprouvettes aient une surface juste suffisante pour éviter des contournements dans les conditions de l'essai.

Lors des essais effectués perpendiculairement à la surface du matériau, les résultats obtenus sur des éprouvettes d'épaisseurs différentes ne sont pas directement comparables (voir article 3).

4.4 *Distance entre les électrodes*

La valeur considérée pour le calcul de la rigidité diélectrique doit être l'une des grandeurs suivantes, selon ce qui est spécifié pour le matériau en essai:

- a) épaisseur nominale ou distance entre les électrodes (utiliser cette valeur sauf spécification contraire);
- b) épaisseur moyenne de l'éprouvette ou distance entre les électrodes lors d'essais parallèlement à la surface;
- c) épaisseur ou distance entre les électrodes mesurée à proximité immédiate de l'endroit du claquage de chaque éprouvette.

5. *Conditionnement avant les essais*

La rigidité diélectrique des matériaux isolants varie avec la température et la teneur en humidité. Lorsqu'il existe une spécification pour le matériau à essayer, il faut suivre ses indications. Dans les autres cas, les éprouvettes doivent être conditionnées pendant au moins 24 h à 23 ± 2 °C et $50 \pm 5\%$ d'humidité relative, correspondant à l'atmosphère ambiante normale de la Publication 212 de la CEI, à moins qu'on ne se soit mis d'accord sur d'autres conditions dérogeant à cette publication.

6. *Milieu environnant*

Les matériaux doivent être essayés:

- a) dans l'air;
- b) dans l'huile (Publication 296 de la CEI, sauf spécification contraire); ou
- c) dans le milieu environnant où on les utilise.

drilled. Alternative forms of vented electrodes are shown in Figure 6. When electrodes with slots are used, these slots shall be diametrically opposed to the gap between the electrodes.

4.3 Test specimens

In addition to the information concerning specimens given in the preceding sub-clauses, the following general points shall be noted.

In the preparation of test specimens from solid materials, care shall be taken that the surfaces in contact with the electrodes are parallel and as flat and smooth as the material allows.

For tests made normal to the surface of the material, test specimens need only be of sufficient area to prevent flashover under the conditions of test.

In tests made normal to the surface of the material, the results on specimens of different thicknesses are not directly comparable (see Clause 3).

4.4 Distance between electrodes

The value to be used in calculating the electric strength shall be one of the following, as specified for the material under test:

- a) nominal thickness or distance between electrodes (use this value unless otherwise specified);
- b) average thickness of the test specimen or distance between electrodes for tests parallel to the surface;
- c) thickness or distance between electrodes measured immediately adjacent to the breakdown on each test specimen.

5. Conditioning before tests

The electric strength of insulating materials varies with temperature and moisture content. Where a specification is available for the material to be tested, this shall be followed. Otherwise, specimens shall be conditioned for not less than 24 h at 23 ± 2 °C, $50 \pm 5\%$ relative humidity, i.e. standard ambient atmosphere of IEC Publication 212, unless other conditions from that publication are agreed upon.

6. Surrounding medium

Materials shall be tested:

- a) in air;
- b) in oil (IEC Publication 296, unless otherwise specified); or
- c) in the medium in which they are to be used.

Si cela présente des difficultés en raison des contournements ou des décharges excessives, on effectue les essais dans un milieu environnant de rigidité diélectrique ou de permittivité plus élevées. Aucun des milieux environnants utilisés ne doit avoir une influence délétère sur les matériaux essayés.

Il peut y avoir des effets prononcés du milieu sur les résultats, particulièrement dans le cas de matériaux absorbants tels que le carton, et il est important que la procédure de traitement des éprouvettes définisse exactement toutes les étapes à suivre (par exemple séchage et imprégnation).

On laisse suffisamment de temps aux éprouvettes pour atteindre la température prescrite tout en se souvenant que certains matériaux peuvent être affectés par une exposition prolongée à une haute température.

6.1 Essais dans l'air

Les essais dans l'air à haute température peuvent être faits dans toute étuve adéquate suffisamment grande pour contenir les éprouvettes et les électrodes sans qu'il y ait contournement pendant les essais. L'étuve doit comporter un système de circulation de l'air tel que la température soit uniforme tout autour de l'éprouvette et un thermomètre, un thermocouple ou tout autre système permettant de mesurer la température aussi près que possible de l'endroit de l'essai.

6.2 Essais dans les liquides

Si les essais sont faits dans un liquide isolant, on utilisera de l'huile pour transformateurs selon la Publication 296 de la CEI, sauf spécification contraire. On doit veiller à avoir un liquide de rigidité diélectrique suffisante pour éviter des contournements. L'abaissement de la résistivité du liquide peut produire une augmentation sensible de la rigidité diélectrique apparente de l'éprouvette.

Les essais à haute température peuvent se faire dans un récipient disposé dans une étuve (voir paragraphe 6.1) ou dans un bain contrôlé par un thermostat et utilisant le liquide isolant pour le transport de la chaleur. Dans ce cas un système forcé de circulation de l'huile garantira une répartition uniforme de la température tout autour de l'éprouvette.

7. Appareillage électrique

7.1 Source de tension

La tension d'essai doit provenir d'un transformateur élévateur alimenté par une source de basse tension variable, sinusoïdale. Le transformateur, sa source de tension et les appareils de commande associés doivent avoir les propriétés suivantes:

- 7.1.1 Le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace de la tension d'essai sera de $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34...1,48) lorsque l'éprouvette est branchée dans le circuit pour toutes les tensions supérieures à 50% de la tension de claquage.

If this presents difficulties on account of flashover or excessive discharges, the tests shall be made in a medium of higher electric strength or permittivity. Any medium used shall have no deleterious effect on the material under test.

The effect of the ambient medium on the results may be great, particularly in the case of absorbent materials such as pressboard, and it is essential that procedures for specimen preparation define fully all the necessary steps (e.g. drying and impregnation).

Sufficient time shall be allowed for the specimens to attain the required temperature but some materials may be affected by prolonged exposure to high temperatures.

6.1 Tests in air

Tests in air at elevated temperature may be made in any well-designed oven of sufficient size to accommodate the test specimen and the electrodes without flashover occurring during the tests. It should be provided with some means of circulating the air so that a substantially uniform temperature is maintained around the test specimen, and with a thermometer, thermocouple, or other means for measuring the temperature as near the point of test as practicable.

6.2 Tests in liquids

When tests are conducted in an insulating liquid, the liquid used shall be transformer oil according to IEC Publication 296, unless otherwise specified. It is necessary to ensure adequate electric strength of the liquid to avoid flashover. Reduction of the resistivity of the liquid may result in a spurious increase in apparent electric strength of the specimen.

Tests at elevated temperature may be made either in a container of liquid in an oven (see Sub-clause 6.1) or in a thermostatically controlled bath using the insulating liquid for heat transfer. In this case, suitable means for circulating the liquid, so that the temperature is substantially uniform around the test specimen, shall be provided.

7. Electrical apparatus

7.1 Voltage source

The test voltage shall be obtained from a step-up transformer supplied from a variable sinusoidal low-voltage source. The transformer, its voltage source, and the associated controls shall have the following properties:

- 7.1.1 The ratio of crest to root-mean-square (r.m.s.) test voltage shall be equal to $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1.34...1.48), with the test specimen in the circuit, at all voltages greater than 50% of the breakdown voltage.

7.1.2 La puissance assignée de la source doit être suffisante pour maintenir la tension d'essai constante jusqu'au claquage. Pour la plupart des matériaux et avec les systèmes d'électrodes recommandés, un courant secondaire de 40 mA est généralement adéquat. Pour la plupart des essais, la puissance nécessaire varie de 0,5 kVA pour les éprouvettes de faible capacité jusqu'à une tension de 10 kV, à 5 kVA pour une tension atteignant 100 kV.

7.1.3 Les appareils pour le réglage de la source basse tension doivent permettre de faire varier la tension lentement et uniformément sans surtensions ni oscillations transitoires. En augmentant la tension selon l'article 9 les à-coups, produits par exemple par un autotransformateur réglable, ne doivent pas excéder 2% de la tension de claquage prévue.

La valeur de crête de toute tension transitoire ne doit dépasser en aucune circonstance 1,48 fois la valeur efficace de la tension d'essai. Les dispositifs de commande motorisés sont préférables pour effectuer des essais de courte durée ou de montée rapide en tension.

7.1.4 La source de tension doit être protégée contre les avaries par un disjoncteur coupant l'alimentation en trois périodes, lors du claquage d'une éprouvette. Il peut consister en un élément sensible aux surintensités disposé dans le circuit HT des électrodes.

7.1.5 Pour protéger le transformateur de dommages dus aux surintensités ou aux surtensions qui suivent le claquage, il est souhaitable d'insérer une résistance en série avec les électrodes. La valeur de cette résistance doit dépendre des dommages tolérés sur les électrodes.

7.2 *Mesure de la tension d'essai*

Le dispositif de mesure doit mesurer la valeur efficace de la tension d'essai. On utilise de préférence un voltmètre de crête, auquel cas la tension mesurée sera divisée par $\sqrt{2}$ pour obtenir la valeur efficace de la tension (voir paragraphe 7.1.1). L'erreur totale du circuit de mesure de la tension ne doit pas dépasser 5% de la valeur mesurée, y compris l'erreur due au temps de réponse du voltmètre qui doit être tel que le traînage de l'instrument ne dépasse pas 1% de la valeur en fin d'échelle pour toutes les vitesses d'accroissement de la tension utilisées.

7.2.1 Un voltmètre correspondant aux exigences prescrites ci-dessus doit être utilisé pour mesurer la tension appliquée aux électrodes. De préférence il est connecté soit directement, soit par l'intermédiaire d'un diviseur ou d'un transformateur de potentiel. Si on utilise pour la mesure un enroulement auxiliaire du transformateur élévateur, la précision de la mesure de la tension appliquée aux électrodes ne doit pas être influencée par la charge du transformateur, ni par la résistance en série.

7.2.2 Il est désirable que la valeur de la tension d'essai maximale appliquée soit maintenue sur le voltmètre après le claquage pour permettre de lire et de relever avec précision la tension de claquage, mais l'appareil de mesure ne doit pas être sensible aux oscillations transitoires qui peuvent se produire lors du claquage.

7.1.2 The power rating of the source shall be sufficient to maintain the test voltage until electric breakdown occurs. For most materials, using electrodes as recommended, an output current capacity of 40 mA is usually adequate. The power rating for most tests will vary from 0.5 kVA, for testing low-capacitance specimens at voltages up to 10 kV, to 5 kVA for voltages up to 100 kV.

7.1.3 The controls on the variable low-voltage source shall be capable of varying the test voltage smoothly, uniformly, and without overshoots or transients. When applying voltage in accordance with Clause 9, the incremental increase produced, e.g. by a variable auto-transformer, shall not exceed 2% of the expected breakdown voltage.

Under no circumstances shall the peak of any voltage transient exceed 1.48 times the indicated rms test voltage. Motor-driven controls are preferable for making short-time or rapid-rise tests.

7.1.4 To protect the voltage source from damage, it shall be equipped with a device which disconnects the power supply within three cycles on breakdown of the specimen. It may consist of a current-sensitive element in the HV supply to the electrodes.

7.1.5 To restrict damage by current or voltage surges at breakdown, it is desirable to include a resistor with a suitable value in series with the electrodes. The value of the resistor will depend on the damage which can be tolerated on the electrodes.

7.2 Voltage measurement

Provision shall be made for measuring the r.m.s. test voltage. It may be preferable to use a peak reading voltmeter, in which case the reading is divided by $\sqrt{2}$ to get the r.m.s. value (see Sub-clause 7.1.1). The overall error of the voltage-measuring circuit shall not exceed 5% of the measured value including the error due to the response time of the voltmeter which shall be such that its time lag will not be greater than 1% of full scale at any rate-of-rise used.

7.2.1 A voltmeter complying with the requirements of the previous sub-clause shall be used to measure the voltage applied to the electrodes. It should preferably be connected directly to them, or via a potential divider or a potential transformer. If a potential winding on the step-up transformer is used for measurement, the accuracy of indication of the voltage applied to the electrodes shall be unaffected by the loading of the step-up transformer and the series resistor.

7.2.2 It is desirable for the reading of the maximum applied test voltage to be retained on the voltmeter after breakdown so that the breakdown voltage can be accurately read and recorded but the indicator shall not be sensitive to transients which can occur at breakdown.

8. Mode opératoire

Des électrodes conformes à l'article 4 sont appliquées sur l'éprouvette de telle sorte que tout dommage à l'éprouvette soit évité. A l'aide d'un appareillage conforme à l'article 7, on applique une tension entre les électrodes, tension qui est élevée selon un des paragraphes 9.1 à 9.5. On observe si le claquage se produit par perforation ou par contournement (voir article 10).

Le document prescrivant les essais doit indiquer les éléments suivants:

- type d'éprouvette à essayer;
- méthode pour la mesure de l'épaisseur des éprouvettes (ou valeur nominale);
- tout traitement ou conditionnement précédant l'essai;
- nombre d'éprouvettes, s'il diffère de cinq;
- température lors de l'essai;
- milieu environnant;
- type d'électrode à appliquer;
- mode de montée en tension;
- si le résultat doit indiquer la rigidité diélectrique ou la tension de claquage.

9. Mode de montée en tension

9.1 Essai de courte durée (montée rapide de la tension)

9.1.1 La tension est élevée à partir de zéro à une vitesse uniforme jusqu'au claquage.

9.1.2 La vitesse de montée est choisie de façon que le claquage de l'éprouvette se produise généralement entre 10 s et 20 s. Pour certains matériaux la tension de claquage peut varier fortement, si bien que des résultats se trouvent en dehors de ces limites. L'essai est satisfaisant si la majorité des claquages se produisent entre 10 s et 20 s.

9.1.3 Une vitesse de montée utilisée généralement pour une large gamme de matériaux est de 500 V/s. Il est recommandé de choisir si possible une vitesse parmi les suivantes:

100, 200, 500, 1 000, 2 000, 5 000 V/s.

Note. - Pour les essais de courte durée, il est plus difficile d'obtenir un temps de réponse du voltmètre correspondant à la prescription du paragraphe 7.2.

9.2 Essai par paliers de 20 s

9.2.1 On choisit dans le tableau I la valeur de tension la plus proche de 40% de la tension de claquage probable lors d'un essai de courte durée et on applique cette tension à l'éprouvette. Si on ignore la valeur probable de la tension de claquage lors d'un essai de courte durée, il y a lieu de la déterminer par la méthode décrite au paragraphe 9.1.

8. Procedure

Electrodes complying with Clause 4 shall be applied to the specimen in such a manner that damage to the specimen is avoided. Using apparatus providing a voltage complying with Clause 7, a voltage is applied between the electrodes and increased in accordance with one of the Sub-clauses 9.1 to 9.5. Observe whether breakdown was by puncture or flashover (see Clause 10).

The document calling for the test shall state the following:

- specimen to be tested;
- method for measurement of specimen thickness (if not nominal);
- any treatment or conditioning prior to test;
- number of specimens, if other than five;
- temperature of test;
- surrounding medium;
- electrodes to be used;
- mode of increase of voltage;
- whether result is to be reported as electric strength or breakdown voltage.

9. Mode of increase of voltage

9.1 *Short-time (rapid-rise) test*

9.1.1 The voltage shall be raised from zero at a uniform rate until breakdown occurs.

9.1.2 A rate-of-rise shall be selected for the material under test which will cause breakdown to occur most commonly between 10 s and 20 s. For materials which differ considerably in their breakdown voltage, some samples may fail outside these limits. This is satisfactory if the majority of breakdowns occur between 10 s and 20 s.

9.1.3 A commonly used rate-of-rise for a broad spectrum of materials is 500 V/s. It is recommended that wherever possible a rate shall be chosen from the following:

100, 200, 500, 1 000, 2 000, 5 000 V/s.

Note.- For short times to breakdown, the response time requirement of the voltmeter, as specified in Sub-clause 7.2, is more difficult to achieve.

9.2 *20 s step-by-step test*

9.2.1 The nearest voltage to 40% of the probable short-time breakdown voltage shall be selected from Table I and applied to the specimen. If the probable rapidly applied value is not known, it shall be obtained in accordance with the method in Sub-clause 9.1.

- 9.2.2 Si l'éprouvette supporte pendant 20 s cette tension sans défaillance, on applique aussitôt et successivement les tensions immédiatement supérieures du tableau I, par paliers de 20 s jusqu'au claquage.

TABLEAU I

*Tensions à appliquer successivement
(en kilovolts, valeur de crête/ $\sqrt{2}$)*

0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95					
1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9					
2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5					
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95					
100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200				

- 9.2.3 Les accroissements de tension doivent être effectués aussi rapidement que possible et le temps passé à élever la tension doit être compté dans la période de 20 s à la tension supérieure.

Si le claquage se produit en moins de six paliers dès le début de l'essai, on essaye cinq nouvelles éprouvettes en débutant avec une tension plus basse.

La rigidité diélectrique et/ou la tension de claquage doivent être basées sur la tension la plus élevée qui est tenue pendant 20 s sans claquage.

9.3 Essai à montée lente de la tension (120...240 s)

La tension sera élevée à partir d'une valeur correspondant à 40% de la tension de claquage probable lors d'un essai de courte durée et avec une vitesse uniforme telle que les claquages se produisent entre 120 s et 240 s. Pour les matériaux qui présentent une forte dispersion des résultats, quelques claquages peuvent se produire en dehors de ces limites. L'essai est acceptable si la majorité des claquages se produit entre 120 s et 240 s. La vitesse de montée de la tension est choisie au début parmi les suivantes:

2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 000 V/s.

9.4 Essai par paliers de 60 s

Sauf spécification contraire, l'essai est conduit conformément au paragraphe 9.2 mais avec une durée des paliers de 60 s.

9.5 Essai à montée très lente de la tension (300...600 s)

Sauf spécification contraire, l'essai sera conduit conformément au paragraphe 9.3 mais en veillant à ce que les claquages se produisent entre 300 s et 600 s et en choisissant une vitesse de montée de la tension parmi les suivantes:

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 V/s.

- 9.2.2 If the test specimen withstands this voltage for 20 s without failure, the next highest and subsequent voltages in Table I shall each be immediately and successively applied for 20 s until failure occurs.

TABLE I

*Successive voltages to be applied
(kilovolts, peak/ $\sqrt{2}$)*

0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95					
1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9					
2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5					
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19					
20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95					
100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200				

- 9.2.3 The increases of voltage shall be made as quickly as possible and the time spent in raising the voltage shall be included in the period of 20 s at the higher voltage.

If breakdown occurs in less than six voltage steps from the start of the test, a further five specimens shall be tested, using a lower starting voltage.

The electric strength and/or the breakdown voltage shall be based on the highest voltage which is withstood for 20 s without breakdown.

9.3 Slow rate-of-rise test (120...240 s)

The voltage shall be raised from 40% of the probable short-time breakdown voltage at a uniform rate such that breakdown occurs between 120 s and 240 s. For materials which differ considerably in their breakdown voltage, some samples may fail outside this limit. This is satisfactory if the majority of breakdowns occur between 120 s and 240 s. The rate-of-rise of voltage shall be initially selected from the following:

2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1 000 V/s.

9.4 60 s step-by-step test

Unless otherwise specified, the test shall be carried out in accordance with Sub-clause 9.2 but with a step duration of 60 s.

9.5 Very slow rate-of-rise test (300...600 s)

Unless otherwise specified, this test is carried out in accordance with Sub-clause 9.3 but with breakdowns occurring between 300 s and 600 s with a rate-of-rise of voltage selected from the following:

1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 V/s.

Note. - Les essais à montée lente de la tension de 120...240 s selon le paragraphe 9.3 et de 300...600 s selon le paragraphe 9.5 donnent approximativement les mêmes résultats que les essais par paliers de 20 s (paragraphe 9.2) ou de 60 s (paragraphe 9.4). Ils sont mieux adaptés que les essais par paliers lorsqu'on emploie des appareils d'essais automatiques modernes et ont été introduits pour faciliter l'emploi de tels appareils.

9.6 Essais de contrôle

Lorsqu'il est prescrit d'appliquer une tension d'épreuve de valeur déterminée pour un essai de contrôle ou de tenue, la tension doit être élevée à la valeur prescrite aussi rapidement qu'on peut le faire pour l'obtenir exactement sans surtension transitoire. On maintient ensuite cette tension à la valeur prescrite pendant la durée spécifiée.

10. Critère de claquage

Un claquage diélectrique est accompagné d'un accroissement du courant dans le circuit et d'une diminution de la tension aux bornes de l'éprouvette. L'accroissement du courant peut faire déclencher un disjoncteur ou faire fondre un fusible. Toutefois, le déclenchement d'un disjoncteur peut parfois être provoqué par un contournement, par la mise en charge de l'éprouvette, par des courants de fuite ou de décharges partielles, par le courant magnétisant des appareils ou par un mauvais fonctionnement. Il est donc essentiel que les caractéristiques des disjoncteurs soient parfaitement coordonnées avec celles des appareils d'essai et du matériau en essai, sinon le disjoncteur peut fonctionner sans claquage de l'éprouvette ou ne pas fonctionner lorsque le claquage a eu lieu et ainsi ne pas fournir de critère positif du claquage. Même dans les conditions les plus favorables, il peut se produire des claquages prématurés dans le milieu environnant et des observations doivent être effectuées afin de détecter ces claquages pendant les essais. Si de tels claquages sont observés, il convient de les noter.

Lorsque les essais sont faits perpendiculairement à la surface d'un matériau, il n'existe en général aucun doute lorsque le claquage a eu lieu et l'examen visuel qui suit montre aussitôt le canal réel du claquage, que celui-ci soit ou non carbonisé.

Pour les essais effectués parallèlement à la surface d'un matériau, le paragraphe 4.2 prescrit de différencier les claquages par perforation ou par contournement. On peut le faire en examinant l'éprouvette ou au besoin en réappliquant une tension inférieure à celle du premier claquage apparent. Un moyen commode qui a été trouvé consiste à réappliquer la moitié de la tension de claquage et à l'augmenter jusqu'au claquage comme dans le premier essai.

11. Nombre d'essais

Sauf spécification contraire, on effectue cinq essais et on détermine la rigidité diélectrique ou la tension de claquage à partir de la valeur centrale des résultats d'essais. Si un des résultats d'essais s'écarte de plus de 15% de la valeur centrale, on effectue cinq essais supplémentaires et on détermine la rigidité diélectrique ou la tension de claquage à partir de la valeur centrale des dix résultats.

Note.- The slow rate-of-rise tests of 120...240 s in Sub-clause 9.3 and 300...600 s in Sub-clause 9.5 produce approximately the same results as the 20 s (Sub-clause 9.2) or 60 s (Sub-clause 9.4) step-by-step tests. They are more convenient when using modern automated equipment and they are introduced to enable such equipment to be used.

9.6 Proof tests

When it is required to apply a pre-determined proof voltage for the purpose of a proof or withstand test, the voltage shall be raised to the required value as rapidly as possible, consistent with its accurate attainment without any transient overvoltage. This voltage is then maintained at the required value for the duration of the specified time.

10. Criterion of breakdown

Electric breakdown is accompanied by an increase of current flowing in the circuit and by a decrease of voltage across the specimen. The increased current may trip a circuit-breaker or blow a fuse. However, tripping of a circuit-breaker may sometimes be influenced by flash-over, specimen charging, leakage or partial discharge currents, equipment magnetizing current or malfunctioning. It is therefore essential that the circuit-breaker is well co-ordinated with the characteristics of the test equipment and the material under test, otherwise the circuit-breaker may operate without breakdown of the specimen, or fail to operate when breakdown has occurred and thus not provide a positive criterion of breakdown. Even under the best conditions, premature breakdowns in the ambient medium may occur, and observations shall be made to detect them during tests. If breakdowns in the medium are observed, they shall be reported.

Where tests are made perpendicular to the surface of a material, there is usually no doubt when breakage has occurred and subsequent visual inspection readily shows the actual breakdown channel whether this is filled with carbon or not.

In tests parallel to the surface it is required by Sub-clause 4.2 that failures by puncture and failures by flashover are differentiated. This can be done by examination of the specimen or in some cases by re-applying a voltage less than that of the first apparent breakdown. A convenient practice that has been found is the re-application of half the breakdown voltage, followed by increasing into failure by the same procedure as in the first test.

11. Number of tests

Unless otherwise specified, five tests shall be conducted and the electric strength or breakdown voltage determined from the central value of the test results. If any test result deviates by more than 15% from the central value, five additional tests shall be made. The electric strength or breakdown voltage shall then be determined from the central value of the ten results.

Note.- Valeur centrale: Valeur médiane d'un nombre impair de résultats ou moyenne des deux médianes d'un nombre pair de résultats d'essai disposés en ordre croissant.

Lorsque les essais sont faits avec un autre but que celui d'un contrôle de qualité de routine, il est nécessaire d'utiliser un plus grand nombre d'éprouvettes en fonction de la dispersion observée sur le matériau et d'avoir recours au traitement statistique des données.

Note.- Une partie séparée de la Publication 243 de la CEI sur le traitement statistique et l'interprétation des résultats est en préparation.

12. Procès-verbal d'essai

Sauf spécification contraire, le procès-verbal d'essai doit comprendre les indications suivantes:

- a) Identification complète du matériau en essai, description des éprouvettes et de leur mode de préparation.
- b) Valeur centrale des rigidités diélectriques en kV/mm et/ou des tensions de claquage en kV.
- c) Epaisseur de chaque éprouvette (voir paragraphe 4.4).
- d) Milieu environnant lors de l'essai et ses propriétés.
- e) Système d'électrodes.
- f) Valeurs individuelles des rigidités diélectriques en kV/mm et/ou des tensions de claquage en kV.
- g) Température, pression et humidité pour les essais dans l'air ou dans un autre gaz ou température du milieu environnant pour les essais dans un liquide.
- h) Conditionnement des éprouvettes avant l'essai.
- i) Mode d'application de la tension et sa fréquence.
- j) Indication sur l'endroit et l'apparence du claquage.

Pour un procès-verbal simplifié, les quatre premiers points sont indispensables.