

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 343

Première édition — First edition

1970

**Méthodes d'essai recommandées pour la détermination
de la résistance relative des matériaux isolants à la rupture
diélectrique par les décharges superficielles**

**Recommended test methods for determining
the relative resistance of insulating materials to breakdown
by surface discharges**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60343:1970

Withdrawn

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

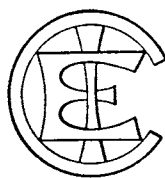
Publication 343

Première édition — First edition

1970

**Méthodes d'essai recommandées pour la détermination
de la résistance relative des matériaux isolants à la rupture
diélectrique par les décharges superficielles**

**Recommended test methods for determining
the relative resistance of insulating materials to breakdown
by surface discharges**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	8
3. But et principes de l'essai	8
4. Dispositions de l'essai	8
4.1 Electrodes d'essai	8
4.2 Eprouvette en essai	10
4.3 Conditions ambiantes	10
4.4 Tension d'essai	12
4.5 Fréquence et forme de la tension d'essai	12
5. Appareillage électrique	12
5.1 Source haute tension	12
5.2 Dispositif de contrôle de fin de vie	12
6. Rapport d'essai	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	9
3. Object and principles of test	9
4. Test arrangements	9
4.1 Test electrodes	9
4.2 Test specimen	11
4.3 Ambient conditions	11
4.4 Test voltage	13
4.5 Frequency and waveform of the testing voltage	13
5. Electrical apparatus	13
5.1 High-voltage source	13
5.2 End point control device	13
6. Report	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAI RECOMMANDÉES POUR LA DÉTERMINATION
DE LA RÉSISTANCE RELATIVE DES MATÉRIAUX ISOLANTS
A LA RUPTURE DIÉLECTRIQUE PAR LES DÉCHARGES SUPERFICIELLES**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, du Comité d'Etudes N° 15 de la C.E.I.: Matériaux isolants.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tel-Aviv en 1966, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1967. Des modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1969.

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

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Inde	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Iran	Yougoslavie
Israël	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RECOMMENDED TEST METHODS FOR DETERMINING
THE RELATIVE RESISTANCE OF INSULATING MATERIALS
TO BREAKDOWN BY SURFACE DISCHARGES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by Sub-Committee 15B, Endurance Tests, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

A first draft was discussed at the meeting held in Tel-Aviv in 1966, as a result of which a new draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1967. Amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1969.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
India
Iran
Israel
Italy

Japan
Netherlands
Poland
South Africa
Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

MÉTHODES D'ESSAI RECOMMANDÉES POUR LA DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE RELATIVE DES MATÉRIAUX ISOLANTS A LA RUPTURE DIÉLECTRIQUE PAR LES DÉCHARGES SUPERFICIELLES

1. Introduction

L'isolation des appareils et des composants utilisés à des tensions supérieures aux tensions usuelles de distribution est souvent soumise à l'action des décharges électriques qui peuvent provoquer différentes formes de vieillissement et éventuellement entraîner la perforation.

Le type et la vitesse de détérioration ainsi que la réduction de la durée de vie, sous l'action des décharges, dépendent de la stabilité chimique et thermique de l'isolation, du champ électrique appliqué, de la température et de l'humidité ambiantes. Ainsi, doit-on conclure que ces essais exécutés sur des matériaux individuels ne donnent pas d'information suffisante sur le comportement des systèmes isolants et des structures qu'ils composent et que des essais fonctionnels doivent être faits pour atteindre ce but. Dans ce cas, il y a lieu de fixer de façon très précise les conditions permettant d'assurer une bonne correspondance entre les essais et les conditions de service.

Des essais de courte durée, tels ceux recommandés par les normes d'essai de la tenue diélectrique d'un matériau isolant à fréquence industrielle, prouvent la faculté qu'ont les matériaux de supporter les gradients élevés comme ceux qui se trouvent appliqués au cours des essais de surtension alternative sur le matériel. Dans de tels essais, la rupture est provoquée d'ordinaire par la propagation des canaux de décharge à travers le matériau ou par instabilité thermique, mais les résultats sont peu affectés par les autres formes de dégradation sous l'effet des décharges, par exemple l'érosion ou la dégradation chimique qui provoquent la détérioration progressive à des gradients très inférieurs. C'est pourquoi des essais sont requis pour fixer l'endurance des matériaux sous l'action des décharges à des tensions utilisées en service industriel.

Il serait intéressant de déduire la résistance relative aux décharges des matériaux de changements dans leurs caractéristiques électriques ou mécaniques après une assez courte exposition à l'action des décharges. Des essais de ce type sont en cours d'étude. Cependant, la détérioration ne se produit pas en général d'une manière uniforme tout au long de la vie de l'isolation, de telle sorte que les changements initiaux observés durant des essais de courte durée peuvent donner une indication fautive sur la durée de vie relative des matériaux.

La durée de vie des matériaux exposés aux décharges sous une contrainte donnée peut varier avec l'épaisseur de l'éprouvette, il est donc recommandé de déterminer la résistance relative aux décharges des matériaux en comparant la durée de vie moyenne d'éprouvettes, d'épaisseur semblable, exposées aux décharges dans des conditions définies.

Les essais de durée de vie sous les contraintes en service normal étant habituellement très prolongés aux fréquences industrielles, il est commode de les accélérer en élevant la fréquence d'essai. La durée de vie équivalente à la fréquence industrielle est alors obtenue en multipliant la durée de vie à la fréquence d'essais par le rapport de la fréquence d'essai à la fréquence industrielle. Mais l'augmentation de la fréquence peut entraîner deux formes d'erreur.

- 1.1 Si la fréquence est trop élevée, l'accumulation de la chaleur produite peut entraîner une perforation thermique rapide, de telle sorte que la durée de vie calculée à partir de mesures effectuées à fréquence plus élevée est plus courte que dans le cas où elle aurait été effectivement mesurée à la fréquence industrielle.
- 1.2 Les couches conductrices qui se forment en surface à la fréquence industrielle apparaissent plus rapidement à des fréquences plus élevées, modifiant le taux de dégradation chimique et les caractéristiques de décharge et entraînant souvent une extinction périodique ou définitive des décharges; la durée de vie ramenée à la fréquence industrielle peut alors être beaucoup plus longue que dans le cas où elle aurait été effectivement mesurée à la fréquence industrielle.

RECOMMENDED TEST METHODS FOR DETERMINING THE RELATIVE RESISTANCE OF INSULATING MATERIALS TO BREAKDOWN BY SURFACE DISCHARGES

1. Introduction

The insulation of equipment and components operating at above domestic line voltage is often subjected to electrical discharges which can cause various forms of ageing and eventual failure.

The type and rate of deterioration and the reduction of life time due to discharges depend on the chemical and thermal stability of the insulation, the applied stress and the ambient temperature and humidity. Thus, it should be stressed that tests carried out on individual materials do not give sufficient information about the behaviour of insulating systems and structures in which they are incorporated and functional tests need to be devised for such purposes. In this case, the conditions giving good correspondence between tests and service conditions should be determined very accurately.

Tests of short duration, such as recommended by standard methods of test for electric strength of insulating materials at power frequencies, assess the ability of materials to withstand high stresses such as may be applied during a.c. overvoltage tests on equipment. In such tests, breakdown is usually caused by the propagation of discharge channels through the material, or by thermal instability, but the results are little affected by other forms of degradation by discharges, e.g. erosion or chemical degradation which cause progressive deterioration at much lower stresses. Tests are therefore required which will assess the resistance of materials to discharges at the stresses used in industrial service.

It would be desirable to assess the relative discharge resistance of materials from changes in their electrical or mechanical characteristics after a fairly short exposure to discharges. Tests of this type are being investigated. However, deterioration does not usually progress uniformly throughout the life of insulation, so that the initial changes which are observed during tests of short duration may give a misleading assessment of the relative lives of materials.

The life of materials exposed to discharges at a given stress may vary with sample thickness; it is therefore recommended that the relative discharge resistance of materials should be assessed by comparing the average life of specimens of similar thickness when exposed to discharges under standardized conditions.

As life-tests at normal service stresses are usually very protracted at power frequencies, it is convenient to accelerate them by raising the test frequency. The equivalent life at power frequency is then calculated as (life at test frequency) (test frequency/power frequency). However, two forms of error may arise when the frequency is raised.

- 1.1 If the frequency is too high, cumulative heating may cause rapid thermal breakdown so that life calculated from measurements at a higher frequency will be shorter than measured life at power frequency.
- 1.2 Conducting surface layers which occur at power frequency form more rapidly at higher frequencies, affecting the rate of chemical degradation and the discharge characteristics and often causing periodic or complete extinction of the discharges; the life corrected for power frequency may then be much greater than in the case of a real measurement at power frequency.

Pour une connaissance complète des matériaux, il serait nécessaire de déterminer leur résistance relative à la perforation, à la fois sous l'action des décharges superficielles et des décharges internes. Une première estimation des propriétés des matériaux peut être faite plus commodément en présence des décharges superficielles plutôt que des décharges internes.

La présente recommandation est limitée aux essais *avec décharges superficielles*.

D'autres recommandations relatives aux essais avec décharges internes seront proposées ultérieurement.

2. Domaine d'application

Déterminer la résistance relative à la rupture diélectrique des matériaux isolants solides, lorsqu'ils sont soumis à des décharges superficielles partielles, sous des gradients et à des fréquences identiques à ceux qui sont utilisés en service industriel.

3. But et principes de l'essai

On recherche des moyens simples pour déterminer la résistance relative à la perforation des matériaux isolants solides lorsqu'ils sont soumis à des décharges partielles sous des gradients et à des fréquences du même ordre de grandeur que ceux qui sont utilisés en service industriel.

L'expérience montre que des essais de durée de vie, prenant comme critère la perforation complète du matériau et effectués en présence de décharges superficielles avec différents types d'électrodes, conduisent à une classification des matériaux semblable et reproductible à condition que l'on fasse circuler de l'air sec pendant l'essai. Les électrodes recommandées sont choisies pour satisfaire au mieux les conditions suivantes.

- 3.1 Simplicité et prix minimal des électrodes et des supports et facilité de montage des éprouvettes.
- 3.2 Capacité des éprouvettes suffisamment faible pour ne pas nécessiter une puissance excessive lors des essais de vie à fréquence accélérée.
- 3.3 La surface de l'éprouvette soumise aux décharges doit être aussi grande que possible comparative-ment à la surface totale.
- 3.4 La forme de l'électrode et donc ses caractéristiques de décharge ne doivent pas varier d'une façon appréciable pendant des essais prolongés. C'est pourquoi des électrodes pointues ou à bord aigu ne doivent pas être utilisées.
- 3.5 Le gradient d'apparition des décharges et l'énergie des décharges sous le gradient d'essai doivent être comparables aux valeurs que l'on trouve généralement en service pour le matériel considéré.
- 3.6 Les essais doivent être possibles à la fois sur des feuilles et des films d'isolant, et un certain nombre d'essais, pour déterminer l'uniformité du matériau, doivent être effectués sur des surfaces assez petites.
- 3.7 Un dispositif permettant de soumettre l'éprouvette à des contraintes mécaniques pendant son exposition aux décharges superficielles doit être prévu si de telles contraintes sont caractéristiques de l'utilisation qui sera faite du matériau.

4. Dispositions de l'essai

4.1 Electrodes d'essai

Les essais recommandés devront être exécutés avec une électrode cylindrique en acier inoxydable* et une électrode plane. Ces électrodes devront être conformes à ce qui suit.

* Des essais doivent être exécutés avec une ou plusieurs électrodes sur l'échantillon en essai. Si on utilise plusieurs électrodes, la distance entre électrodes doit être suffisante pour éviter une interaction entre les décharges d'électrodes voisines.

Un exemple de disposition d'électrodes est donné sur la figure 1, page 16.

La composition précise de l'acier inoxydable n'est pas très importante, mais on utilise souvent la suivante:

carbone	0,16 %	nickel	11,00 % - 14,00 %
silicium	0,20 % maximum	chrome	11,00 % - 14,00 %
manganèse	2,00 % maximum		

For a complete assessment of materials, it would be necessary to determine their resistance to breakdown by both surface and internal discharges. Initial assessment of materials can be made more conveniently in the presence of surface discharges than with internal discharges.

This Recommendation is limited to tests *with surface discharges*.

Further recommendations for tests with internal discharges will be proposed subsequently.

2. Scope

To assess the relative resistance of solid insulating materials to breakdown when exposed to partial surface discharges at stresses and frequencies used in industrial service.

3. Object and principles of test

Simple means are required for assessing the relative resistance of solid insulating materials to breakdown when exposed to partial discharges at stresses and frequencies such as used in industrial service.

Experience shows that life tests, taking as a criterion the complete puncture of the material in the presence of surface discharges from several types of electrode, provide a similar and reproducible classification of materials, provided that dry air is circulated during test. The electrodes recommended in this Recommendation are therefore chosen to best satisfy the following requirements.

- 3.1 Simplicity and minimum cost of electrodes and supports and ease of mounting specimens.
- 3.2 Conveniently low capacitance of the test specimens so that excessive power is not required for frequency accelerated life tests.
- 3.3 The area of specimen which is subjected to discharges should be as large as possible relative to the total area of the specimen.
- 3.4 The shape of the electrode, and thus the discharge characteristics should not change appreciably during prolonged tests. Thus, pointed or sharp-edged electrodes should not be used.
- 3.5 The discharge inception stress, and the discharge energy at the test stress should be comparable with the values commonly found in service for the material concerned.
- 3.6 The tests should be possible on both sheets and films of insulation and a number of tests, to assess the uniformity of the material, should be made on a quite limited area.
- 3.7 It should be possible to subject the test specimen to mechanical strain while exposed to surface discharges, if such strain is characteristic of the intended use.

4. Test arrangements

4.1 Test electrodes

The recommended tests shall be made using a stainless steel* cylindrical electrode and a plate electrode. These electrodes shall be as follows.

* Tests may be made with one or several electrodes above the test sample. If several electrodes are used, the interelectrode separation should be sufficient to avoid interaction between the discharges from adjacent electrodes.

An example of an electrode arrangement is shown in Figure 1, page 16.

The precise grade of stainless steel is not important, but the following is often used:

carbon	0.16%	nickel	11.00% – 14.00%
silicon	0.20% maximum	chromium	11.00% – 14.00%
manganese	2.00% maximum		

4.1.1 *Electrode cylindrique*

Un cylindre de $6 \pm 0,3$ mm de diamètre dont l'arête vive est arrondie à 1 mm de rayon. La masse de cette électrode sera de 30 g environ. Elle doit reposer sur l'éprouvette, son axe étant perpendiculaire au plan de cette dernière. Lorsqu'on essaie un matériau mou, on peut maintenir un intervalle n'excédant pas 100 μm entre l'électrode supérieure et l'éprouvette pour éviter les détériorations mécaniques.

Dans le cas d'éprouvettes très minces (épaisseur inférieure à 100 μm), il est commode de les introduire entre les électrodes préalablement écartées de 100 μm .

4.1.2 *Electrode plane*

Une plaque dont la surface est supérieure à celle qui est couverte par les décharges provenant des électrodes cylindriques à la tension d'essai.

4.2 *Eprouvette en essai*

L'éprouvette doit avoir une épaisseur uniforme et une surface permettant d'éviter les contournements. La surface supérieure de l'éprouvette exposée aux décharges doit être exempte d'impuretés.

Pour éviter l'apparition de petites décharges entre l'échantillon et l'électrode plane, il peut être nécessaire d'appliquer une peinture conductrice à la surface inférieure de l'échantillon. On prendra soin cependant d'éviter l'emploi de peintures ou de solvants qui provoqueraient des fendillements ou des détériorations chimiques de l'échantillon.

Lorsque la peinture conductrice risque d'être absorbée par le matériau à essayer, une feuille d'aluminium de 0,025 mm d'épaisseur et de même dimension que l'éprouvette peut être collée, au moyen d'une graisse silicone adéquate, sur la surface de l'éprouvette en contact avec l'électrode plane. Il convient d'employer à cet usage la plus petite quantité possible de graisse et cette dernière ne doit entraîner, pour l'éprouvette, aucun effet nocif résultant d'une attaque chimique.

Si cela est précisé dans les spécifications du matériau, les échantillons doivent être préconditionnés avant l'essai, suivant la Publication 212 de la CEI : Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants solides.

Note. — Des essais spéciaux peuvent être effectués sur des empilements de films fins; les résultats seront sans doute très différents de ceux obtenus avec une seule couche, de même épaisseur, du même isolant.

4.3 *Conditions ambiantes*

Les essais seront normalement exécutés à la température ambiante (15 °C à 35 °C) dans de l'air asséché jusqu'à une humidité relative n'excédant pas 20%*. Le débit d'air doit être au moins de 0,5 l/min et par électrode d'essai.

Dans des cas particuliers, les essais peuvent être exécutés dans un milieu autre que l'air ou à des températures plus élevées. Les essais à température élevée doivent être exécutés en respectant les conditions spécifiées dans la Publication 212 de la CEI.

Afin d'éviter les dangers que pourrait présenter, pour la santé du personnel, la production de gaz actifs (par exemple O_3 et NO_2 dans l'air), les essais doivent être conduits dans des enceintes fermées, l'air sec qui passe sur les éprouvettes en essai étant ensuite rejeté à l'extérieur du laboratoire.

* Une humidité relative de 20%, ou inférieure à cette valeur, peut être obtenue en faisant circuler l'air à travers une colonne de dessiccation contenant un desséchant convenable, tel que $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

4.1.1 *Cylindrical electrode*

A cylinder of 6 ± 0.3 mm diameter with the sharp edge removed to leave a 1 mm radius. The mass of this electrode shall be approximately 30 g. It should be normal to the surface of the specimen and rest upon it. With soft materials, a gap not exceeding 100 μm between this electrode and the specimen is permitted to avoid possible mechanical damage.

With very thin specimens (thickness less than 100 μm), it is convenient to introduce them between electrodes fixed 100 μm apart.

4.1.2 *Plate electrode*

A plate having an area greater than the area covered by discharges from the cylindrical electrodes at the test voltage.

4.2 *Test specimen*

The specimen shall be of uniform thickness and of adequate area to avoid flashover. The upper surface of the specimen exposed to discharges should be free from contamination.

To prevent small discharges between the specimen and the plate electrode it may be necessary to apply a conducting paint to the lower surface of the specimen. Care must, however, be taken to avoid paints or solvents which promote surface stress cracking or chemical deterioration of the specimen.

When the conducting paint is likely to become absorbed by the material to be tested, aluminium foil 0.025 mm thick and of the same size as the test specimen may be stuck, with a suitable silicone grease, on the surface of the specimen in contact with the plate electrode. The amount of silicone grease to be used for this purpose should be a minimum and it should have no harmful effect on the specimen due to chemical deterioration.

If directed in the material specification, the specimen should be preconditioned before test in accordance with IEC Publication 212, Standard Conditions for Use prior to and during the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.

Note. — Special tests may be made on stacks of thin film materials; but the results are likely to be very different from tests with a single layer of the same insulation of equal thickness.

4.3 *Ambient conditions*

Tests shall normally be made at room temperature (15 °C to 35 °C) in air dried to a relative humidity not exceeding 20%*. The flow of air should be at least 0.5 l/min per test electrode.

In particular cases, tests may be carried out in a medium other than air or at higher temperatures. Tests at elevated temperatures shall be made under the conditions recommended by IEC Publication 212.

To avoid possible health hazard due to the production of active gases (e.g. O_3 and NO_2 in air), tests should be made in sealed containers with the dry air passed across the test specimens and then expelled outside the laboratory.

* Relative humidity of 20% or less can be obtained by passing the air through a drying column containing a suitable desiccant such as $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

4.4 Tension d'essai

4.4.1 Essais sur des matériaux nouveaux

La variation de la durée de vie avec la tension appliquée doit être déterminée pour au moins trois valeurs de la tension.

La valeur la plus élevée de la tension doit être choisie de telle sorte qu'elle conduise à une durée de vie de l'échantillon qui ne soit pas inférieure à l'équivalent de 100 h à fréquence industrielle. La valeur la plus faible doit être telle que la durée de vie de l'éprouvette ne soit pas inférieure à l'équivalent de 5000 h à fréquence industrielle.

Dans le cas des matériaux minces (épaisseur inférieure à 100 μm), il est autorisé de choisir la valeur la plus faible de la tension d'essai de telle sorte qu'elle conduise à une durée de vie équivalente à 1 000 h à la fréquence industrielle.

4.4.2 Contrôles de réception sur des matériaux qui ont déjà été essayés

La durée de vie à la fréquence f Hz doit être déterminée à une tension qui, d'après les précédentes investigations, doit conduire à la perforation après l'équivalent d'une année à la fréquence industrielle.

Dans le cas des matériaux minces (épaisseur inférieure à 100 μm), la tension d'essai doit être choisie de telle sorte qu'elle conduise à une durée de vie de 1 000 h à la fréquence industrielle.

4.5 Fréquence et forme de la tension d'essai

La durée de vie doit être déterminée à la fréquence industrielle (48 Hz à 62 Hz). Si les essais sont exécutés à une fréquence supérieure, il appartient au laboratoire qui entreprend cet essai de démontrer que la durée de vie du matériau en essai varie d'une manière inversement proportionnelle à la fréquence, de façon à pouvoir calculer la durée de vie équivalente à 50 Hz (ou 60 Hz).

La tension appliquée, à fréquence industrielle ou plus élevée, doit être sensiblement sinusoïdale, le facteur de crête (rapport de la valeur de crête à la valeur efficace) étant de $\sqrt{2} \pm 5\%$. La tension appliquée ne doit pas contenir d'harmoniques d'amplitude supérieure à 5% (Publication 60 de la CEI : Essais à haute tension).

5. Appareillage électrique

5.1 Source haute tension

Les essais à 50 Hz ou 60 Hz doivent être faits en utilisant un transformateur HT, un dispositif de réglage de tension, un disjoncteur et un voltmètre conformes aux recommandations de la Publication 60 de la CEI.

Les essais à des fréquences plus élevées peuvent être exécutés en utilisant soit un alternateur et un transformateur HT, soit un générateur électronique avec une puissance de sortie adéquate.

5.2 Dispositif de contrôle de fin de vie

La durée de vie est peu influencée par de courtes (minutes) interruptions de la tension d'essai, pourvu que de l'air sec circule sur les éprouvettes; il est donc possible, lorsqu'un claquage survient à une électrode, de manœuvrer un interrupteur placé sur le circuit d'alimentation et en même temps d'arrêter une horloge enregistrant la durée de l'essai. Il est plus commode cependant d'introduire un fusible ou un coupe-circuit en série avec chaque électrode, ce qui permet d'enregistrer la durée de

4.4 *Test voltage*

4.4.1 *Tests on new materials*

The variation of life with applied voltage shall be determined at a minimum of three voltages.

The highest test voltage should be chosen to give a specimen life of not less than the equivalent of 100 h at power frequency. The lowest test voltage should be chosen to give a specimen life of not less than the equivalent of 5000 h at power frequency.

In the case of thin materials (thickness lower than 100 μm), it may be permissible to choose the lowest test voltage to give a life equivalent to 1000 h at power frequency.

4.4.2 *Routine acceptance tests on materials which have previously been assessed*

The life at frequency f Hz shall be determined at a voltage which is expected, from previous investigations on the material, to cause failure in the equivalent of one year at power frequency.

In the case of thin materials (thickness lower than 100 μm), the test voltage should be chosen to give an expected life of 1000 h at power frequency.

4.5 *Frequency and waveform of the testing voltage*

It is required to determine the life at power frequency (48 Hz to 62 Hz). If tests are made at a higher frequency, it is the responsibility of the laboratory concerned to demonstrate that the life of the test material varies inversely with frequency, so that the equivalent life at 50 Hz or 60 Hz may be calculated.

The power or higher frequency voltage shall be approximately sinusoidal, the crest factor (ratio of peak value to r.m.s. value) being within the limits of $\sqrt{2} \pm 5\%$. The test voltage shall not contain harmonics exceeding 5% in amplitude (IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques).

5. **Electrical apparatus**

5.1 *High-voltage source*

Tests at 50 Hz or 60 Hz should be made using a high-voltage transformer, voltage regulator, circuit-breaker and voltmeter in accordance with the recommendations of IEC Publication 60.

Tests at higher frequencies may be made using either a motor generator and high-voltage transformer or an electronic generator with adequate power output.

5.2 *End point control device*

The life is little affected by short (minutes) interruption of test voltage provided dry air is circulated over the test specimens, so that it is permissible, for failure at one electrode, to actuate a circuit-breaker to the test supply, and simultaneously to stop a clock recording the duration of test. It is more convenient, however, to include a fuse or a circuit-breaker in series with each test electrode so that the test time for each specimen can be recorded. A suitable fusing arrangement consists of a thin

l'essai pour chaque éprouvette. Une disposition convenable de fusible consiste en un fil de cuivre fin (0,03 mm), en série avec l'électrode HT, tendu entre une goupille et le bras mobile d'un microcontact servant à connecter un dispositif de mesure du temps.

En aucun cas, l'impédance en série avec chaque éprouvette ne doit dépasser 10 k Ω .

6. Rapport d'essai

On devra indiquer les informations suivantes.

- 6.1 Méthode d'essai, c'est-à-dire si l'électrode supérieure est en contact avec l'éprouvette ou bien si elle est fixée au-dessus de l'éprouvette.
- 6.2 Milieu dans lequel se fait l'essai: air ou autre gaz.
- 6.3 Méthode de préparation et de mise en forme de l'échantillon en essai.
- 6.4 Préconditionnement du matériau.
- 6.5 Nombre d'éprouvettes. Pour chaque tension, l'essai porte sur au moins neuf éprouvettes. Ces éprouvettes peuvent être soumises aux essais simultanément.
- 6.6 Epaisseur nominale et moyenne au voisinage des électrodes.
- 6.7 Débit et taux d'humidité du gaz traversant l'enceinte d'essai.
- 6.8 Température et pression dans l'enceinte d'essai.
- 6.9 Tension appliquée et sa fréquence.
- 6.10 Durée de vie moyenne observée ou calculée pour chaque tension d'essai et écart-type correspondant à cette durée de vie, tous deux rapportés à 50 Hz ou 60 Hz.
Durée de vie la plus faible observée.
- 6.11 S'il y a lieu, nature et intensité des contraintes mécaniques appliquées durant l'essai.

Les résultats d'essais, sur des matériaux nouveaux, doivent être présentés sous la forme de graphiques et complétés, si possible, par des détails concernant la tension d'apparition des premières décharges et l'amplitude des décharges.