

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
611

Première édition  
First edition  
1978

Guide pour la préparation de procédures  
d'essai pour l'évaluation de l'endurance  
thermique des systèmes d'isolation électrique

Guide for the preparation of test procedures  
for evaluating the thermal endurance of  
electrical insulation systems

IECNORM.COM: Click to view this PDF or download it.



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 611: 1978

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie

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

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology

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

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

## Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

## IEC publications prepared by the same technical committee

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

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC  
611

Première édition  
First edition  
1978

**Guide pour la préparation de procédures  
d'essai pour l'évaluation de l'endurance  
thermique des systèmes d'isolation électrique**

**Guide for the preparation of test procedures  
for evaluating the thermal endurance of  
electrical insulation systems**

© CEI 1978 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

H

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4
Articles	
1. Objet et domaine d'application . . . . .	6
2. Procédures d'essai . . . . .	6
3. Eprouvettes . . . . .	6
4. Vieillissement thermique . . . . .	8
4.1 Choix et réglage des températures . . . . .	8
4.2 Influence des matériaux associés et des produits de décomposition . . . . .	10
4.3 Environnements . . . . .	10
5. Choix du mode de vieillissement: essai cyclique ou continu . . . . .	10
6. Facteurs de diagnostic . . . . .	10
6.1 Humidification . . . . .	10
6.2 Contrainte mécanique . . . . .	12
6.3 Contrainte électrique . . . . .	12
7. Critères de fin de vie . . . . .	12
8. Interprétation des données d'endurance thermique . . . . .	14
TABLEAU I: Exemple de températures d'exposition et de durées de cycles . . . . .	14

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60068-2-11:1978

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5
Clause	
1. Object and scope . . . . .	7
2. Test procedures . . . . .	7
3. Test objects . . . . .	7
4. Thermal ageing . . . . .	9
4.1 Choice and control of temperatures . . . . .	9
4.2 Influence of associated materials and products of decomposition . . . . .	11
4.3 Environments . . . . .	11
5. Choice of ageing mode: cyclic or continuous . . . . .	11
6. Diagnostic factors . . . . .	11
6.1 Humidification . . . . .	11
6.2 Mechanical stress . . . . .	13
6.3 Electrical stress . . . . .	13
7. End-point criteria . . . . .	13
8. Interpretation of thermal endurance data . . . . .	15
TABLE I: Illustrative exposure temperatures and cycle durations . . . . .	15

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR LA PRÉPARATION DE PROCÉDURES D'ESSAI  
POUR L'ÉVALUATION DE  
L'ENDURANCE THERMIQUE DES SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE**

**PRÉAMBULE**

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le voeu 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 Comité d'Etudes N° 63 de la CEI: Systèmes d'isolation.

La préparation du premier projet fut entreprise par le Groupe de Travail 2 en 1974. Ce projet fut discuté lors de la réunion que le Comité d'Etudes N° 63 a tenue à La Haye en 1975. A la suite de cette réunion, le document 63(Bureau Central)9 fut soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six mois en novembre 1975.

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

Afrique du Sud (République d')  
Autriche  
Belgique  
Brésil  
Canada  
Danemark  
Etats-Unis d'Amérique  
Finlande  
France

Israël  
Japon  
Pologne  
Roumanie  
Suède  
Suisse  
Tchécoslovaquie  
Turquie  
Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Cette publication a pour but de guider les Comités d'Etudes de Matériels dans l'élaboration de procédures d'essais des systèmes d'isolation, lorsque la détérioration de l'isolation est due au vieillissement thermique ou est dominée par lui.

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications n°s 68: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.
- 216: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.
- 493-1: Guide pour l'analyse statistique de données d'essais de vieillissement, 1<sup>re</sup> partie: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués.
- 505: Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.
- 610: Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électriques: Mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR THE PREPARATION OF TEST PROCEDURES  
FOR EVALUATING  
THE THERMAL ENDURANCE OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS**

**FOREWORD**

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

**PREFACE**

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 63, Insulation Systems.

Work on the first draft was initiated by Working Group 2 in 1974. The draft was discussed at the meeting of Technical Committee No. 63 held in The Hague in 1975. As a result of this meeting, Document 63(Central Office)9 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1975.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Poland
Brazil	Romania
Canada	South Africa (Republic of)
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United States of America

This publication is intended to guide the development of insulation system test procedures by Equipment Technical Committees, when insulation deterioration is due to, or dominated by, thermal ageing.

*Other IEC publications quoted in this standard:*

Publications Nos. 68: Basic Environmental Testing Procedures.

216: Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials.

493-1: Guide for the Statistical Analysis of Ageing Test Data, Part 1: Methods Based on Mean Values of Normally Distributed Test Results.

505: Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment.

610: Principal Aspects of Functional Evaluation of Electrical Insulation Systems: Ageing Mechanisms and Diagnostic Procedures.

# GUIDE POUR LA PRÉPARATION DE PROCÉDURES D'ESSAI POUR L'ÉVALUATION DE L'ENDURANCE THERMIQUE DES SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE

## 1. Objet et domaine d'application

Cette publication a pour but de guider l'élaboration de procédures d'essais de systèmes et de suggérer les points particuliers à prendre en considération par les Comités d'Etudes de Matériels lors de la préparation des instructions spécifiques à l'évaluation thermique des systèmes d'isolation du matériel électrique.

Elle suggère les données de base des procédures d'essais à appliquer dans le cas où le facteur d'influence thermique est un facteur de vieillissement dominant.

Ces procédures précisent les essais qui comportent un vieillissement thermique accéléré des systèmes d'isolation et que les Comités d'Etudes de Matériels de la CEI estiment appropriés selon les conditions d'utilisation lorsqu'ils préparent des instructions spécifiques. Ces procédures d'essais ont pour objectif de fournir des éléments en vue d'une évaluation fonctionnelle, au moyen d'essais, des systèmes d'isolation du matériel électrique. Il est reconnu qu'un système d'isolation donné peut être utilisé sous des conditions de température, de temps et de tension, etc., différentes. C'est pourquoi l'évaluation d'un système d'isolation comprend, selon les procédures d'essai élaborées à partir de ce document, le facteur d'influence  $T$  tel que décrit par la Publication 505 de la CEI: Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique. L'évaluation des matériaux isolants et de leurs combinaisons simples est fournie par un guide indépendant d'essais de matériaux: la Publication 216 de la CEI: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.

## 2. Procédures d'essai

Les procédures d'essai pour l'évaluation thermique des systèmes d'isolation du matériel électrique comporteront des remarques descriptives permettant une compréhension claire des objectifs des essais particuliers en fonction de l'industrie concernée et des besoins spéciaux qui existent.

Les Comités d'Etudes de Matériels de la CEI devront s'assurer que chaque procédure d'essai:

- a) donne des résultats statistiquement significatifs;
- b) fournit des données indépendantes de l'expérimentateur;
- c) aboutit à des renseignements qui correspondent à l'expérience en service d'une façon généralement acceptable;
- d) comporte, si des modèles sont utilisés, les descriptions de ces modèles (le matériel lui-même sera évalué, si cela est possible).

## 3. Eprouvettes

Partout où ce sera possible, le matériel lui-même sera utilisé pour l'évaluation thermique des systèmes d'isolation. Cependant, lorsque la taille et la commodité réclament leur utilisation, des modèles pourront être utilisés pour l'évaluation des systèmes d'isolation, plutôt que le matériel.

## GUIDE FOR THE PREPARATION OF TEST PROCEDURES FOR EVALUATING THE THERMAL ENDURANCE OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS

### 1. Object and scope

The purpose of this publication is to guide the development of system test procedures and to suggest points to be considered by the Equipment Technical Committees in the preparation of specific instructions for the thermal evaluation of insulation systems for electrical equipment.

It suggests the basic statement of test procedures applied to a case where the thermal factor of influence is a dominating ageing factor.

These test procedures specify tests which involve accelerated thermal ageing of insulation systems and which the IEC Equipment Technical Committees deem pertinent, based on conditions of use, when preparing specific instructions. The objective of these test procedures is to provide for the functional evaluation, by test, of insulation systems for electrical equipment. It is recognized that a given insulation system may be used under different conditions of temperature, time, voltage, etc. Therefore, the evaluation of an insulation system involves, according to test procedures developed from this document, the T factor of influence as described in IEC Publication 505, Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment. The evaluation of insulating materials and simple combinations thereof is provided for by a separate material test guide, IEC Publication 216, Guide for the Determination of Thermal Endurance Properties of Electrical Insulating Materials.

### 2. Test procedures

Test procedures for the thermal evaluation of insulation systems for electrical equipment should include descriptive remarks providing a clear understanding of the objectives of the particular tests with respect to the industry served and of the special requirements that exist.

The IEC Equipment Technical Committees should ensure that each test procedure:

- a) gives statistically consistent results;
- b) provides data free from bias of the tester;
- c) results in information that correlates with field experience in a generally acceptable manner;
- d) includes, if models are used, descriptions of these models (the equipment itself may be evaluated where feasible).

### 3. Test objects

Wherever practicable, the equipment itself should be used for the thermal evaluation of insulation systems. However, when size and convenience require their use, insulation systems may be evaluated by models rather than by full-size equipment. Models should be made to embody the essential

en vraie grandeur. Ces modèles seront construits de sorte qu'ils contiennent les éléments essentiels du matériel qu'ils représentent et le procédé de fabrication devra être aussi proche que possible de celui utilisé lors de la construction du matériel lui-même.

Un modèle peut comporter plus d'un composant de l'isolation ou plus d'une éprouvette. Les procédures d'essai devront spécifier le nombre minimal de modèles et d'éprouvettes qui doivent être essayés dans chaque condition particulière de vieillissement, afin d'obtenir une précision statistique raisonnable. Plus la dispersion des temps de rupture des éprouvettes exposées à chaque température est grande, plus le nombre d'éprouvettes requis pour obtenir un degré de confiance acceptable est élevé. Le nombre d'éprouvettes utilisées à chaque température d'exposition devrait donc être déterminé par une analyse statistique de la dispersion des temps de rupture et par le degré de précision désiré pour déterminer la durée de vie moyenne d'une éprouvette.

On ajoutera des essais préliminaires afin de s'assurer que les modèles sont représentatifs des systèmes en essai et sont capables de tenir aux essais de diagnostic avant le vieillissement.

#### 4. Vieillissement thermique

##### 4.1 Choix et réglage des températures

Les essais d'évaluation comportent le vieillissement thermique accéléré dans l'ambiance spécifiée avec des expositions aux facteurs de diagnostic, cycliques ou continues. Ces procédures d'essais de systèmes ont pour premier objectif de déterminer les variations des caractéristiques essentielles des systèmes d'isolation dans différentes conditions de vieillissement thermique, aussi bien continu que cyclique. Si l'exposition cyclique est utilisée, chaque cycle d'essai comportera une période d'exposition à la température. On effectuera le vieillissement thermique en exposant de façon continue ou cyclique des matériaux ou des modèles à des conditions de température contrôlées. Les températures d'exposition, les conditions et la durée de chaque cycle devront être spécifiées. Il est important de choisir des températures de vieillissement suffisamment élevées afin de donner des résultats utiles en un temps raisonnable. Cependant, les essais ne devront pas être accélérés à un point tel que les données doivent être extrapolées sur l'échelle des températures, à une distance telle que cela puisse conduire à une évaluation erronée ou non concluante du système d'isolation. Il est donc suggéré que pour tout système en évaluation, pas moins de trois températures soient étudiées, choisies dans un intervalle tel que des modifications possibles du mécanisme de vieillissement ne puissent rendre non valable l'extrapolation. La plus basse de ces températures ne devra pas dépasser de plus de 20 °C la température à laquelle les résultats seront extrapolés. Les autres températures devront être distantes d'intervalles de 20 °C ou plus. (Cependant, des intervalles de 10 °C peuvent être suffisants, en particulier là où plus de trois températures sont étudiées ou bien lorsqu'il est nécessaire d'effectuer les essais dans une gamme de températures limitée.) Un essai préliminaire peut être nécessaire pour s'assurer que la gamme d'essais est conforme au paragraphe 8c).

Les systèmes d'isolation du matériel en service fonctionnent sous des températures variées. Les conditions d'essai seront reliées à ces différentes températures, particulièrement lorsque les composants utilisés dans le système d'isolation ont des propriétés d'endurance thermique différentes. Le chauffage en étuve permet le contrôle et l'enregistrement les plus sûrs de l'exposition à la température, mais ne simule pas les conditions de service. Dans les cas où le gradient thermique est important, une méthode différente de chauffage peut être utilisée. Ceci peut créer des problèmes associés à la génération de chaleur, à la détermination et au réglage des températures. La précision de la régulation et l'uniformité de la température (si une étuve est utilisée) sont extrêmement importantes et seront soigneusement vérifiées. La procédure d'essai spécifiera la vitesse de chauffage et de refroidissement de l'échantillon pendant l'essai, la méthode de détermination de la température et les limites acceptables de variations de la température dans le temps et dans l'espace.

elements of the equipment they represent and the process used for making them should be as close as possible to that used for manufacturing the equipment.

A model may include more than one insulation component or test specimen. Test procedures should specify the minimum number of models and test specimens that are to be tested under each particular ageing condition to obtain reasonable statistical accuracy. The wider the spread in failure times among the specimens exposed at each temperature, the larger is the number of test specimens required to achieve an acceptable degree of confidence. The number of test specimens used at each exposure temperature should, therefore, be determined by a statistical analysis of the scatter in failure times and by the degree of accuracy desired in the determination of average specimen life.

Preliminary tests should be included to ensure that models are typical of the systems being tested and are capable of passing the diagnostic tests prior to the ageing.

#### 4. Thermal ageing

##### 4.1 *Choice and control of temperatures*

Evaluation tests involve accelerated thermal ageing in the specified ambient with exposures to diagnostic factors, either periodically or continuously. A primary objective of these systems' test procedures is the determination of changes in the essential characteristics of insulation systems under various degrees of thermal ageing, either continuous or cyclic. If cyclic exposure is used, each cycle shall include a temperature exposure period. The thermal ageing is accomplished by continuous or periodic exposure of equipment or models to controlled temperature conditions. The exposure temperatures, conditions and the length of each cycle shall be specified. It is important to select ageing temperatures sufficiently high to give useful results in a reasonable time. However, the tests should not be so greatly accelerated that the data need be extrapolated so far on the temperature scale as to lead to an erroneous or inconclusive evaluation of an insulation system. Therefore, it is suggested that any system being evaluated should have not less than three temperatures under study, chosen in an interval so that possible changes of the ageing mechanism may not invalidate the extrapolation. The lowest of these temperatures should not exceed by more than 20 °C the temperature to which the results will be extrapolated. The other temperatures should be separated by intervals of 20 °C or more. (However, 10 °C intervals may be suitable, especially where more than three temperatures are studied, or where it is necessary to carry out tests in a limited temperature range.) Preliminary testing may be necessary to ascertain that the test range conforms to Sub-clause 8c).

Insulation systems for equipment in service operate at various temperatures. The test conditions should relate to these various temperatures, especially when the components used in the insulation system have different thermal endurance properties. Oven heating provides the most consistent control and recording of temperature exposure, but does not simulate the service conditions. In cases where temperature gradient is important, a different method of heating may be used. This may create problems associated with the generation of heat and with the determination and control of temperatures. Accuracy of temperature control and uniformity of temperature (if an oven is used) are extremely important and should be carefully checked. The test procedure should specify the rate of heating and cooling of the specimen during test, and the method of temperature determination and tolerance limits for the variation of temperature in time and space.

#### 4.2 *Influence des matériaux associés et des produits de décomposition*

Les procédures d'essai tiendront compte de l'effet de dégradation possible des matériaux associés sur les systèmes d'isolation. De tels matériaux peuvent faire partie du système d'isolation ou de parties adjacentes de son support physique, du matériel lui-même, ou du milieu réfrigérant. La ventilation utilisée pendant le vieillissement des modèles ne devrait pas affecter de façon significative le mécanisme de vieillissement qui a lieu normalement en service. On devra tenir compte de l'élimination ou de la rétention des produits de décomposition.

#### 4.3 *Environnements*

On devra noter que, dans de nombreux types de matériels, des gaz ou des liquides font partie du système d'isolation et doivent être pris en considération par le Comité d'Etudes de Matériels lors de la mise au point des procédures d'essais.

Lorsque le matériel fonctionne sous différentes conditions atmosphériques plus sévères que l'air (par exemple, produits chimiques, poussières, liquides, gaz), les conditions d'essai simuleront les conditions de service lorsque ceci sera justifié. Donc, dans ces cas spéciaux, une exposition à un environnement pourra être incluse dans la procédure d'essai. Cependant, on peut noter que les résultats du vieillissement thermique sous deux conditions différentes d'environnement ne sont pas directement comparables.

### 5. Choix du mode de vieillissement: essai cyclique ou continu

Une des procédures utilisées habituellement lors d'un vieillissement thermique consiste à exposer les éprouvettes pendant une période donnée aux conditions de température. Après exposition à la température, les éprouvettes sont ensuite soumises aux facteurs de diagnostic. L'exposition à la température et aux facteurs de diagnostic constituent un cycle et est répétée jusqu'à ce que le critère de fin de vie soit atteint. Cependant, le vieillissement thermique est parfois effectué de façon continue avec application périodique des facteurs de diagnostic. Le tableau I, page 14, est un exemple qui illustre la façon dont une procédure cyclique peut être utilisée.

Lorsque l'essai cyclique est utilisé, on devrait établir une relation rationnelle entre la durée du cycle, la température d'exposition et la température de fonctionnement attendue. Il est recommandé de choisir une durée de cycle de vieillissement, à chaque température d'exposition, qui soit approximativement  $1/10^{\text{e}}$  de la durée de vie moyenne d'une éprouvette pour cet essai. On peut établir des valeurs de cycle de vieillissement thermique pour un matériel particulier. La durée ou la température peuvent être réglées pour une utilisation optimale des installations d'essai.

### 6. Facteurs de diagnostic

Lorsque des essais fonctionnels sont effectués sur des systèmes d'isolation, d'autres contraintes électriques, mécaniques et climatiques sont fréquemment utilisées comme facteurs de diagnostic afin de déterminer les fins de vie. Pour de plus amples informations, on pourra se reporter au tableau I de la Publication 610 de la CEI: Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électriques: mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic, particulièrement aux essais non destructifs. Le Comité d'Etudes de Matériels spécifiera la séquence là où cela est nécessaire.

#### 6.1 *Humidification*

L'humidification à différents degrés, n'entraînant pas de modifications irréversibles, peut être utilisée comme facteur de diagnostic pour rendre les essais électriques plus sensibles aux dégradations physiques et thermiques subies par les systèmes d'isolation électrique (voir la Publication 68 de la

#### 4.2 *Influence of associated materials and products of decomposition*

Test procedures should take cognizance of the possible degrading effect of associated materials on insulation systems. Such materials may be part of the insulation system or adjacent parts in its physical support, in the equipment itself, or in the cooling medium. The ventilation used during the ageing of models should not significantly affect the ageing mechanism normally experienced in service. Consideration should be given to the removal or retention of decomposition products.

#### 4.3 *Environments*

It should be noted that, in many types of equipment, gases or liquids are part of the insulation system and must be considered by the Equipment Technical Committee in developing test procedures.

Where equipment operates under different atmospheric conditions more severe than air (e.g. chemical, dust, liquid, gas), the test conditions should simulate the service conditions when relevant. Thus, in these special cases, environmental conditioning may be included in the test procedure. However, it should be noted that the thermal ageing results under two different environmental conditions are not directly comparable.

### 5. Choice of ageing mode: cyclic or continuous

One of the commonly used procedures of thermal ageing is to expose the specimens for a given period of time to the temperature conditions. After exposure to temperature, the specimens are then subjected to diagnostic factors. The temperature-diagnostic factor exposure is referred to as a cycle and is repeated until the end point is reached. However, thermal ageing is sometimes applied continuously, and the diagnostic factors are applied periodically. Table I, page 15, is an illustrative example of how cyclic procedure may be used.

When cyclic testing is used, there should be a rational relation between length of cycle, exposure temperature and expected operating temperature. It is recommended that the length of the ageing cycle at each exposure temperature be selected to approximate one-tenth of the average specimen life for this test. Values of thermal ageing cycles may be established for specific equipment. The time or temperature may be adjusted to make the best use of test facilities.

### 6. Diagnostic factors

When making functional tests of insulation systems, other stresses, such as electrical, mechanical, and environmental are frequently used as diagnostic factors to determine end points. For further information on this point, see Table I of IEC Publication 610, Principal Aspects of Functional Evaluation of Electrical Insulation Systems: Ageing Mechanisms and Diagnostic Procedures, particularly non-destructive testing. The Equipment Technical Committee should specify the sequence where necessary.

#### 6.1 *Humidification*

Humidification in varying degrees, not causing irreversible changes, can be used as a diagnostic factor to make electric tests more discerning of physical and thermal damage to electrical insulation systems (see IEC Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures). The presence of

CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique). La présence d'humidité condensée sur l'isolation permet aux surtensions de chercher et de mettre en évidence des fissures et des porosités dans l'isolation, que ces ouvertures soient le résultat d'une construction défectueuse, d'une dégradation physique ou d'un vieillissement thermique.

Dans certains cas, l'humidité est reconnue comme étant une cause principale de variation des propriétés de l'isolation électrique, et peut entraîner plusieurs types différents de défauts d'isolation, sous contrainte électrique. L'absorption d'humidité par une isolation solide a un effet graduel d'accroissement des pertes diélectriques, de réduction de la résistance d'isolement et peut aussi contribuer à modifier la rigidité diélectrique.

Dans certains cas, il est souhaitable d'utiliser une humidité relative de 100% pour une exposition périodique à l'humidité. La présence ou l'absence de condensation devra être précisée. Dans d'autres cas, des degrés moindres d'humidification peuvent être employés avec succès. Lorsqu'un Comité d'Etudes de Matériels concerné choisit l'humidification comme facteur de diagnostic, la durée d'exposition, la température, l'humidité relative et les différences de température entre l'isolation et l'environnement devront être spécifiées. Si l'essai ne peut être effectué lorsque l'éprouvette est soumise à l'humidification, des prescriptions seront données quant à la durée maximale entre la fin de l'humidification et l'essai.

#### 6.2 *Contrainte mécanique*

Pour le matériel habituellement soumis aux vibrations, aux chocs physiques, aux cycles thermiques ou autres contraintes mécaniques, la procédure d'essai peut comprendre l'exposition à de telles conditions comme facteur de diagnostic. La contrainte mécanique sera d'une amplitude telle qu'elle sera seulement un facteur de diagnostic et donc qu'elle n'introduira pas en plus un vieillissement significatif. Pour les modèles aussi bien que pour certains types de matériels, la façon la plus pratique d'introduire une contrainte mécanique est d'utiliser les vibrations, les chocs ou les courts-circuits. Le type, la sévérité et la durée des contraintes seront spécifiés.

*Note.* — La contrainte mécanique en tant que facteur de vieillissement sera traitée dans d'autres publications actuellement à l'étude.

#### 6.3 *Contrainte électrique*

Lorsque la contrainte électrique est utilisée comme facteur de diagnostic, la tension d'essai est habituellement choisie à un niveau semblable à celui qui est utilisé en service normal ou lors d'essais de maintenance du matériel, afin de connaître le moment où une partie quelconque du système d'isolation a été suffisamment détériorée pour ne plus être fiable en service continu. L'essai en tension ne sera pas trop long afin de ne pas introduire de vieillissement supplémentaire.

*Note.* — La contrainte électrique en tant que facteur de vieillissement sera traitée dans d'autres publications actuellement à l'étude.

### 7. Critères de fin de vie

Chaque procédure d'essai devra décrire de façon spécifique les différents critères de détermination du point de fin de vie. Le critère de fin de vie choisi sera relié à l'aptitude au service. La durée de vie d'un spécimen de système d'isolation à la température d'essai, est définie comme étant la durée totale d'exposition à la température d'essai moins la moitié du temps d'exposition au cycle durant lequel la rupture apparaît. Normalement, les cycles d'exposition à la température et l'application de facteurs de diagnostic sont répétés jusqu'à ce que tous les échantillons soient détruits.

condensed moisture on insulation permits overvoltages to seek out and discern cracks and porosities in insulation, whether such openings are the result of faulty construction, physical damage or thermal ageing.

Humidity, in some cases, is recognized as a major cause of variation in the properties of electrical insulation, and it may cause several different types of insulation failure under electrical stress. The absorption of moisture by solid insulation has a gradual effect of increasing dielectric loss, reducing insulation resistance, and may also contribute to a change in electric strength.

In some cases, it is desirable to use 100% relative humidity for periodic moisture exposure. Condensation, its presence or absence, should be specified. In other cases, lesser degrees of humidification may be employed successfully. When a relevant Equipment Technical Committee selects humidification as a diagnostic factor, time of exposure, temperature, relative humidity and temperature difference between insulation and environment should be specified. If the testing cannot be performed while the specimen is exposed to humidification, specifications should also be made of the maximum time between removal from humidification and testing.

#### 6.2 *Mechanical stress*

For equipment usually subjected to vibration, physical shock, thermal cycling or other mechanical stress, the test procedure may include exposure to such conditions as a diagnostic factor. The mechanical stress should be of such magnitude that it is only a diagnostic factor, and therefore does not introduce significant additional ageing. For models, as well as some types of equipment, the most practical way of introducing mechanical stress is by means of vibration, shock or short circuit. The type, severity and duration of the forces should be specified.

*Note.* — Mechanical stress is being dealt with as an ageing factor in other documents now under consideration.

#### 6.3 *Electrical stress*

When electrical stress is used as a diagnostic factor, the test voltage is usually selected to be of a level similar to that used in normal acceptance or maintenance testing of the equipment so as to ascertain when any portion of the insulation system has deteriorated to a condition such that it is unreliable for continuous service. The voltage test should not be of such duration as to introduce additional ageing.

*Note.* — Electrical stress is being dealt with as an ageing factor in other documents now under consideration.

### 7. *End-point criteria*

Each test procedure should be specific in describing the various criteria for the determination of end point. The selected end point should be related to serviceability. The life, at test temperature, of an insulation system specimen is defined as the total test temperature exposure time minus one-half of the exposure time of the cycle during which failure occurred. Normally, the cycles of temperature exposure and application of diagnostic factors are repeated until all the specimens have failed.

## 8. Interprétation des données d'endurance thermique

La méthode d'analyse et de transcription des données sera décrite en détail dans la procédure d'essai.

Lorsque les systèmes d'isolation sont essayés selon une procédure d'essai, il est important pour des raisons d'uniformité que la procédure d'essai spécifie les points suivants:

- a) Gamme de températures dans laquelle les valeurs d'endurance des systèmes d'isolation peuvent être extrapolées. Cette extrapolation sera limitée. Lorsque les données sont utilisées pour évaluer l'endurance thermique dans les conditions de service, il est recommandé que l'extrapolation, à partir de la température d'exposition la plus basse, ne soit pas supérieure à 20 °C.
- b) Traitement mathématique des données, incluant les expressions des limites de confiance. On peut trouver un traitement des données de ce type dans la Publication 493-1 de la CEI: Guide pour l'analyse statistique de données d'essais de vieillissement, Première partie: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués.
- c) Limitations supplémentaires concernant l'extrapolation et la dispersion des données, dans le cas d'une courbe d'endurance thermique non linéaire, même après transformation mathématique fondée sur des considérations chimiques ou physiques (par exemple relation d'Arrhenius).
- d) Valeurs de temps ou de température à prendre sur la courbe d'endurance thermique pour comparer les systèmes d'isolation.

TABLEAU I  
*Exemple de températures d'exposition et de durées de cycles*

	Gamme présumée de températures de service (°C)						Durée de l'exposition à la température par cycle (jours)
	80 104	105 129	130 154	155 179	180 204	205 229	
Température d'exposition (°C)	155	180	200	230	255	280	1
145	170	195	220	245	270		2
135	160	185	210	235	260		4
125	150	175	200	225	250		8
115	140	165	190	215	240		16
105	130	155	180	205	230		32
95	120	145	170	195	220		64

Notes 1. — Ce tableau est considéré simplement comme *un exemple* et d'autres tableaux sont utilisés. Le Comité d'Etudes de Matériels concerné pourra choisir des gammes d'essais, des températures d'exposition et des durées de cycles adaptées aux problèmes spécifiques de ses matériaux. Il peut être commode, par exemple, de remplacer la gamme de températures par une température limite particulière, ou de noter la durée par cycle en multiples de semaines, ou bien de régler la température de vieillissement à la convenance du laboratoire.

2. — La fin de vie d'une isolation est supposée apparaître au milieu de la durée d'exposition, entre deux applications successives des facteurs de diagnostic: la dernière application sans rupture des facteurs de diagnostic et celle durant laquelle la rupture a été observée. Voir l'article 7.