

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61857-1

Deuxième édition
Second edition
2004-11

**Systèmes d'isolation électrique –
Procédures d'évaluation thermique –**

**Partie 1:
Exigences générales – Basse tension**

**Electrical insulation systems –
Procedures for thermal evaluation –**

**Part 1:
General requirements – Low-voltage**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61857-1:2004

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61857-1

Deuxième édition
Second edition
2004-11

**Systèmes d'isolation électrique –
Procédures d'évaluation thermique –**

**Partie 1:
Exigences générales – Basse tension**

**Electrical insulation systems –
Procedures for thermal evaluation –**

**Part 1:
General requirements – Low-voltage**

© IEC 2004 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION.....	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	10
4 Informations générales	14
4.1 Vue d'ensemble de la procédure d'essai	14
4.2 Base de l'évaluation et de la qualification	14
4.3 Exigences particulières	14
5 Echantillons	16
5.1 Généralités	16
5.2 Description	16
5.3 Nombre d'échantillons	16
6 Procédures d'essai	18
6.1 Généralités	18
6.2 Essais de vérification préliminaire	18
6.3 Vieillessement thermique	18
6.4 Contraintes mécaniques de prédiagnostic	22
6.5 Autre conditionnement de prédiagnostic	22
6.6 Exposition à l'humidité	22
6.7 Essais de diagnostic diélectrique	22
6.8 Autres essais de diagnostic	24
7 Analyse, compte rendu et classification	24
7.1 Critère de fin de vie	24
7.2 Méthode de détermination de la durée de vie	24
7.3 Extrapolation des données	26
7.4 Compte rendu des résultats	26
Bibliographie.....	32
Figure 1 – Diagramme d'Arrhenius pour la comparaison d'un système candidat C avec un système de référence R.....	30
Tableau 1 – Températures et durées de vieillissement proposées.....	18
Tableau 2 – Evaluation de la classe thermique	26

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	11
4 General information	15
4.1 Overview of test procedure	15
4.2 Basis of evaluation and qualification	15
4.3 Specific requirements	15
5 Test objects.....	17
5.1 General.....	17
5.2 Description	17
5.3 Number of test objects.....	17
6 Test procedures.....	19
6.1 General.....	19
6.2 Initial screening tests	19
6.3 Thermal ageing	19
6.4 Prediagnostic mechanical stress.....	23
6.5 Other prediagnostic conditioning	23
6.6 Moisture exposure.....	23
6.7 Dielectric diagnostic tests	23
6.8 Other diagnostic tests.....	25
7 Analyzing, reporting, and classification.....	25
7.1 End-point criterion	25
7.2 Method of determining life.....	25
7.3 Extrapolation of data.....	27
7.4 Report of results.....	27
Bibliography.....	33
Figure 1 – Arrhenius graph for comparing a candidate system C with a reference system R.....	31
Table 1 – Suggested ageing temperatures and ageing periods.....	19
Table 2 – Thermal class assignment	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE – PROCÉDURES D'ÉVALUATION THERMIQUE –

Partie 1: Exigences générales – Basse tension

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61857-1 a été établie par le comité d'études 98 de la CEI: Systèmes d'isolation électrique (SIE).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1998, et constitue une révision technique qui rend la présente norme fondamentale compatible avec les parties 21 et 22.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
98/222/FDIS	98/228/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS –
PROCEDURES FOR THERMAL EVALUATION –****Part 1: General requirements – Low-voltage****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61857-1 has been prepared by IEC technical committee 98: Electrical insulation systems (EIS).

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998, and constitutes a technical revision to make this basic standard compatible with parts 21 and 22.

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

FDIS	Report on voting
98/222/FDIS	98/228/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La CEI 61857 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Systèmes d'isolation électrique – Procédures d'évaluation thermique*

- Partie 1: Exigences générales – Basse tension
- Partie 21: Exigences particulières pour le modèle d'usage général – Applications aux enroulements à fil
- Partie 22: Exigences particulières pour modèle de bobine encapsulée – Système d'isolation électrique (SIE) à enroulements à fil
- Partie 23: Exigences particulières pour le modèle d'usage général à chemin haut – Système d'isolation électrique (SIE) à enroulements à fil
- Partie 31: Procédures d'évaluation thermique de courte durée¹

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

¹ Cette partie est actuellement au stade de Committee Draft.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

IEC 61857 consists of the following parts, under the general title *Electrical insulation systems – Procedures for thermal evaluation*

- Part 1: General requirements – Low-voltage
- Part 21: Specific requirements for general-purpose model – Wire-wound applications
- Part 22: Specific requirements for encapsulated-coil model – Wire-wound electrical insulation system (EIS)
- Part 23: Specific requirements for general-purpose, tall-channel model – Wire-wound electrical insulation system (EIS)
- Part 31: Procedures for short time thermal evaluation¹

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

¹ This part is currently at the Committee Draft stage.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale établit une procédure d'essai normalisée pour évaluer par comparaison l'espérance de vie des systèmes d'isolation électrique (SIE) conformément à la CEI 60505.

Un système d'isolation électrique contient plusieurs composants différents choisis pour supporter des contraintes électriques, mécaniques et thermiques diverses se produisant dans les différentes parties constitutives de la structure d'un produit électrotechnique. La durée de vie utile d'un système d'isolation électrique dépend de la disposition de ses composants individuels, de leurs interactions les uns avec les autres, et de la contribution de chaque composant à l'intégrité électrique et mécanique du système d'isolation électrique. Par conséquent, il est impossible de spécifier une éprouvette pour représenter tous les produits électrotechniques. Il incombe aux comités d'études responsables du matériel de définir les éprouvettes et l'application de cette procédure d'essai satisfaisant à leurs besoins particuliers. Il est prévu que ce travail soit effectué conjointement par plusieurs comités d'études de la CEI responsables du développement d'une série de parties, chacune visant à définir une éprouvette et/ou une application particulière.

Cette procédure permet uniquement des comparaisons approximatives et ne peut pas être considérée comme totalement fiable pour déterminer les mérites d'un quelconque système d'isolation électrique particulier. De telles informations peuvent uniquement être obtenues à partir d'une longue expérience en service.

INTRODUCTION

This International Standard establishes a standardized test procedure for estimating by comparison the life expectancy of electrical insulation systems (EIS) in accordance with IEC 60505.

An EIS contains many different components selected to withstand the varying electrical, mechanical, and thermal stresses occurring in the different parts of the structure of an electrotechnical product. The useful life of an EIS depends upon the way that its individual components are arranged, their interactions upon each other, and the contribution of each component to the electrical and mechanical integrity of the EIS. Therefore, it is impossible to specify one test object to represent all electrotechnical products. It is incumbent upon the IEC equipment technical committees to address the test objects and application of this test procedure that will meet their specific needs. This work is intended to proceed by horizontal committee activity between this technical committee and other IEC technical committees to develop a series of parts, each part to address a specific test object and/or application.

This procedure permits approximate comparisons only, and cannot be relied upon to completely determine the merits of any particular EIS. Such information can be obtained only from extended service experience.

SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE – PROCÉDURES D'ÉVALUATION THERMIQUE –

Partie 1: Exigences générales – Basse tension

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61857 spécifie une procédure d'essai générale pour une évaluation thermique et une qualification des systèmes d'isolation électriques (SIE) et établit une procédure comparant la qualité de fonctionnement d'un système d'isolation électrique candidat à celle d'un système d'isolation électrique de référence.

Cette norme fondamentale s'applique aux systèmes d'isolation électriques existants ou proposés, utilisés dans les produits électrotechniques dont la tension d'entrée monte jusqu'à 1 000 V pour lesquels le facteur thermique est le facteur de vieillissement prépondérant.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60216-4-1, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Partie 4: Etuves de vieillissement – Section 1: Etuves à une seule chambre*

CEI 60216-5, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

CEI 60493-1, *Guide pour l'analyse statistique de données d'essai de vieillissement – Partie 1: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essai normalement distribués*

CEI 60505, *Évaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions donnés dans la CEI 60505 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

système d'isolation électrique

SIE

structure isolante contenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques (MIE) en même temps que les parties conductrices associées utilisées dans un dispositif électrotechnique

[CEI 60505, 3.1.1]

NOTE Les matériaux isolants électriques ayant des indices de température différents (ATE/RTE conformément à la CEI 60216-5) peuvent être combinés pour former un système d'isolation électrique ayant une classe thermique pouvant être plus élevée ou plus basse que celle de n'importe lequel des composants individuels, conformément à la CEI 60505.

ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS – PROCEDURES FOR THERMAL EVALUATION –

Part 1: General requirements – Low voltage

1 Scope

This part of IEC 61857 specifies a general test procedure for the thermal evaluation and qualification of electrical insulation systems (EIS) and establishes a procedure that compares the performance of a candidate EIS to that of a reference EIS.

This basic standard is applicable to existing or proposed EIS used in electrotechnical products with an input voltage of up to 1 000 V where the thermal factor is the dominating ageing factor.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60216-4-1, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 4: Ageing ovens – Section 1: Single chamber ovens*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material*

IEC 60493-1, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*

IEC 60505, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60505 as well as the following definitions apply.

3.1

electrical insulation system

EIS

insulating structure containing one or more electrical insulating materials (EIM) together with associated conducting parts employed in an electrotechnical device

[IEC 60505, 3.1.1]

NOTE EIMs with different temperature indices (ATE/RTE according to IEC 60216-5) may be combined to form an EIS which has a thermal class that may be higher or lower than that of any of the individual components according to IEC 60505.

3.2

système d'isolation électrique candidat

système d'isolation électrique en évaluation pour déterminer son aptitude (thermique) en service

3.3

système d'isolation électrique de référence

système d'isolation électrique évalué et déterminé soit par l'enregistrement d'une expérience en service connue soit sur la base d'une évaluation fonctionnelle comparative connue

3.4

classe thermique

dénomination se rapportant à un SIE qui est égale à la valeur numérique de la température maximale d'utilisation exprimée en degrés Celsius (°C) pour laquelle le SIE est approprié (voir la CEI 62114)

NOTE Le SIE peut être soumis à des températures de fonctionnement dépassant sa classe thermique, ce qui peut entraîner la diminution de la durée de vie escomptée.

3.5

indice d'endurance thermique évaluée d'un système d'isolation électrique

EIS ATE

valeur numérique de température, en degrés Celsius, du SIE de référence et déduit de l'expérience en service connue ou de l'évaluation fonctionnelle comparative connue

3.6

indice relatif d'endurance thermique d'un système d'isolation électrique

EIS RTE

valeur numérique de la température exprimée en degrés Celsius pour le système d'isolation électrique candidat obtenue à partir de l'EIS ATE connu d'un système d'isolation électrique de référence, lorsque les deux systèmes d'isolation électriques sont soumis au même processus de vieillissement et de diagnostic, dans un essai comparatif

3.7

éprouvette

morceau du matériel d'origine, représentation d'un matériel (modèle), composant ou partie constitutive d'un matériel, y compris le système d'isolation électrique, prévu pour être utilisé dans un essai fonctionnel

3.8

facteur de vieillissement thermique

contrainte thermique pouvant provoquer des variations irréversibles des propriétés d'un système d'isolation électrique

3.9

conditionnement

traitement pouvant être appliqué pendant une durée spécifiée afin d'établir des conditions de base

3.10

conditionnement de prédiagnostic

contrainte variable ou fixe pouvant être appliquée en permanence ou périodiquement à un système d'isolation électrique pour augmenter son aptitude à détecter son vieillissement

NOTE Le conditionnement de prédiagnostic peut engendrer un vieillissement supplémentaire.

3.11

essai de diagnostic

application périodique d'un niveau spécifié de facteur de diagnostic à une éprouvette pour déterminer si le critère de fin de vie a été atteint ou quand ce dernier a été atteint

3.2**candidate EIS**

EIS under evaluation to determine its service capability (thermal)

3.3**reference EIS**

evaluated and established EIS with either a known service experience record or a known comparative functional evaluation as a basis

3.4**thermal class**

designation of an EIS that is equal to the numerical value of the maximum use temperature in degrees Celsius (°C) for which the EIS is appropriate (see IEC 62114)

NOTE The EIS may be subjected to operating temperatures exceeding its thermal class which can result in shorter expected life.

3.5**EIS assessed thermal endurance index****EIS ATE**

numerical value of temperature in degrees Celsius for the reference EIS as derived from known service experience or a known comparative functional evaluation

3.6**EIS relative thermal endurance index****EIS RTE**

numerical value of the temperature in degrees Celsius for the candidate EIS which is relative to the known EIS ATE of a reference EIS, when both EIS are subjected to the same ageing and diagnostic procedures in a comparative test

3.7**test object**

piece of the original equipment, representation (model) of equipment or component or part of equipment, including the EIS, intended for use in a functional test

3.8**thermal ageing factor**

thermal stress that causes irreversible changes of the properties of an EIS

3.9**conditioning**

treatment which can be applied for a specified duration to establish base-line conditions

3.10**prediagnostic conditioning**

variable or fixed stress, which can be applied continuously or periodically to an EIS to enhance the ability to detect the degree of ageing

NOTE Prediagnostic conditioning may cause additional ageing.

3.11**diagnostic test**

periodic application of a specified level of a diagnostic factor to a test object to determine whether or when the end-point criterion has been reached

3.12

critère de fin de vie

valeur choisie pour une propriété ou pour la modification d'une propriété définissant la fin de vie d'une éprouvette dans un essai fonctionnel

3.13

fin de vie

fin de la durée de vie d'une éprouvette telle que déterminée par sa correspondance avec le critère de fin de vie

4 Informations générales

4.1 Vue d'ensemble de la procédure d'essai

La procédure d'essai pour le vieillissement thermique est basée sur le fait que le vieillissement thermique de la plupart des matériaux est accéléré si la température s'élève, et que souvent le degré d'accélération obéit à la loi d'Arrhénius relative aux taux de réaction chimique. A partir de cette relation, il est possible d'utiliser une extrapolation acceptable des résultats d'essai du vieillissement pour déterminer la qualité de fonctionnement thermique prévisible du système d'isolation électrique candidat. Les essais thermiques accélérés nécessitent la vérification d'un mécanisme de vieillissement identique ou équivalent comparé pour des conditions de fonctionnement en service.

Les éprouvettes constituées du système d'isolation électrique candidat sont exposées à des cycles de vieillissement thermique pour des températures choisies. Chaque cycle est composé d'une durée d'exposition particulière à température élevée et d'un sous-cycle d'exposition à un conditionnement de prédiagnostic et à des essais de diagnostic. Le conditionnement de prédiagnostic peut être constitué de contraintes mécaniques, de chocs au froid et d'expositions à l'humidité. Un essai de diagnostic diélectrique est utilisé pour déterminer la durée de vie d'essai. Un système d'isolation électrique de référence est essayé en utilisant la même procédure d'essai. Pour chaque température de vieillissement, la durée de vie d'essai du système d'isolation électrique est déterminée. A partir des valeurs de cet essai de durée de vie, la classe thermique du système d'isolation électrique candidat est estimée par rapport à la qualité de fonctionnement du système d'isolation électrique de référence selon sa classe thermique.

4.2 Base de l'évaluation et de la qualification

L'essai fonctionnel et l'évaluation, en conformité avec cette procédure d'essai, doivent être réalisés sur la base de comparaisons, en utilisant un système d'isolation électrique évalué, utilisé comme référence et qui est essayé avec le système d'isolation électrique candidat de manière équivalente.

Si les classes thermiques des systèmes d'isolation électriques candidats et de référence diffèrent, des températures de vieillissement appropriées à chaque système sont alors utilisées pour chacun d'eux.

4.3 Exigences particulières

Une série de parties sera développée, chacune traitant d'une éprouvette particulière et/ou d'une application ainsi que d'une procédure d'essai².

Les éprouvettes sont uniques pour chaque partie car l'essai de produits électrotechniques particuliers, ou de parties représentatives de ceux-ci, peut produire des résultats qui ne s'appliquent pas à d'autres produits électrotechniques.

² Il est prévu de faire effectuer ce travail conjointement par plusieurs comités responsables de matériels de la CEI.

3.12**end-point criterion**

selected value of either a property or change of property that defines the end-of a test object's life in a functional test

3.13**end-of-life**

end of a test object's life as determined by meeting its end-point criterion

4 General information**4.1 Overview of test procedure**

This thermal ageing test procedure is based on the fact that for most materials thermal ageing is accelerated when temperature is raised, and that often the degree of acceleration obeys the Arrhenius law on chemical reaction rates. Based on this relationship, acceptable extrapolation of the ageing test results may be used to determine the anticipated thermal performance of the candidate EIS. Accelerated thermal testing requires the verification of an identical or equivalent ageing mechanism compared under operating service conditions.

Test objects consisting of the candidate EIS are exposed to thermal ageing cycles at selected temperatures. Each cycle consists of a specific time exposure at elevated temperature and a subcycle of exposure to prediagnostic conditioning and diagnostic tests. Prediagnostic conditioning may include mechanical stress, cold shock and moisture exposure. A dielectric diagnostic test is used to determine test life. A reference EIS is tested using the same test procedure. At each ageing temperature, the test life of the EIS is determined. Based on these test life values, the thermal class of the candidate EIS is estimated relative to the performance of the reference EIS in its thermal class.

4.2 Basis of evaluation and qualification

The functional testing and evaluation according to this test procedure shall be made on a comparative basis, using an established EIS as a reference which is tested with the candidate EIS in equivalent fashion.

If the thermal classes for the candidate and reference EIS differ, then appropriate ageing temperatures are used for each.

4.3 Specific requirements

A series of parts will be developed with each part addressing a specific test object and/or application and test procedure².

Test objects are unique to each part because testing of specific electrotechnical products, or representations thereof, may yield results that are not applicable to other electrotechnical products.

² This work is intended to proceed by horizontal committee activity with other IEC technical committees responsible for equipment.

Des produits électrotechniques différents peuvent également nécessiter d'autres méthodes de vieillissement thermique et/ou d'autres essais de diagnostic en raison de considérations de conception et/ou d'exigences d'utilisation finale.

Chaque partie doit spécifier les points suivants:

- domaine d'application: produits électrotechniques que cette éprouvette représente;
- construction de l'éprouvette (5.2);
- nombre d'éprouvettes nécessaires (5.3);
- procédures d'essai: exigences et moyens d'essai particuliers pour
 - un essai de diagnostic diélectrique préliminaire (6.7.1);
 - des contraintes mécaniques de prédiagnostic (6.4);
 - d'autres conditionnements de prédiagnostic, selon ce qui est demandé (6.5);
 - une exposition à l'humidité (6.6);
 - des essais de diagnostic diélectriques (6.7.2), ou d'autres essais de diagnostic (6.8), et le critère de fin de vie;
 - le vieillissement thermique: les moyens de chauffage, s'il ne s'agit pas d'étuves.

5 Eprouvettes

5.1 Généralités

Les éprouvettes peuvent être des produits électrotechniques réels, des composants de ceux-ci, ou des modèles non fonctionnels représentant les produits. Il convient que les composants et les modèles non fonctionnels contiennent tous les éléments essentiels du système d'isolation électrique utilisé dans le produit électrotechnique. Des éprouvettes identiques doivent être utilisées comme système d'isolation électrique de référence et comme système d'isolation électrique candidat.

5.2 Description

Les éprouvettes particulières sont à décrire dans chaque partie³. Les épaisseurs d'isolant, les lignes de fuites, et les protections contre les décharges là où elles sont nécessaires doivent être adaptées à la tension maximale assignée envisagée et aux normes de matériel en usage.

Il est possible de trouver dans la partie correspondante des types particuliers d'éprouvettes non fonctionnelles et d'autres procédures d'essai pour les produits électrotechniques particuliers ayant été utilisés avec succès.

Les éprouvettes doivent être soumises au contrôle de la qualité normalement retenu ou envisagé pour la production.

5.3 Nombre d'éprouvettes

Le nombre d'éprouvettes (représentatif du système d'isolation électrique par groupe), pour chaque température de vieillissement, ne doit pas être inférieur à cinq.

NOTE Un nombre minimal de cinq éprouvettes est nécessaire pour obtenir une bonne moyenne statistique pour l'analyse de la fin de vie du système d'isolation électrique à l'étude.

Le nombre réel d'éprouvettes doit être spécifié dans la partie correspondante.

³ Les comités d'études responsables de matériels peuvent utiliser cette procédure d'essai pour l'évaluation de systèmes d'isolation électriques candidats destinés à des produits électrotechniques particuliers, ou à une utilisation générale, en utilisant un modèle non fonctionnel approprié.

Different electrotechnical products may also require alternative methods of thermal ageing and/or diagnostic tests due to design considerations or end-use requirements.

Each part shall specify the following:

- scope: electrotechnical products that this test object represents;
- construction of the test object (5.2);
- number of test objects required (5.3);
- test procedures: specific requirements and means of testing for
 - initial dielectric diagnostic test (6.7.1);
 - prediagnostic mechanical stress (6.4);
 - other prediagnostic conditioning, as required (6.5);
 - moisture exposure (6.6);
 - dielectric diagnostic test (6.7.2), or other diagnostic test (6.8), and the end-point criterion;
 - thermal ageing: the means of heating, if other than ovens.

5 Test objects

5.1 General

Test objects may be actual electrotechnical products, components thereof, or non-functional models representing the products. Components and non-functional models should embody all the essential elements of the EIS used in the electrotechnical product. Identical test objects shall be used for the reference and candidate EIS.

5.2 Description

Specific test objects are to be described in each part³. Insulation thickness, creepage distances and discharge protection where required shall be appropriate for the intended maximum rated voltage and equipment standards in practice.

Particular types of non-functional test objects and alternative test procedures for specific electrotechnical products that have been used successfully may be found in the applicable part.

Test objects shall be subjected to the quality control of the normal or intended production process.

5.3 Number of test objects

The number of test objects (representative of the EIS) in a group for each ageing temperature shall not be less than five.

NOTE A minimum of five test objects is required to obtain a good statistical average for the end-point analysis of the EIS under consideration.

The actual number of test objects shall be specified in the applicable part.

³ The technical committees responsible for equipment may use this test procedure to evaluate the candidate EIS for specific electrotechnical products, or for general purposes through use of an appropriate non-functional model.

6 Procédures d'essai

6.1 Généralités

Toutes les éprouvettes doivent être soumises à l'essai de vérification préliminaire, suivi de cycles d'essai d'endurance thermiques répétés, dans l'ordre suivant:

- un sous-cycle de vieillissement thermique;
- un sous-cycle de contraintes mécaniques de prédiagnostic, d'autres exigences de prédiagnostic, et d'exposition à l'humidité, dans cet ordre;
- un essai de diagnostic diélectrique, ou d'autres essais de diagnostic.

Il est reconnu que, selon les possibilités d'essai disponibles, le type de matériel utilisé et d'autres facteurs, de légères variations dans les méthodes d'exposition des éprouvettes peuvent être nécessaires. Quand deux systèmes d'isolation électriques quelconques sont comparés, il est très important que les deux éprouvettes soient soumises à des expositions identiques et de même pour les autres conditions d'essai. Sauf spécification contraire, le conditionnement de prédiagnostic et les essais de diagnostic doivent être réalisés à température ambiante (25 ± 5) °C, et (50 ± 10) % d'humidité relative.

6.2 Essais de vérification préliminaire

A l'occasion du premier sous-cycle de vieillissement et avant de les exposer à une température élevée, toutes les éprouvettes doivent être soumises à un contrôle visuel et à des essais de vérification préliminaire afin d'éliminer les éprouvettes défectueuses. Les essais de vérification préliminaire doivent comporter les étapes suivantes qui doivent être conduites dans l'ordre indiqué:

- essai de diagnostic diélectrique préliminaire (pour les détails, voir 6.7.1);
- contrainte mécanique de prédiagnostic (pour les détails, voir 6.4);
- autres conditionnements de prédiagnostic, selon ce qui est demandé (pour les détails, voir 6.5);
- exposition à l'humidité (pour les détails, voir 6.6);
- essai de diagnostic diélectrique (voir 6.7.2) ou autres essais de diagnostic (voir 6.8).

6.3 Vieillissement thermique

6.3.1 Généralités

La partie relative au vieillissement thermique du cycle doit être conduite au minimum avec trois températures de vieillissement différentes. Une plus grande précision peut être obtenue si les essais sont réalisés à plus de trois températures. Des températures d'essai supplémentaires peuvent être nécessaires pour satisfaire au critère indiqué plus loin en 6.3.2.

Les températures de vieillissement et la durée d'exposition à chaque température sont choisies de façon à atteindre la durée de vie moyenne en essai en 5 à 10 cycles, pour chaque ensemble d'éprouvettes. Les températures de vieillissement proposées et les durées de vieillissement sont données dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 – Températures et durées de vieillissement proposées

Durée de vieillissement par cycle h	Température de vieillissement pour les systèmes d'isolation électrique avec la classe thermique supposée								
	°C								
	90	105	120	130	155	180	200	220	250
504 à 840	105	120	135	145	170	195	215	235	265
48 à 336	120	135	150	160	185	215	235	255	285
24 à 72	135	150	165	175	200	235	255	275	305

6 Test procedures

6.1 General

All test objects shall be subjected to initial screening tests followed by repeated thermal endurance test cycles in the following order:

- a thermal ageing subcycle;
- a subcycle of prediagnostic mechanical stress, other prediagnostic requirements and moisture exposure, in that order;
- a dielectric diagnostic test, or other diagnostic test.

It is recognized that, depending on the test facilities available, the type of equipment employed, and other factors, slight variations in the methods of exposing the test objects may be necessary. It is all-important that when any two different EIS are compared, the test objects of each shall be subjected to identical exposures and other conditions of test. Unless otherwise specified, prediagnostic conditioning and diagnostic tests shall be carried out at room temperature (25 ± 5) °C and (50 ± 10) % relative humidity.

6.2 Initial screening tests

Prior to exposure to an elevated temperature on the first thermal ageing subcycle, all test objects shall be subjected to a visual inspection and initial screening tests in order to eliminate defective test objects. The initial screening tests shall consist of the following steps and shall be conducted in the order given:

- initial dielectric diagnostic test (see 6.7.1 for details);
- prediagnostic mechanical stress (see 6.4 for details);
- other prediagnostic conditioning, as required (see 6.5 for details);
- moisture exposure (see 6.6 for details);
- dielectric diagnostic test (see 6.7.2), or other diagnostic test (see 6.8).

6.3 Thermal ageing

6.3.1 General

The thermal ageing portion of the cycle shall be conducted at a minimum of three different ageing temperatures. Greater precision may be obtained if tests are carried out at more than three temperatures. Additional test temperatures may be required to meet the criteria set forth in 6.3.2.

The ageing temperatures and the duration of exposure at each temperature are selected so as to reach the anticipated average test life in 5 to 10 test cycles for each set of test objects. Suggested ageing temperatures and ageing periods are given in Table 1.

Table 1 – Suggested ageing temperatures and ageing periods

Ageing period per cycle h	Ageing temperature for EIS with anticipated thermal classes of °C								
	90	105	120	130	155	180	200	220	250
504 to 840	105	120	135	145	170	195	215	235	265
48 to 336	120	135	150	160	185	215	235	255	285
24 to 72	135	150	165	175	200	235	255	275	305

Le Tableau 1 est destiné à guider le choix des températures et des durées de vieillissement. Les températures et les durées de vieillissement proposées ne décrivent pas un quelconque système d'isolation électrique réel et il n'est pas possible de considérer qu'elles donnent les mêmes fins de vie pour tous les systèmes d'isolation électrique. La relation existant entre la durée de vie et la température pour un système d'isolation électrique particulier est relative, et il convient qu'elle soit comparée aux données similaires concernant un système d'isolation électrique de sûreté de fonctionnement et de durée de vie en service connues comme étant caractéristiques.

Si la classe thermique envisagée pour un système d'isolation électrique candidat diffère de la classe thermique du système d'isolation électrique de référence, il convient de choisir des températures et des durées de vieillissement différentes.

Un essai de vieillissement préliminaire pour une température donnée peut être réalisé pour indiquer la classe thermique envisagée ainsi que les autres températures et les autres durées.

6.3.2 Températures de vieillissement

Pour minimiser l'incertitude introduite par l'extrapolation, il convient que la température d'essai la plus basse ne dépasse pas de plus de 25 K la température à laquelle les résultats seront extrapolés. La température de vieillissement la plus basse doit conduire à une durée de vie moyenne en essai minimale de 5 000 h (exprimée en échelle logarithmique). En outre, au moins deux températures de vieillissement plus élevées doivent être choisies, distantes de 10 K ou plus. La température de vieillissement la plus élevée doit conduire à une durée de vie moyenne en essai minimale de 100 h (exprimée en échelle logarithmique). Pour les matériaux isolants électriques ayant un point de fusion connu, la température de vieillissement la plus élevée doit être inférieure d'au moins 5 K à la température du point de fusion.

6.3.3 Durées du vieillissement

Pour chaque température de vieillissement, une durée d'exposition sera assignée. Les durées suggérées de vieillissement sont de 24 h à 72 h pour la température de vieillissement la plus élevée, de 48 h à 336 h pour la température de vieillissement intermédiaire et de 504 h à 840 h pour la température de vieillissement la plus basse. A partir des données obtenues en cours d'essai, la durée d'exposition des cycles d'essai restants peut être doublée si moins de la moitié des éprouvettes arrivent en fin de vie après avoir effectué cinq cycles complets. Elle peut être réduite de moitié, si un tiers ou plus des éprouvettes arrivent en fin de vie après trois cycles complets.

6.3.4 Moyens de chauffage

Le vieillissement thermique peut être fait en plaçant les éprouvettes dans une étuve précisément contrôlée et commandée par ventilation forcée, comme cela est indiqué dans la CEI 60216-4-1. La température à l'intérieur de l'étuve doit être précise à ± 2 K près pour des températures de vieillissement allant jusqu'à 180 °C, et à ± 3 K près pour des températures de vieillissement comprises entre 180 °C et 300 °C. Au-dessus de 300 °C, il convient d'élaborer entre les parties des accords complémentaires pour la précision nécessaire aux températures.

En dépit de certains inconvénients évidents, il a été démontré par expérience que les étuves convenaient et qu'elles étaient un moyen économique pour obtenir des températures de vieillissement. La méthode mettant en œuvre des étuves soumet tous les composants du système d'isolation électrique à la véritable température de vieillissement.

Cependant, l'utilisation d'étuves pour le chauffage n'est pas obligatoire. Si les dimensions du produit électrotechnique en essai limitent l'utilisation d'étuves, ou quand il existe d'autres considérations particulières, un moyen plus direct simulant plus précisément les conditions de service peut être utilisé, comme cela est spécifié dans la partie correspondante, par exemple au moyen d'un courant traversant les enroulements de l'éprouvette.

Table 1 is intended to guide the selection of ageing temperatures and times. These suggested ageing temperatures and ageing periods do not describe any actual EIS and cannot be expected to result in the same end-points for all EIS. The life-temperature relationship for a specific EIS is relative and it should be compared to similar data for an EIS of known reliability and service life to be significant.

If the anticipated thermal class for the candidate EIS differs from the thermal class of the reference EIS, different ageing temperatures and ageing periods should be selected.

A preliminary ageing test at a given temperature may be performed to indicate the anticipated thermal class and other ageing temperatures and periods.

6.3.2 Ageing temperatures

To minimize the uncertainty introduced by extrapolation, the lowest test temperature should not exceed the temperature to which the results will be extrapolated by more than 25 K. The lowest ageing temperature shall result in a minimum log mean test life of 5 000 h. In addition, at least two higher ageing temperatures shall be selected, separated by intervals of 10 K or more. The highest ageing temperature shall result in a minimum log mean test life of 100 h. For EIM with a known melting point, the highest ageing temperature shall be at least 5 K below the melting point temperature.

6.3.3 Ageing periods

For each ageing temperature, there will be an assigned period of exposure. Suggested ageing periods are 24 h to 72 h for the highest ageing temperature, 48 h to 336 h for the intermediate ageing temperature, and 504 h to 840 h for the lowest ageing temperature. Based on the test data produced as the testing proceeds, the exposure period for the remaining test cycles may be doubled if less than one-half of the test objects reach end-of-life after completion of five cycles; it may be halved if one-third or more of the test objects reach end-of-life after completion of three cycles.

6.3.4 Means of heating

Thermal ageing may be carried out by placing the test objects in an accurately controlled and monitored oven with forced circulation as described in IEC 60216-4-1. The temperature throughout the oven shall be within ± 2 K for ageing temperatures up to 180 °C, and ± 3 K for ageing temperatures from 180 °C to 300 °C. Above 300 °C additional agreements on the required temperature accuracy should be made between parties.

Despite some evident disadvantages, ovens have been shown by experience to be a convenient and economical method of obtaining ageing temperatures. The oven method subjects all components of the EIS to the full ageing temperature.

However, the use of ovens for heating is not mandatory. Where the size of the electrotechnical product under test limits the use of ovens, or where there are other special considerations, a more direct means that more closely simulates service conditions may be used as specified in the applicable part, e.g., by means of current through windings in the test object.

6.3.5 Procédure de vieillissement

Lorsqu'on utilise des étuves de vieillissement, les éprouvettes doivent être placées directement dans l'étuve portée préalablement à la température de vieillissement, dès le début du cycle de vieillissement thermique, et retirés de l'étuve pour être aussitôt mises à la température ambiante en fin de période de vieillissement. Dans le but de réduire l'effet des différences existant entre les véritables températures de vieillissement de chaque éprouvette, il convient que l'emplacement de ces éprouvettes dans les étuves de vieillissement varie de manière aléatoire d'un cycle de vieillissement thermique à l'autre.

Lorsqu'on utilise d'autres moyens de chauffage, les éprouvettes doivent être ramenées à la température de vieillissement en un temps minimal, conformément à ce qui est indiqué dans la partie correspondante.

NOTE Il convient que les produits de décomposition n'influencent pas de manière significative les essais d'une autre manière que pour des conditions de fonctionnement normal.

Pour toutes les méthodes de vieillissement thermique, les éprouvettes doivent immédiatement être retirées de la source de chaleur et mises naturellement à refroidir à la température ambiante avant d'appliquer le conditionnement de prédiagnostic.

6.4 Contraintes mécaniques de prédiagnostic

Sauf spécification contraire existant dans chaque partie, chaque éprouvette doit être soumise à une période de contrainte mécanique après chaque période de vieillissement thermique. La procédure d'application de cette contrainte peut varier selon chaque type d'éprouvette et selon le service envisagé, et il convient que cela soit spécifié dans la partie correspondante. Quand cela est applicable, les systèmes d'isolation électriques candidats et de référence doivent être exposés aux mêmes contraintes, aux mêmes durées d'exposition à la température ambiante et à l'humidité, sans appliquer la moindre tension.

6.5 Autre conditionnement de prédiagnostic

L'exposition à un autre conditionnement de prédiagnostic tel que les chocs thermiques peut être réalisée conformément aux exigences d'utilisation finale, comme cela est spécifié dans la partie correspondante.

6.6 Exposition à l'humidité

Quand cela est spécifié dans la partie correspondante, après le vieillissement thermique, les contraintes mécaniques et les autres exigences de conditionnement, les éprouvettes doivent être exposées pendant 48 h de 95 % à 100 % d'humidité relative, à une température supérieure de 5 K à 10 K par rapport à la température ambiante, de l'humidité étant présente à leur surface.

On doit utiliser une étuve adaptée capable de maintenir les niveaux d'humidité spécifiés.

6.7 Essais de diagnostic diélectrique

6.7.1 Essai de diagnostic diélectrique préliminaire

Les essais de diagnostic diélectrique préliminaires doivent consister en l'application de contraintes de tension pour des conditions et pour des tensions correspondant à l'utilisation prévue du produit électrotechnique en essai, comme cela est spécifié dans la partie correspondante.

6.3.5 Ageing procedure

For oven ageing, the test objects shall be placed directly into the preheated ageing oven at the beginning of the thermal ageing cycle, and removed from the oven directly to room temperature at the end of the ageing period. In order to diminish the effects of differences in actual ageing temperatures between individual test objects, the locations of the test objects in the ageing ovens should be randomized in successive thermal ageing cycles.

For other means of heating, test objects shall be brought to the ageing temperature in a minimum amount of time as described in the applicable part.

NOTE Decomposition products should not influence the test significantly in any way other than normal operating conditions.

For all methods of thermal ageing, the test objects shall be immediately removed from the heating source and allowed to cool to room temperature at a natural rate prior to applying prediagnostic conditioning treatments.

6.4 Prediagnostic mechanical stress

Unless specified in the applicable part, each test object shall be subjected to a period of mechanical stress following each thermal ageing period. The procedure for applying this stress may vary with each type of test object and intended service, and should be specified in the applicable part. When applicable, the candidate and reference EIS shall be exposed to the same stress and duration of exposure at room temperature and humidity, and without any applied voltage.

6.5 Other prediagnostic conditioning

Exposure to other prediagnostic conditioning, such as thermal shock, may be performed according to end-use requirements, as specified in the applicable part.

6.6 Moisture exposure

When specified in the applicable part, after thermal ageing, mechanical stress and other conditioning requirements, the test objects shall be exposed for 48 h in 95 % to 100 % relative humidity at 5 K to 10 K above room temperature with surface moisture present.

A suitable humidity chamber capable of maintaining the specified level of humidity shall be used.

6.7 Dielectric diagnostic tests

6.7.1 Initial dielectric diagnostic test

Initial dielectric diagnostic tests shall consist of the application of voltage stresses under conditions and at voltages consistent with the intended use of the electrotechnical product under test as specified in the applicable part.

6.7.2 Essai de diagnostic diélectrique pendant le cycle de vieillissement

Dans le but de vérifier l'état des éprouvettes et de déterminer la fin de vie, l'essai de diagnostic diélectrique doit être appliquée après chaque exposition successive à l'humidité alors que les éprouvettes sont encore dans l'étuve ou immédiatement après leur retrait et alors qu'elles sont encore humides.

Dans certains cas la présence d'humidité en surface peut provoquer des arcs électriques ou des cheminements en surface. Dans ces cas, la surface de l'éprouvette peut être essuyée pour supprimer les gouttes d'eau, juste avant d'appliquer la tension.

6.8 Autres essais de diagnostic

D'autres essais de diagnostic comme les essais de résistance d'isolement peuvent également être utilisés pour déterminer la fin de vie d'une éprouvette, par exemple en complétant les essais de diagnostic diélectriques. Un critère de fin de vie peut être déterminé pour chaque essai de diagnostic, avec une justification adaptée, indiquée dans la partie correspondante.

7 Analyse, compte rendu et classification

7.1 Critère de fin de vie

Le critère par lequel une éprouvette est considérée comme claquée doit être totalement défini, préalablement au lancement de l'essai. Un essai adéquat doit être inclus dans le cycle d'essai pour déceler si un claquage se produit, indiquant ainsi la fin de vie de chaque éprouvette. L'utilisation de plus d'un critère de fin de vie tendra à rendre l'interprétation des résultats plus difficile. Il est recommandé d'utiliser un seul critère pour la fin de vie.

Le claquage d'un composant quelconque du système d'isolation électrique est considéré comme une défaillance de l'éprouvette dans sa totalité et détermine la fin de vie.

NOTE Les éprouvettes peuvent continuer à être exposées au cycle d'essai d'endurance thermique dans le but d'évaluer d'autres composants du système d'isolation électrique.

Il convient de déterminer la raison du claquage de toutes les éprouvettes. Il convient que la fin de vie qui peut être attribuée à une raison autre que le claquage du système d'isolation électrique ne soit pas prise en compte. Si le claquage ne se produit pas au sein du système d'isolation électrique, comme par exemple la rupture d'une liaison électrique, et que l'on peut y remédier sans perturber le système d'isolation électrique, il convient de remettre l'éprouvette en essai.

7.2 Méthode de détermination de la durée de vie

7.2.1 Fin de vie

La fin de vie d'une éprouvette est supposée se produire à mi-parcours de la durée de vieillissement se situant entre les deux dernières applications consécutives d'un essai de diagnostic, celle au cours de laquelle le claquage a été observé et celle qui la précède immédiatement et au cours de laquelle aucun claquage n'a été décelé.

7.2.2 Durée de vie moyenne

Le nombre total d'heures du vieillissement thermique jusqu'à la fin de vie doit être enregistré pour chaque éprouvette et chaque température de vieillissement. La durée de vie moyenne en heures pour chaque température de vieillissement doit être calculée comme la moyenne géométrique.

6.7.2 Dielectric diagnostic test during ageing cycle

In order to check the condition of the test objects and determine end-of-life, the dielectric diagnostic test shall be applied after each successive exposure to moisture while the test objects are still in the humidity chamber or immediately after removal while still wet with moisture.

In certain cases, the presence of surface moisture may cause surface arcing or tracking; in such cases the surface of the test object may be wiped free of water droplets immediately before application of the voltage.

6.8 Other diagnostic tests

Other diagnostic tests, such as insulation resistance, may also be used to determine end-of-life of a test object, e.g. by complementing the dielectric diagnostic tests. An end-point criterion may be established for each diagnostic test, with a suitable justification reported in the applicable part.

7 Analyzing, reporting and classification

7.1 End-point criterion

The criterion by which a test object is considered to have failed shall be fully defined prior to the start of the test. An adequate test shall be included in the test cycle to detect when a failure occurs denoting end-of-life for each test object. The use of more than one end-point criterion will tend to make the interpretation of the test results more difficult. It is recommended that only one end-point criterion be used.

Failure of any component in the EIS constitutes failure of the entire test object and fixes the end-of-life.

NOTE Test objects may continue to be exposed to the thermal endurance test cycle in order to evaluate other components of the EIS.

The cause of all test object failures should be determined. End-of-life that can be attributed to a cause other than failure of the EIS should be disregarded. If a failure is not within the EIS, such as an open electrical connection, and can be repaired without disturbing the EIS, the test object may be put back on test.

7.2 Method of determining life

7.2.1 End-of-life

The end-of-life of a test object is assumed to have occurred at the midpoint of the ageing period between the last two consecutive applications of diagnostic tests: the one during which failure was observed and the last prior application of diagnostic tests with no failure.

7.2.2 Average life

The total number of hours of thermal ageing to end-of-life shall be recorded for each test object at each ageing temperature. The average life in hours at each ageing temperature shall be calculated as a geometric mean.

7.3 Extrapolation des données

L'analyse de la régression linéaire en coordonnées d'Arrhenius (durée de vie, en valeur logarithmique, en fonction de l'inverse de la température absolue) doit être réalisée conformément à la CEI 60216-5. En utilisant les résultats d'essai du système d'isolation électrique de référence, calculer la durée de vie, (t_R), en heures, pour l'EIS ATE (T_R) du système d'isolation électrique de référence. En utilisant les résultats d'essai pour les systèmes d'isolation électrique candidats, calculer la température (T_C) pour le nombre d'heures correspondant à t_R . T_C est l'EIS RTE du système d'isolation électrique candidat. La classe thermique assignée au système d'isolation électrique candidat doit être choisie comme étant celle qui est égale ou inférieure à T_C (voir Tableau 2). Si l'EIS ATE (T_R) du système d'isolation électrique de référence n'est pas disponible, la valeur en degrés Celsius de cette classe thermique doit être utilisée.

Tableau 2 – Evaluation de la classe thermique

RTE	Classe thermique
$90 \leq RTE < 105$	90
$105 \leq RTE < 120$	105
$120 \leq RTE < 130$	120
$130 \leq RTE < 155$	130
$155 \leq RTE < 180$	155
$180 \leq RTE < 200$	180
$200 \leq RTE < 220$	200
$220 \leq RTE < 250$	220
$250 \leq RTE$	250

Les résultats peuvent être présentés sur une courbe donnant l'endurance thermique en relevant les points représentant la moyenne de la durée de vie (moyenne logarithmique), comme cela est illustré par la Figure 1. Relever les résultats d'essai du système d'isolation électrique de référence et extrapoler sur la droite vers son EIS ATE (T_R), et lire la durée de vie correspondante en heures (t_R). Relever les résultats d'essai pour le système d'isolation électrique candidat. Extrapoler sur la droite vers t_R et lire la température correspondante (T_C). T_C est l'EIS RTE du système d'isolation électrique candidat.

La CEI 60493-1 décrit comment vérifier la linéarité des données. Si le coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 0,95, les données sont supposées être linéaires. Si le coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 0,90, mais inférieur à 0,95, cela peut indiquer que le vieillissement est influencé par plus d'un processus chimique ou plus d'un claquage mécanique. Néanmoins si l'on fait une comparaison avec un système d'isolation électrique très similaire appartenant à une même classe thermique, il est encore possible d'obtenir une classification valable du système d'isolation électrique candidat. Cependant, si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,90, cela peut indiquer une variation significative du mécanisme de vieillissement prépondérant. La classification peut alors uniquement être basée sur la partie de la courbe correspondant aux basses températures, celle-ci devant être confirmée par un point d'essai complémentaire pour une température inférieure ou intermédiaire. Il peut être nécessaire de juger, sur la base de l'expérience, si le coût et la durée nécessaires à cet autre essai sont justifiés ou s'ils peuvent être abandonnés.

7.4 Compte rendu des résultats

Le compte rendu des résultats de cet essai doit contenir tous les enregistrements, tous les détails appropriés de l'essai, et l'analyse, y compris:

- la référence à la présente norme d'essai de la CEI et à la partie correspondante;