

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60216-5**

Deuxième édition  
Second edition  
2003-01

---

---

**Matériaux isolants électriques –  
Propriétés d'endurance thermique –**

**Partie 5:  
Détermination de l'indice d'endurance thermique  
relatif (RTE) d'un matériau isolant**

**Electrical insulating materials –  
Thermal endurance properties –**

**Part 5:  
Determination of relative thermal endurance index  
(RTE) of an insulating material**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60216-5:2003

## 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](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/catlg-f.htm](http://www.iec.ch/catlg-f.htm)) 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/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) 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](mailto: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](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**  
The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/catlg-e.htm](http://www.iec.ch/catlg-e.htm)) 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/JP.htm](http://www.iec.ch/JP.htm)) 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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60216-5**

Deuxième édition  
Second edition  
2003-01

---

---

**Matériaux isolants électriques –  
Propriétés d'endurance thermique –**

**Partie 5:  
Détermination de l'indice d'endurance thermique  
relatif (RTE) d'un matériau isolant**

**Electrical insulating materials –  
Thermal endurance properties –**

**Part 5:  
Determination of relative thermal endurance index  
(RTE) of an insulating material**

© IEC 2003 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 Varembe, 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](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
1 Domaine d'application.....	8
2 Références normatives .....	8
3 Termes, définitions, symboles, unités et termes abrégés .....	8
3.1 Termes, abréviations et définitions .....	10
3.2 Symboles et unités .....	12
3.3 Objectifs de la détermination de RTE.....	14
4 Procédures expérimentales.....	16
4.1 Choix du matériau de contrôle .....	16
4.2 Choix d'un essai de diagnostic pour une procédure de vieillissement.....	16
4.3 Procédures de vieillissement .....	16
5 Procédures de calcul .....	16
5.1 Données d'endurance thermique – Calcul des paramètres intermédiaires .....	16
5.2 Calcul de la RTE.....	18
5.3 Essais statistiques et numériques .....	20
6 Rapport .....	22
6.1 Résultats des essais statistiques et numériques .....	22
6.2 Résultats .....	22
6.3 Rapport .....	24
7 Essais de matériau par vieillissement thermique de courte durée .....	24
8 Classification de l'isolement.....	26
Annexe A (informative) Répétabilité du temps de corrélation.....	30
Annexe B (informative) Tableaux .....	34
Annexe C (informative) Programme informatique .....	38
Figure 1 – Graphique d'endurance thermique .....	28
Figure 2 – Graphique d'endurance thermique inacceptable .....	28
Tableau 1 – Paramètres d'entrée pour les calculs concernant la RTE .....	18

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
1 Scope .....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms, definitions, symbols, units and abbreviated terms .....	9
3.1 Terms, abbreviations and definitions.....	11
3.2 Symbols and units .....	13
3.3 Objectives of RTE determination.....	15
4 Experimental procedures .....	17
4.1 Selection of control material .....	17
4.2 Selection of diagnostic test for extent of ageing .....	17
4.3 Ageing procedures.....	17
5 Calculation procedures .....	17
5.1 Thermal endurance data – Calculation of intermediate parameters .....	17
5.2 Calculation of RTE.....	19
5.3 Statistical and numerical tests .....	21
6 Report .....	23
6.1 Results of statistical and numerical tests .....	23
6.2 Results .....	23
6.3 Report .....	25
7 Material testing by short-term thermal ageing .....	25
8 Insulation classification.....	27
Annex A (informative) Repeatability of correlation time .....	31
Annex B (informative) Tables .....	35
Annex C (informative) Computer program .....	39
Figure 1 – Thermal endurance graphs.....	29
Figure 2 – Unacceptable thermal endurance graphs.....	29
Table 1 – Input parameters for the calculations concerning RTE .....	19

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

#### Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant

#### AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60216-5 a été établie par le sous-comité 15E: Méthodes d'essais, du comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1990, et constitue une révision technique.

Cette deuxième édition se différencie de la première dans le sens où son but n'est pas de fournir des indications générales sur l'application des caractéristiques d'endurance thermique, mais de fournir des instructions permettant de déduire une estimation temporaire de la température jusqu'à laquelle un matériau peut fournir une performance satisfaisante dans une application (par un essai de vieillissement thermique comparatif par rapport à un matériau de performance connue).

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 60216-1, la CEI 60216-2 et la CEI 60216-3.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15E/208/FDIS	15E/212/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 INSULATING MATERIALS –  
THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –****Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE)  
of an insulating material**

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60216-5 has been prepared by subcommittee 15E: Methods of test, of IEC technical committee 15: Insulating materials.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1990, and constitutes a technical revision.

The second edition differs from the first in that it no longer aims to provide general guidance on application of thermal endurance characteristics, but provides instructions for deriving a provisional estimate of the temperature up to which a material may give satisfactory performance in an application (by comparative thermal ageing with a material of known performance).

This standard is to be read in conjunction with IEC 60216-1, IEC 60216-2 and IEC 60216-3.

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

FDIS	Report on voting
15E/208/FDIS	15E/212/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 60216, présentée sous le titre général *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*, comprend les parties suivantes:

Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai

Partie 2: Choix de critères d'essai

Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique

Partie 4: Etuves de vieillissement

Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

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

IEC 60216, under the general title *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*, consists of the following parts:

Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results

Part 2: Choice of test criteria

Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

Part 4: Ageing ovens

Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

# MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

## Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60216 spécifie les procédures expérimentales et de calcul à utiliser pour déduire l'indice d'endurance thermique relatif d'un matériau à partir des données expérimentales obtenues conformément aux instructions de la CEI 60216-1 et de la CEI 60216-2. Les procédures de calcul s'ajoutent à celles indiquées dans la CEI 60216-3.

Des orientations sont également données pour évaluer le vieillissement thermique après une seule durée déterminée et une seule température, sans extrapolation.

Les données expérimentales peuvent en principe être obtenues en utilisant des essais destructifs, non destructifs ou d'épreuve, même si les essais destructifs ont été utilisés de manière beaucoup plus étendue. Les données obtenues à partir des essais non destructifs et d'épreuve peuvent être «censurées», dans le cas où la mesure du temps effectuée pour atteindre la fin de vie peut avoir été déterminée à un certain point après la durée moyenne, mais avant que toutes les éprouvettes n'aient atteint leur fin de vie (voir la CEI 60216-3, 3.1).

Des orientations sont données pour l'attribution préliminaire d'un matériau à une classe d'isolation, fondée sur les performances de vieillissement thermique.

### 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 60216-1:2001, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

CEI 60216-2:1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux isolants électriques – Partie 2: Choix de critères d'essai*

CEI 60216-3:2002, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*

### 3 Termes, définitions, symboles, unités et termes abrégés

Pour les besoins de cette partie de la CEI 60216, les termes, définitions, symboles, unités et abréviations suivants s'appliquent.

# ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

## Part 5: Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material

### 1 Scope

This part of IEC 60216 specifies the experimental and calculation procedures to be used for deriving the relative thermal endurance index of a material from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2. The calculation procedures are supplementary to those of IEC 60216-3.

Guidance is also given for assessment of thermal ageing after a single fixed time and temperature, without extrapolation.

The experimental data may in principle be obtained using destructive, non-destructive or proof tests, although destructive tests have been much more extensively employed. Data obtained from non-destructive or proof tests may be “censored”, in that measurement of times taken to reach the endpoint may have been terminated at some point after the median time but before all specimens have reached end-point (see 3.1 of IEC 60216-3).

Guidance is given for preliminary assignment of a material to an insulation class, based upon the thermal ageing performance.

### 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 60216-1:2001, *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2:1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 2: Choice of test criteria*

IEC 60216-3:2002, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

### 3 Terms, definitions, symbols, units and abbreviated terms

For the purposes of this part of IEC 60216, the following terms, definitions, symbols, units and abbreviated terms apply.

### 3.1 Termes, abréviations et définitions

#### 3.1.1

##### **indice d'endurance thermique évaluée**

##### **ATE (Assessed Thermal Endurance)**

valeur numérique de la température en degrés Celsius, jusqu'à laquelle le matériau de contrôle possède des aptitudes en service connues et satisfaisantes dans l'application spécifiée

NOTE 1 La valeur d'endurance thermique évaluée peut varier entre les applications pour un même matériau.

NOTE 2 Parfois appelé indice d'endurance thermique « absolue ».

#### 3.1.2

##### **matériau candidat**

matériau pour lequel il est requis de réaliser une estimation de l'endurance thermique

NOTE La détermination est faite par vieillissement thermique du matériau et simultanément d'un matériau de contrôle.

#### 3.1.3

##### **matériau de contrôle**

matériau à l'endurance thermique connue, de préférence déduite de l'expérience en service, utilisé comme référence pour des essais comparatifs avec un matériau candidat

#### 3.1.4

##### **moment centré d'ordre 2 d'un groupe de données**

somme des carrés des différences entre les valeurs des données et la valeur de la moyenne du groupe divisée par le nombre de données dans le groupe

#### 3.1.5

##### **temps de corrélation**

durée estimée jusqu'en fin de vie du matériau de contrôle obtenue pour une température égale à son endurance thermique évaluée (ATE) en degrés Celsius

#### 3.1.6

##### **degrés de liberté**

nombre de valeurs de données moins le nombre de valeurs de paramètres

#### 3.1.7

##### **erreur type**

l'erreur type d'estimation de la vraie valeur d'une propriété d'un groupe de données est la valeur de l'écart type de la population échantillon supposée pour laquelle la propriété du groupe peut être considérée comme membre de ce groupe

NOTE 1 Pour la moyenne du groupe elle est égale à l'écart type du groupe divisé par la racine carrée du nombre de données dans le groupe, et elle indique l'incertitude de la moyenne dans la valeur réelle.

NOTE 2 La présente norme concerne uniquement les moyennes et la différence entre deux moyennes (voir l'Article A.2).

#### 3.1.8

##### **écart type**

racine carrée de la variance d'un groupe ou d'un sous-groupe de données

### 3.1 Terms, abbreviations and definitions

#### 3.1.1

##### **assessed thermal endurance index**

##### **ATE**

numerical value of the temperature in degrees Celsius, up to which the control material possesses known, satisfactory service performance in the specified application

NOTE 1 The value of the ATE may vary between applications for the same material.

NOTE 2 Sometimes referred to as "absolute" thermal endurance index.

#### 3.1.2

##### **candidate material**

material for which an estimate of the thermal endurance is required to be determined

NOTE The determination is made by simultaneous thermal ageing of the material and a control material.

#### 3.1.3

##### **control material**

material with known thermal endurance, preferably derived from service experience, used as a reference for comparative tests with the candidate material

#### 3.1.4

##### **central second moment of a data group**

sum of the squares of the differences between the data values and the value of the group mean divided by the number of data in the group

#### 3.1.5

##### **correlation time**

estimated time to endpoint of the control material at a temperature equal to its assessed thermal endurance (ATE) in degrees Celsius

#### 3.1.6

##### **degrees of freedom**

number of data values minus the number of parameter values

#### 3.1.7

##### **standard error**

standard error of an estimate of the true value of a data group property is the value of the standard deviation of the hypothetical sampling population of which the group property may be considered to be a member

NOTE 1 For the group mean it is equal to the group standard deviation divided by the square root of the number of data in the group, and indicates the uncertainty in the true value of the mean.

NOTE 2 This standard is concerned only with means and the difference between two means (see Clause A.2).

#### 3.1.8

##### **standard deviation**

square root of the variance of a data group or sub-group

### 3.1.9

#### indice d'endurance thermique relative RTE (Relative Thermal Endurance)

valeur de la température exprimée en degrés Celsius, pour laquelle la durée estimée jusqu'en fin de vie du matériau candidat est la même que la durée estimée jusqu'en fin de vie du matériau de contrôle obtenue pour une température égale à son endurance thermique évaluée (ATE)

### 3.1.10

#### variance du groupe de données

somme des carrés des écarts types des données par rapport à un niveau de référence défini par un ou plusieurs paramètres, divisée par le nombre de degrés de liberté

NOTE Le niveau de référence peut être, par exemple, une valeur moyenne (1 paramètre) ou une droite (2 paramètres, dans la présente norme, la pente et le point d'intersection avec l'axe  $y$ ).

## 3.2 Symboles et unités

$a_A$	Coefficient de régression (intersection avec l'axe de $y$ ) de la droite d'endurance thermique pour le matériau de contrôle
$a_B$	Coefficient de régression (intersection avec l'axe de $y$ ) de la droite d'endurance thermique pour le matériau candidat
$b_A$	Coefficient de régression (pente) de la droite d'endurance thermique pour le matériau de contrôle
$b_B$	Coefficient de régression (pente) de la droite d'endurance thermique pour le matériau candidat
$x$	Variable pour l'analyse statistique égale à $1/(\vartheta + \theta_0)$
$y$	Variable pour l'analyse statistique égale à $\ln(\tau)$
$\vartheta$	Température de vieillissement lors de la détermination de RTE
$\theta_0$	Température sur l'échelle de Kelvin égale à $0^\circ\text{C}$
$\tau$	Durée jusqu'en fin de vie
$\tau_c$	Durée estimée jusqu'en fin de vie d'un matériau de contrôle pour une température égale à ATE («temps de corrélation»)
$\mu_{2(A)}$	Moment centré d'ordre 2 des valeurs de $x$ pour un matériau de contrôle
$\mu_{2(B)}$	Moment centré d'ordre 2 des valeurs de $x$ pour un matériau candidat
$n_A$	Nombre de valeurs de $y$ pour les données d'un matériau de contrôle
$n_B$	Nombre de valeurs de $y$ pour les données d'un matériau candidat
$t$	Variable stochastique distribuée $t$ de «Student»
$s$	Ecart type de la différence de deux moyennes
$s_A^2$	Variance des valeurs de $y$ pour les données d'un matériau de contrôle
$s_B^2$	Variance des valeurs de $y$ pour les données d'un matériau candidat
$\bar{x}_A$	Moyenne générale des valeurs de $x$ pour les données d'un matériau de contrôle
$\bar{x}_B$	Moyenne générale des valeurs de $x$ pour les données d'un matériau candidat
$\bar{y}_A$	Moyenne générale des valeurs de $y$ pour les données d'un matériau de contrôle
$\bar{y}_B$	Moyenne générale des valeurs de $y$ pour les données d'un matériau candidat

**3.1.9****relative thermal endurance index****RTE**

numerical value of the temperature in degrees Celsius at which the estimated time to endpoint of the candidate material is the same as the estimated time to endpoint of the control material at a temperature equal to its assessed thermal endurance (ATE)

**3.1.10****variance of a data group**

sum of the squares of the deviations of the data from a reference level defined by one or more parameters, divided by the number of degrees of freedom.

NOTE The reference level may, for example, be a mean value (1 parameter) or a line (2 parameters, in this standard, the slope and the intercept with the y axis).

**3.2 Symbols and units**

$a_A$	Regression coefficient (y-intercept) of thermal endurance equation for control material
$a_B$	Regression coefficient (y-intercept) of thermal endurance equation for candidate material
$b_A$	Regression coefficient (slope) of thermal endurance equation for control material
$b_B$	Regression coefficient (slope) of thermal endurance equation for candidate material
$x$	Variable for statistical analysis equal to $1/(\vartheta + \theta_0)$
$y$	Variable for statistical analysis equal to $\ln(\tau)$
$\vartheta$	Ageing temperature in determination of RTE
$\theta_0$	Temperature on Kelvin scale equal to 0 °C
$\tau$	Time to endpoint
$\tau_c$	Estimated time to endpoint of control material at a temperature equal to ATE ("correlation time")
$\mu_{2(A)}$	Central second moment of $x$ values for control material
$\mu_{2(B)}$	Central second moment of $x$ values for candidate material
$n_A$	Number of $y$ values for control material data
$n_B$	Number of $y$ values for candidate material data
$t$	Student's $t$ distributed stochastic variable
$s$	Standard error of the difference of two means
$s_A^2$	Variance of $y$ values for control material data
$s_B^2$	Variance of $y$ values for candidate material data
$\bar{x}_A$	General mean of $x$ -values for control material data
$\bar{x}_B$	General mean of $x$ -values for candidate material data
$\bar{y}_A$	General mean of $y$ -values for control material data
$\bar{y}_B$	General mean of $y$ -values for candidate material data

$\theta_A$	Température en degrés Celsius égale à ATE
$\theta_B$	Température en degrés Celsius égale à RTE
$\hat{X}_B$	Valeur de $x$ correspondant à $\theta_B$
$\hat{X}_A$	Valeur de $x$ correspondant à $\theta_A$
$\theta_{c(B)}$	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_B$
$\theta_{c(A)}$	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_A$
$X_{L(B)}$	Valeur de $x$ correspondant à la limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_B$
$X_{L(A)}$	Valeur de $x$ correspondant à la limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_A$
$\Delta_B$	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_B$
$\Delta_A$	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de $\theta_A$
$IDC_{B(c)}$	Intervalle de division par deux d'un matériau candidat à un instant égal à $\tau_c$
$s_D^2$	Variance associée à la différence entre les valeurs de la moyenne de $y$ pour les deux matériaux
$n_D$	Degrés de liberté de $s_D^2$
$v_A, v_B$	Logarithmes des durées moyennes des plus longues jusqu'à la fin de vie pour les matériaux A et B
$b_r$	Variable intermédiaire: valeur ajustée de $b$ pour le calcul de l'intervalle de confiance de la température
$s_r$	Variable intermédiaire: valeur ajustée de $s$ pour le calcul de l'intervalle de confiance de la température

### 3.3 Objectifs de la détermination de RTE

L'objectif de la détermination est double:

- a) Exploiter une relation supposée exister entre l'endurance thermique (avec un critère d'essai approprié pour le vieillissement) et les performances en service, et utiliser ce résultat afin de prédire une valeur pour une évaluation préliminaire de la température en service d'un matériau pour lequel l'expérience en service est relativement faible (par comparaison avec un matériau de contrôle connu – voir les Articles 4 et 5).

NOTE Dans la majorité des cas, cela impliquera une extrapolation sur une durée plus longue et/ou une température plus basse que pour les données expérimentales. Il convient que cette extrapolation soit minimale, par un choix approprié des températures et des durées de vieillissement, car l'incertitude des résultats augmente rapidement avec l'extrapolation. Cependant, même s'il n'y a pas d'extrapolation, l'incertitude reste finie compte tenu des variances des données expérimentales et des erreurs expérimentales.

- b) Améliorer la précision d'une détermination d'endurance thermique par diminution des erreurs systématiques dans le processus de vieillissement. Si, après vieillissement, les résultats pour le matériau de contrôle sont considérés comme très différents d'une expérience précédente, cela peut indiquer des variations dans le matériau ou le matériel. Cela peut être vérifié et éventuellement corrigé. Dans tous les cas, le vieillissement simultané du matériau de contrôle et du matériau candidat compensera au moins partiellement les variations systématiques. Les procédures statistiques à utiliser pour évaluer la signification des variations sont rappelées dans l'Annexe A.
- c) Donner des orientations pour l'évaluation d'un matériau par vieillissement thermique pour une seule durée fixée, sans extrapolation.
- d) Fournir des instructions pour l'affectation d'un matériau à une classe d'isolation, fondée sur les résultats du vieillissement thermique.

$\theta_A$	Temperature in degrees Celsius equal to ATE
$\theta_B$	Temperature in degrees Celsius equal to RTE
$\hat{X}_B$	$x$ value corresponding to $\theta_B$
$\hat{X}_A$	$x$ value corresponding to $\theta_A$
$\theta_{c(B)}$	Lower confidence limit of $\theta_B$
$\theta_{c(A)}$	Lower confidence limit of $\theta_A$
$X_{L(B)}$	$x$ value corresponding to lower confidence limit of $\theta_B$
$X_{L(A)}$	$x$ value corresponding to lower confidence limit of $\theta_A$
$\Delta_B$	Lower confidence interval of $\theta_B$
$\Delta_A$	Lower confidence interval of $\theta_A$
$HIC_{B(c)}$	Halving interval of candidate material at a time equal to $\tau_c$
$s_D^2$	Variance associated with the difference between the mean $y$ -values for the two materials
$n_D$	Degrees of freedom of $s_D^2$
$v_A, v_B$	Logarithms of the longest mean times to endpoint for materials A and B
$b_r$	Intermediate variable: adjusted value of $b$ for calculation of temperature confidence interval
$s_r$	Intermediate variable: adjusted value of $s$ for calculation of temperature confidence interval

### 3.3 Objectives of RTE determination

The objectives of the determination are as follows:

- a) To exploit an assumed relationship between thermal endurance (with an appropriate test criterion for ageing) and service performance, and to use this to predict a value for a preliminary assessment of service temperature of a material for which there is relatively little service experience (by comparison with a known control material – see Clauses 4 and 5).

NOTE In the majority of cases, this will involve extrapolation to a longer time and/or lower temperature than in the experimental data. This extrapolation should be kept to a minimum by appropriate choice of ageing temperatures and times, since the uncertainty in the result increases rapidly as the extrapolation is increased. However, even when there is no extrapolation, the uncertainty is still finite, on account of the variances of the experimental data and experimental errors.

- b) To improve the precision of a thermal endurance determination by reduction of systematic errors in the ageing process. If, after ageing, the results for the control material are found to be significantly different from earlier experience, this may indicate changes in material or equipment. This may be investigated and possibly corrected. In any case, the simultaneous ageing of control and candidate will at least partially compensate for systematic changes. Statistical procedures for use in assessing the significance of changes are given in Annex A.
- c) To give guidelines for assessment of a material by thermal ageing for a single fixed time without extrapolation.
- d) To provide instructions for assigning the material to an insulation class, based upon thermal ageing results.

## **4 Procédures expérimentales**

### **4.1 Choix du matériau de contrôle**

L'exigence initiale pour le matériau de contrôle est qu'il ait un indice d'endurance thermique connu (ATE) pour l'application à l'étude. L'indice d'endurance thermique – s'il est déterminé par une procédure RTE – doit être soutenu par une expérience en service réelle.

Les mécanismes de vieillissement attendus des deux matériaux et leur vitesse d'évolution doivent être similaires et doivent correspondre à l'application.

### **4.2 Choix d'un essai de diagnostic pour une procédure de vieillissement**

L'essai de diagnostic doit être un de ceux qui sont considérés comme adaptés à l'application pour laquelle la RTE est requise. Le même essai doit être appliqué à la fois au matériau de contrôle et au matériau candidat.

### **4.3 Procédures de vieillissement**

Les nombres et les types d'éprouvettes de chaque matériau, ainsi que les températures de vieillissement et les durées, doivent être conformes aux exigences de la CEI 60216-1 (5.3.2 et 5.4 et premier alinéa de 5.5). Pour chaque température de vieillissement, la charge de l'étuve doit être fonction du nombre approprié d'éprouvettes correspondant aux deux matériaux. Les éprouvettes doivent être réparties dans l'étuve de manière à éviter toute différence systématique entre les conditions de vieillissement appliquées aux éprouvettes correspondant aux deux matériaux.

NOTE Il est important que les éprouvettes des deux matériaux soient vieilles simultanément à au moins trois des températures destinées à faire partie des calculs. Par exemple, les données représentées à la Figure 1 pourraient être acceptables pour les analyses. Cependant, à partir des données représentées par la Figure 2, le groupe des températures les plus basses du matériau candidat et le groupe des températures les plus élevées de la commande ne peuvent pas être inclus car dans chaque cas le groupe d'éprouvettes est constitué uniquement d'un matériau.

Si, après avoir réalisé le vieillissement aux températures choisies, les résultats de l'un des deux matériaux ne satisfont pas aux exigences de 6.1 b) de la présente norme, un autre groupe d'éprouvettes doit être vieilli à une température appropriée. Ce groupe doit de nouveau être constitué du nombre et du type requis d'éprouvettes provenant des deux matériaux.

## **5 Procédures de calcul**

### **5.1 Données d'endurance thermique – Calcul des paramètres intermédiaires**

Le calcul des droites d'endurance thermique doit être fait conformément aux instructions de la CEI 60216-3.

Les paramètres d'entrée donnés au Tableau 1 suivant sont nécessaires pour calculer la RTE correspondante, et il convient qu'ils soient notés (chacun des symboles peut avoir un indice inférieur A pour le matériau de commande et un indice inférieur B pour le matériau candidat).

## **4 Experimental procedures**

### **4.1 Selection of control material**

The primary requirement for the control material is that it has a known thermal endurance index (ATE) for the application under consideration. The thermal endurance index, if determined by an RTE procedure, shall be supported by actual service experience.

The expected ageing mechanisms and rates of both materials shall be similar, and relevant to the application.

### **4.2 Selection of diagnostic test for extent of ageing**

The diagnostic test shall be one considered relevant to the application for which the RTE is required. The same test shall be applied to both control and candidate material.

### **4.3 Ageing procedures**

The number and type of test specimens of each material and the ageing temperatures and times shall be in accordance with the requirements of IEC 60216-1 (5.3.2, 5.4 and the first paragraph of 5.5). At each ageing temperature, the oven load shall comprise appropriate numbers of test specimens of both materials. The specimens shall be distributed in the oven so that there is likely to be no systematic difference between the ageing conditions applied to the specimens of the two materials.

NOTE It is important that test specimens of both materials are aged simultaneously at a minimum of three temperatures to be included in the calculations. For example, the data represented in Figure 1 would be acceptable for analysis. However, of the data represented by Figure 2, the lowest temperature group of the candidate material and the highest temperature group of the control cannot be included, since in each case, the specimen group is made up of only one material.

If, after ageing at the selected temperatures is completed, the results from either material do not satisfy the requirements of 6.1 b) of this standard, a further specimen group shall be aged at an appropriate temperature. This group shall again be composed of the required number and type of specimens of each material.

## **5 Calculation procedures**

### **5.1 Thermal endurance data – Calculation of intermediate parameters**

Calculation of the thermal endurance equations shall be made in accordance with the instructions of IEC 60216-3.

The following input parameters as set out in Table 1 are needed for the calculations relevant to RTE, and should be recorded (each of the symbols may have either subscript A for control material or B for candidate material).

**Tableau 1 – Paramètres d'entrée pour les calculs concernant la RTE**

Paramètre	Symbole dans la CEI 60216-3	Equation dans la CEI 60216-3	Symbole dans la CEI 60216-5	
Pente de la droite de régression	$b$	(33)	$b_A$	$b_B$
Intersection avec la droite de régression	$a$	(34)	$a_A$	$a_B$
Moyenne pondérée des valeurs de $x$	$\bar{x}$	(26)	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_B$
Moment centré d'ordre 2 des valeurs de $x$	$\mu_2(x)$	(31)	$\mu_{2(A)}$	$\mu_{2(B)}$
Moyenne pondérée des valeurs de $y$	$\bar{y}$	(27)	$\bar{y}_A$	$\bar{y}_B$
Variance des valeurs de $y$	$s^2$	(41)	$s_A^2$	$s_B^2$
Nombre de valeurs de $y$	$N$	(25)	$n_A$	$n_B$
Intervalle de divisions par deux	$IDC$	(53)	-	$IDC_{B(c)}$
Logarithme de la durée moyenne la plus grande jusqu'à la fin de vie	$\bar{y}_k$	-	$v_A$	$v_B$
Limite de l'intervalle de confiance inférieur de $\theta$	$\hat{\vartheta}_c$	(50)	$\theta_{c(A)}$	$\theta_{c(B)}$

NOTE Si les calculs de la CEI 60216-3 sont effectués avec le programme de calcul recommandé, il convient que des sous-programmes soient inclus pour enregistrer les paramètres dans un fichier de données qui peut être rappelé pour effectuer ces calculs-ci. Comme alternative, les valeurs de  $\theta_{c(A)}$  et de  $\theta_{c(B)}$  peuvent être directement calculées dans le programme.

Le résultat de l'essai de linéarité (CEI 60216-3, 6.3.2) est également nécessaire.

## 5.2 Calcul de la RTE

Le calcul des coefficients des équations d'endurance thermique doit être fait à la fois pour le matériau de contrôle et le matériau candidat, conformément aux instructions données en 6.1 et 6.2 de la CEI 60216-3 (voir 5.1 de la présente norme). A partir de ces coefficients, les valeurs de  $\tau_c$  et de  $\theta_B$  doivent être calculées comme indiqué ci-dessous (voir également la Figure 1).

- a) A partir des coefficients de régression du matériau de contrôle, calculer la durée  $\tau_c$  correspondant à son ATE:

$$\ln \tau_c = a_A + \frac{b_A}{(\theta_A + \theta_0)} \quad (1)$$

- b) A partir des coefficients de régression du matériau candidat, calculer la température correspondant à la durée  $\tau_c$ :

$$\theta_B = \frac{b_B}{[\ln(\tau_c) - a_B]} - \theta_0 \quad (2)$$

La RTE requise est égale à la valeur de  $\theta_B$ , exprimée en degrés Celsius.

**Table 1 – Input parameters for the calculations concerning RTE**

Parameter	Symbol in IEC 60216-3	Equation in IEC 60216-3	Symbol in IEC 60216-5	
Slope of regression line	$b$	(33)	$b_A$	$b_B$
Intercept of regression line	$a$	(34)	$a_A$	$a_B$
Weighted mean of $x$ values	$\bar{x}$	(26)	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_B$
Central 2 <sup>nd</sup> moment of $x$ values	$\mu_2(x)$	(31)	$\mu_{2(A)}$	$\mu_{2(B)}$
Weighted mean of $y$ values	$\bar{y}$	(27)	$\bar{y}_A$	$\bar{y}_B$
Variance of $y$ values	$s^2$	(41)	$s_A^2$	$s_B^2$
Number of $y$ values	$N$	(25)	$n_A$	$n_B$
Halving interval	$HIC$	(53)	--	$HIC_{B(c)}$
Largest mean log time to endpoint	$\bar{y}_k$	--	$v_A$	$v_B$
Lower confidence limit of $\theta$	$\hat{\vartheta}_C$	(50)	$\theta_{C(A)}$	$\theta_{C(B)}$

NOTE If the calculations of IEC 60216-3 are performed by the recommended computer programme, subroutines should be included to record the parameters in a data file which can be recalled for the purposes of the present calculations. Alternatively, the values of  $\theta_{C(A)}$  and  $\theta_{C(B)}$  may be calculated directly in that program.

The result of the linearity test (IEC 60216-3, 6.3.2) is also needed.

## 5.2 Calculation of RTE

Calculation of the coefficients of the thermal endurance equations shall be made for both control and candidate materials in accordance with the instructions of 6.1 and 6.2 of IEC 60216-3 (see 5.1 of this standard). From these coefficients the values of  $\tau_c$  and  $\theta_B$  shall be calculated as below (see also Figure 1).

- a) From the regression coefficients of the control material, calculate the time  $\tau_c$  corresponding to its ATE:

$$\ln \tau_c = a_A + \frac{b_A}{(\theta_A + \theta_0)} \quad (1)$$

- b) From the regression coefficients of the candidate material, calculate the temperature corresponding to the time  $\tau_c$ :

$$\theta_B = \frac{b_B}{[\ln(\tau_c) - a_B]} - \theta_0 \quad (2)$$

The required RTE is equal to the value of  $\theta_B$  in degrees Celsius.

### 5.3 Essais statistiques et numériques

#### 5.3.1 Essais de la CEI 60216-3

Les essais statistiques et numériques de la CEI 60216-3 doivent être réalisés avant les calculs de la présente norme, et leurs résultats doivent être utilisés en compilant le rapport indiqué à l'Article 6.

#### 5.3.2 Précision du temps de corrélation

Si un matériau de contrôle a été essayé précédemment, avec le même essai de diagnostic et la même ATE, il convient de comparer les valeurs de  $\tau_c$  en utilisant l'essai  $t$  de «Student» pour la différence des deux moyennes. Une différence importante peut impliquer une modification du matériau de contrôle lui-même, ou éventuellement une variation dans l'étuve. Il convient que la raison soit étudiée et notée.

Les procédures statistiques pour évaluer la signification des différences trouvées sont rappelées dans l'Annexe A.

#### 5.3.3 Intervalle de confiance inférieur de la RTE

La limite inférieure de confiance de la RTE est calculée à partir des limites inférieures de confiance des estimations de température qui sont égales à  $\theta_A$  et  $\theta_B$  (CEI 60216-3, 6.3.3 (b), équations (46) à (50)).

La limite inférieure de confiance de  $\theta_B$ ,  $\theta_{c(B)}$ , est calculée comme cela est indiqué dans la CEI 60216-3, 6.3.3 (b), pour un temps égal à  $\tau_c$ , et soustrait de  $\theta_B$  pour donner l'intervalle de confiance  $\Delta_B$ .

$$X_{L(B)} = \bar{x}_B + \frac{(Y - \bar{y}_B)}{b_r} + \frac{t s_r}{b_r} \quad (3)$$

$$Y = \ln \tau_c \quad ; \quad \hat{X}_B = (Y - a_B) / b_B \quad (4)$$

$$\text{où } b_r = b_B - \frac{t^2 s_B^2}{b_B \mu_{2(B)}} \quad (5)$$

$$s_r^2 = s_B^2 \left( \frac{b_r}{b_B} + \frac{(\hat{X}_B - \bar{x}_B)^2}{\mu_{2(B)}} \right) \quad (6)$$

$t$  est la valeur du paramètre  $t$  de «Student» pour  $n_B$  degrés de liberté et pour un niveau de confiance de 0,05 (voir le Tableau B.3).

$\mu_{2(B)}$  est le moment centré d'ordre 2 des valeurs de  $x$ :

$$\mu_{2(B)} = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^k n_{i(B)} (x_{i(B)} - \bar{x}_{(B)})^2 \quad (7)$$

(voir la CEI 60216-3, 6.2.2, pour les détails).

### 5.3 Statistical and numerical tests

#### 5.3.1 Tests of IEC 60216-3

The statistical and numerical tests of IEC 60216-3 shall be carried out before the calculations of this standard, and their results employed in compiling the report of Clause 6.

#### 5.3.2 Precision of correlation time

Where a control material has been tested on a previous occasion, with the same diagnostic test and ATE, the values of  $\tau_c$  should be compared using the Student's  $t$ -test for the difference of two means. A significant difference may imply a change in the control material itself, or possibly a change in the oven equipment. The cause should be investigated and reported.

Statistical procedures for assessing the significance of differences between values are given in Annex A.

#### 5.3.3 Lower confidence interval of RTE

The lower confidence limit of RTE is calculated from the lower confidence limits of temperature estimates equal to  $\theta_A$  and  $\theta_B$  (IEC 60216-3, 6.3.3 b), equations (46) to (50)).

The lower confidence limit of  $\theta_B$ ,  $\theta_{c(B)}$ , is calculated as in IEC 60216-3, 6.3.3 b) for a time equal to  $\tau_c$  and subtracted from  $\theta_B$  to give the confidence interval  $\Delta_B$ .

$$X_{L(B)} = \bar{x}_B + \frac{(Y - \bar{y}_B)}{b_r} + \frac{t s_r}{b_r} \quad (3)$$

$$Y = \ln \tau_c \quad ; \quad \hat{X}_B = (Y - a_B) / b_B \quad (4)$$

$$\text{where } b_r = b_B - \frac{t^2 s_B^2}{b_B \mu_{2(B)}} \quad (5)$$

$$s_r^2 = s_B^2 \left( \frac{b_r}{b_B} + \frac{(\hat{X}_B - \bar{x}_B)^2}{\mu_{2(B)}} \right) \quad (6)$$

where  $t$  is the value of Student's  $t$  for  $n_B$  degrees of freedom and a significance level of 0,05 (see Table B.3);

$\mu_{2(B)}$  is the central second moment of the  $x$  values:

$$\mu_{2(B)} = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^k n_{i(B)} (x_{i(B)} - \bar{x}_{(B)})^2 \quad (7)$$

(see IEC 60216-3, 6.2.2 for details).

La limite inférieure de confiance de  $\theta_A$ ,  $\theta_{C(A)}$ , est calculée comme précédemment pour une durée égale à  $\tau_C$ , et soustraite de  $\theta_A$  pour donner l'intervalle de confiance  $\Delta_A$ .

L'intervalle inférieur de confiance de la RTE,  $\Delta_R$ , est alors égal à la somme vectorielle (vecteur orthogonal) des deux intervalles précédents:

$$\Delta_R = \sqrt{(\Delta_A^2 + \Delta_B^2)} \quad (8)$$

### 5.3.4 Extrapolation

L'extrapolation requise pour estimer le temps de corrélation est calculée pour les deux matériaux de contrôle et candidat comme étant la différence entre le logarithme du temps de corrélation et la plus grande moyenne des logarithmes des temps de vieillissement jusqu'à la fin de vie ( $v_A$  ou  $v_B$ ). L'extrapolation requise est la plus grande de ces deux valeurs.

## 6 Rapport

### 6.1 Résultats des essais statistiques et numériques

Les critères suivants s'appliquent.

- a) Linéarité de la relation d'endurance thermique (voir la CEI 60216-3, 6.3.2 et 6.3.3): les données concernant les matériaux de contrôle et les matériaux candidats doivent satisfaire aux exigences de la CEI 60216-3.
- b) Extrapolation au temps de corrélation (voir 5.3.4): l'extrapolation exprimée comme le rapport entre le temps de corrélation et le temps de vieillissement moyen le plus important doit être inférieur à 6.
- c) Intervalle inférieur de confiance de la RTE (voir 5.3.3): la valeur de  $\Delta_R$  doit être inférieure à l'intervalle de division par deux ( $IDC_{B(c)}$ ) du matériau candidat, pour une durée égale au temps de corrélation (voir la CEI 60216-3, 7.1).

$$IDC_{B(c)} = b_B \left[ \frac{1}{((\ln \tau_C / 2) - a_B)} - \frac{1}{(\ln \tau_C - a_B)} \right] \quad (9)$$

### 6.2 Résultats

Les résultats doivent être déterminés à partir des calculs des paragraphes 5.2 et 5.3.3, comme suit.

- a) Si les trois critères (voir 6.1) sont satisfaits, le résultat doit correspondre à la valeur de la RTE.  
Le résultat doit être noté dans le format: «RTE conformément à la CEI 60216-5 = xxx»
- b) Si l'un des critères d'essai n'est pas satisfait, le résultat doit être la limite inférieure de confiance à 95 % de la RTE.  
Le résultat doit être noté dans le format: «RTE conformément à la CEI 60216-5 = xxx»
- c) Si deux des critères ou plus ne sont pas satisfaits, un résultat conforme aux exigences de la CEI 60216-5 ne peut pas être noté. Le résultat peut être noté dans le format:  
«RTE = xxx (Résultats non validés par l'analyse statistique)»

The lower confidence limit of  $\theta_A$ ,  $\theta_{c(A)}$  is calculated as above for a time equal to  $\tau_c$  and subtracted from  $\theta_A$  to give the confidence interval  $\Delta_A$ .

The lower confidence interval of RTE,  $\Delta_R$ , is then equal to the "Pythagorean" (orthogonal) vector sum of the above two intervals:

$$\Delta_R = \sqrt{(\Delta_A^2 + \Delta_B^2)} \quad (8)$$

### 5.3.4 Extrapolation

The extrapolation required to estimate the correlation time is calculated for both control and candidate materials as the difference between the logarithm of the correlation time and the greatest value of the mean of the logarithms of the ageing times to endpoint ( $v_A$  or  $v_B$ ). The extrapolation required is the greater of these two values.

## 6 Report

### 6.1 Results of statistical and numerical tests

The following criteria apply:

- Linearity of thermal endurance relationship (see IEC 60216-3 6.3.2 and 6.3.3): both control and candidate data shall satisfy the requirements of IEC 60216-3.
- Extrapolation to the correlation time (see 5.3.4 above): the extrapolation, expressed as the ratio of correlation time to greatest geometric mean ageing time shall be less than 6.
- Lower confidence interval of RTE (see 5.3.3 above): The value of  $\Delta_R$  shall be less than the halving interval ( $HIC_{B(c)}$ ) of the candidate material at a time equal to the correlation time (see IEC 60216-3, 7.1).

$$HIC_{B(c)} = b_B \left[ \frac{1}{((\ln \tau_c / 2) - a_B)} - \frac{1}{(\ln \tau_c - a_B)} \right] \quad (9)$$

### 6.2 Results

The results shall be determined from the calculations of 5.2 and 5.3.3 as follows:

- If all three test criteria (see 6.1) are satisfied, the result shall be the value of RTE. The result shall be reported in the format: "RTE according to IEC 60216-5 = xxx"
- If one of the test criteria is not satisfied, the result shall be the lower 95 % confidence limit of RTE. The result shall be reported in the format: "RTE according to IEC 60216-5 = xxx"
- If two or more of the criteria are not satisfied, a result in accordance with the requirements of IEC 60216-5 cannot be reported. The result may be reported in the format: "RTE = xxx. (Result not validated by the statistical analysis)"

### 6.3 Rapport

Le rapport doit être constitué de ce qui suit.

- a) Le résultat
- b) L'identification du matériau de contrôle et son ATE
- c) L'essai de diagnostic utilisé et la fin de vie
- d) Les rapports d'endurance thermique conformément à la CEI 60216-1 pour les matériaux de contrôle et candidat.
- e) Pour un résultat de la catégorie c) et au-dessus, le détail de l'échec de la validation statistique.

## 7 Essais de matériau par vieillissement thermique de courte durée

Il y a souvent besoin d'essais de vieillissement thermique de courte durée, par exemple pour comparer les performances des matériaux ayant subi de légères modifications chimiques par rapport à un matériau de référence connu, ou au cours d'essais de contrôle de qualité d'un isolant contenant des constituants antioxydants, pour lesquels le vieillissement à une température assignée du matériau pendant une durée de quelques milliers d'heures pourrait être utilisée.

L'interprétation de tels essais peut être quelque peu difficile, en particulier si le vieillissement se fait à une seule température, avec mesures de propriétés, après un seul temps d'exposition déterminé. L'absence d'essais pour satisfaire à un modèle cinétique chimique conduit à une responsabilité pour des erreurs systématiques provoquées par les modifications du matériel ou du matériau.

Il est recommandé que dans de tels cas un matériau de contrôle de type et de caractéristiques similaires au matériau d'essai soit vieilli simultanément et essayé après le même temps. Une analyse similaire à celle de l'Annexe A peut alors être appliquée aux deux ensembles de caractéristiques pour établir s'il y a des différences importantes entre

- a) le matériau d'essai et le matériau de contrôle, ou
- b) les valeurs de l'essai en cours du matériau de contrôle et les anciennes valeurs obtenues sur le même matériau.

Dans cette analyse,  $s_1^2$  et  $s_2^2$  sont les variances des groupes de propriétés après vieillissement à la température d'essai;  $\bar{y}_1$  et  $\bar{y}_2$  sont les moyennes de ces groupes (voir les équations (10) à (13)).

Sauf spécification contraire, on doit réaliser l'essai de différence significative à un niveau de 0,05 (voir Tableau B.2).

Si des différences importantes ne sont pas constatées, il est possible de supposer que les performances d'endurance thermique des deux matériaux en comparaison sont les mêmes.

### 6.3 Report

The report shall comprise the following:

- a) The result
- b) The identification of the control material and its ATE
- c) The diagnostic test employed and the endpoint.
- d) The thermal endurance reports according to IEC 60216-1 for the control and candidate materials.
- e) For a result in category c) above, the details of the failure of statistical validation.

## 7 Material testing by short-term thermal ageing

There is often a need for short-term thermal ageing tests on materials, e.g. to compare thermal performances of materials having slight chemical modifications with respect to a known reference material, or in quality control testing of insulation containing anti-oxidant constituents, where ageing at the rated temperature of the material for a period of a few thousand hours could be employed.

The interpretation of such tests can be quite difficult, particularly if the ageing is at a single temperature, with property measurement after a single fixed time. The absence of testing for compliance with a chemical kinetic model leads to a liability to systematic errors caused by equipment or material changes.

It is recommended that in such cases, a control material of similar type and rating as the test material should be aged simultaneously and tested after the same time. A similar analysis to that of Annex A can then be applied to the two sets of property values to establish whether there are significant differences between

- a) the test material and the control material, or
- b) the current test values of the control material and the historical values obtained on the same material.

In this analysis,  $s_1^2$  and  $s_2^2$  are the variances of the groups of property values after ageing at the test temperature;  $\bar{y}_1$  and  $\bar{y}_2$  are the means of these groups (see equations (10) to (13)).

Unless otherwise specified, the test for significant difference shall be made at a level of 0,05 (see Table B.2).

If significant differences are not found, it may be assumed that the thermal endurance performances of the two materials being compared are the same.

Si des différences importantes sont constatées dans le cas a) ci-dessus, il est vraisemblable que les performances du matériau candidat ne seront pas les mêmes que celles du matériau de contrôle.

Si des différences importantes sont constatées dans le cas b) ci-dessus, il est alors vraisemblable que les conditions de vieillissement diffèrent d'une certaine façon de celles utilisées à l'origine: il convient alors de les vérifier et de déterminer leur cause.

## **8 Classification de l'isolement**

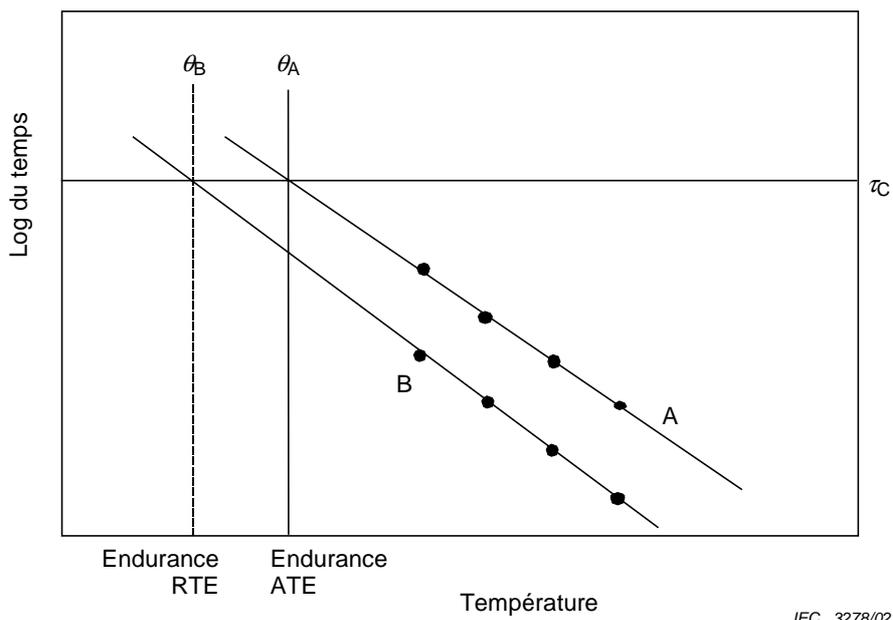
Si requis, le matériau candidat peut être affecté à une classe d'isolation conformément au Tableau B.1.

If significant differences are found in case a) above, it is likely that the performance of the candidate material will not be the same as that of the control.

If significant differences are found in case b) above, then it is likely that the ageing conditions differ in some way from those originally employed: they should be investigated and the cause established.

## **8 Insulation classification**

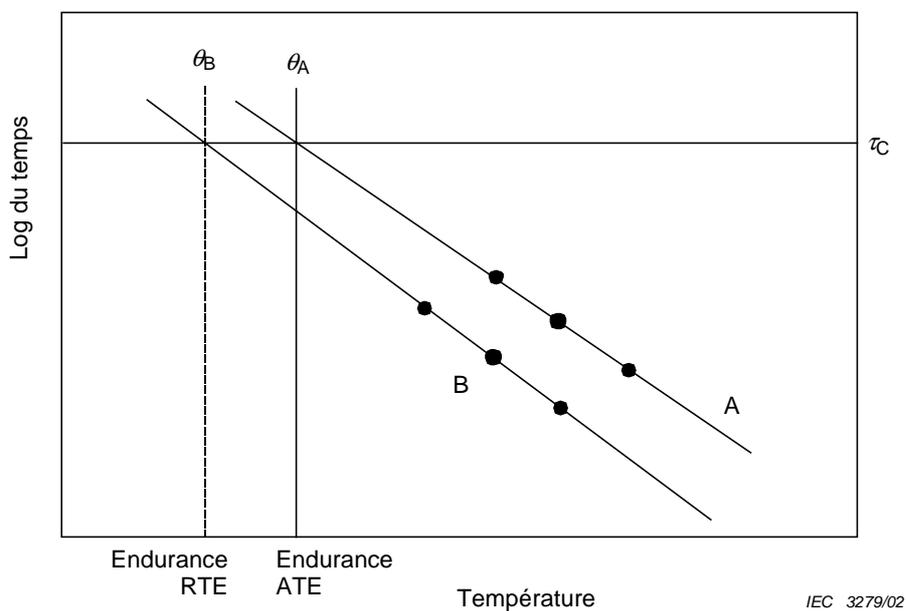
When required, the candidate material may be assigned to an insulation class in accordance with Table B.1.



**Légende**

A = matériau de contrôle  
B = matériau candidat

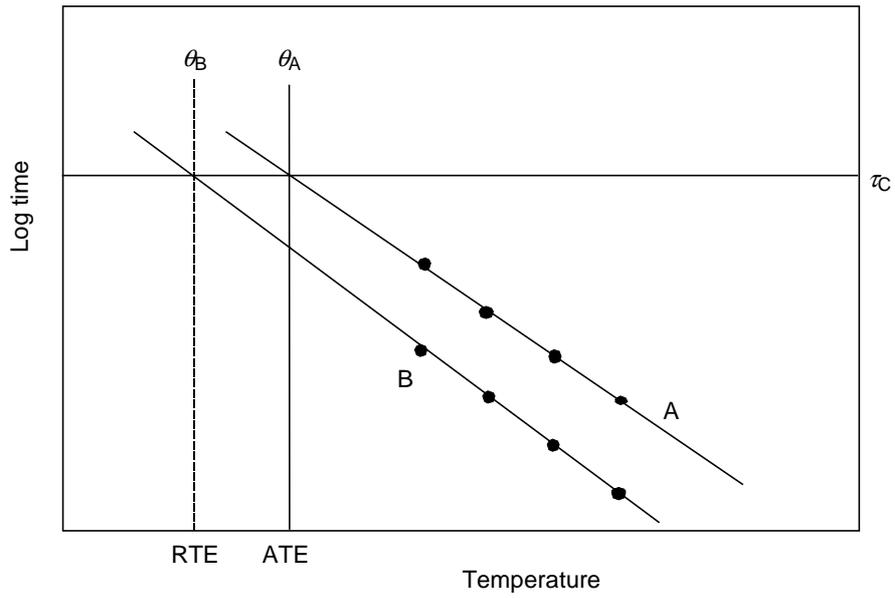
**Figure 1 – Graphique d'endurance thermique**



**Légende**

A = matériau de contrôle  
B = matériau candidat

**Figure 2 – Graphique d'endurance thermique inacceptable**

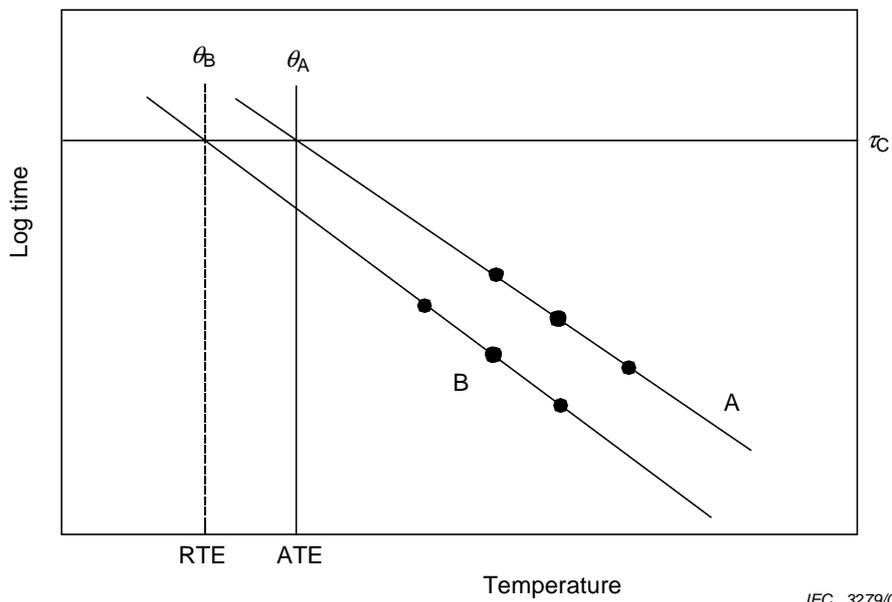


IEC 3278/02

**Key**

- A = control material
- B = candidate material

**Figure 1 – Thermal endurance graphs**



IEC 3279/02

**Key**

- A = control material
- B = candidate material

**Figure 2 – Unacceptable thermal endurance graphs**

## Annexe A (informative)

### Répétabilité du temps de corrélation

Si un matériau de contrôle a été essayé précédemment, il convient de comparer les valeurs de  $\tau_c$ . Une différence notable peut impliquer une modification du matériau de contrôle lui-même, ou éventuellement une modification dans l'étuve. Il convient de rechercher et de noter la cause.

La comparaison est effectuée en utilisant l'essai  $t$  de «Student» pour la différence des deux moyennes, par les procédures qui suivent. Les suffixes 1 et 2 font référence aux deux ensembles de données. Dans les équations, les valeurs de  $\bar{y}_1$  et  $\bar{y}_2$  sont les logarithmes des deux valeurs du temps de corrélation.

#### A.1 Essai $F$ pour l'égalité des variances

Les variances des valeurs  $y$  pour les matériaux de contrôle dans la présente détermination et dans la précédente ( $s_1^2$  et  $s_2^2$ ) doivent être calculées conformément aux instructions de la CEI 60216-3 (6.3.2, Equations (41) ou (42)). L'équivalence de ce rapport est alors vérifiée par l'essai  $F$  avec un niveau de confiance de 0,05, des degrés de liberté  $n_1-2$  et  $n_2-2$  (voir le Tableau B.2).

NOTE Les symboles  $s_1^2$  et  $s_2^2$  se rapportent ici aux estimations de la variance pour le matériau lors de précédents essais 1 et 2, et non pas à l'intérieur ou entre des classes comme dans la CEI 60216-3, Équations (41) et (42).

#### A.2 Erreur type de la différence de deux moyennes

Les valeurs de la variance sont combinées en utilisant les Équations (10) et (11) si les valeurs ne sont pas très différentes:

$$s_D^2 = \frac{s_1^2 (n_1 - 1) + s_2^2 (n_2 - 1)}{(n_1 + n_2 - 2)} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \quad (10)$$

$$n_D = (n_1 + n_2 - 2) \quad (11)$$

Si les valeurs de la variance sont très différentes, alors les Équations (12) et (13) doivent être utilisées. Dans ce cas, la valeur  $n_D$  peut ne pas être un entier. La valeur entière la plus proche (valeur arrondie vers le haut ou le bas selon ce qui est approprié) doit alors être utilisée dans les calculs qui suivent.

$$s_D^2 = \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \quad (12)$$

$$n_D = \frac{(s_D^2)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (13)$$

## Annex A (informative)

### Repeatability of correlation time

Where a control material has been tested on a previous occasion, the values of  $\tau_c$  should be compared. A significant difference may imply a change in the control material itself, or possibly a change in the oven equipment. The cause should be investigated and reported.

The comparison is made using the Student's  $t$ -test for the difference of two means, by the procedures below. The suffices 1 and 2 refer to the two sets of data. In the equations, the values  $\bar{y}_1$  and  $\bar{y}_2$  are the logarithms of the two values of correlation time.

#### A.1 $F$ -test for equality of variances

The variances of the  $y$ -values for the control materials in the present and previous determinations ( $s_1^2$  and  $s_2^2$ ) shall be calculated in accordance with the instructions of IEC 60216-3 (6.3.2, Equation (41) or (42)). Their ratio is then tested for equality of the variances by the  $F$ -test on a significance level of 0,05 with degrees of freedom  $n_1-2$  and  $n_2-2$  (see Table B.2).

NOTE The symbols  $s_1^2$  and  $s_2^2$  here refer to the estimates of variance for the material on occasions 1 and 2, and not to the within and between classes as given in IEC 60216-3, Equations (41) and (42).

#### A.2 Standard error of the difference of two means

The values of variance are combined using Equations (10) and (11) if the values are not significantly different:

$$s_D^2 = \frac{s_1^2 (n_1 - 1) + s_2^2 (n_2 - 1)}{(n_1 + n_2 - 2)} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \quad (10)$$

$$n_D = (n_1 + n_2 - 2) \quad (11)$$

If the values of variance are significantly different, then Equations (12) and (13) shall be used. In this case the value  $n_D$  may not be an integer. The nearest integer (rounded up or down as appropriate) shall then be employed in subsequent calculations.

$$s_D^2 = \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \quad (12)$$

$$n_D = \frac{\left( \frac{s_D^2}{n_1} \right)^2}{\frac{\left( \frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left( \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad (13)$$

La racine carrée de la valeur de  $s_D^2$  est l'erreur type,  $s$ , de la différence des moyennes générales des valeurs de  $y$ .

NOTE Si les valeurs de  $n_1$  et  $n_2$  sont égales, les Équations (10) et (12) deviennent identiques.

### A.3 Essai $t$ de «Student» pour la différence de deux moyennes

Si deux estimations d'une seule valeur moyenne (qui dans ce cas comprend les estimations par régression linéaire) sont obtenues à partir de deux ensembles distincts de données, et si l'on s'attend à ce que la valeur réelle soit la même, leur équivalence peut être vérifiée par l'essai  $t$  de «Student». Le principe de cet essai est de calculer le rapport entre la différence des estimations moyennes et l'erreur type de cette différence. Les variances des deux ensembles de données sont combinées de la même manière que les variances dans l'Article A.2, et l'erreur type est calculée.

La valeur de  $t$  est le rapport entre la différence des moyennes et l'erreur type:

$$t = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)}{\sqrt{s_D^2}} \tag{14}$$

Le nombre de degrés de liberté associé est  $n_D$ , ou l'entier le plus proche. Si la valeur de  $t$  est supérieure à cette valeur pour un niveau de confiance de 0,05, donnée dans le Tableau B.3, la différence est considérée comme significative et il convient d'en vérifier la cause.

Pour atteindre l'objectif de 5.3.2, dans les calculs des Équations (10) à (14), les valeurs de  $s_1^2$  et  $s_2^2$  sont obtenues en utilisant l'Équation (45) de la CEI 60216-3 (6.3.3), c'est-à-dire:

$$s_Y^2 = \frac{s^2}{N} \left[ 1 + \frac{(X - \bar{x})^2}{\mu_2(x)} \right]$$

$$s_1^2 = \left| N s_Y^2 \right|_1 \quad \text{et} \quad s_2^2 = \left| N s_Y^2 \right|_2 \tag{15}$$

Les valeurs de  $\bar{y}_1$  et  $\bar{y}_2$  sont les logarithmes des deux valeurs de  $\tau_c$ .

### A.4 Combinaison des données

Si les deux résultats du temps de corrélation et si les deux valeurs de la variance ne sont pas très différents, une estimation plus précise du logarithme du temps de corrélation peut être obtenue par fusion des deux ensembles de données:

$$\bar{y} = \frac{(n_1 \bar{y}_1 + n_2 \bar{y}_2)}{(n_1 + n_2)} \tag{16}$$

$$s^2 = \frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{(n_1 + n_2 - 2)} \tag{17}$$

The square root of the value of  $s_D^2$  is the standard error,  $s$ , of the difference of the general means of the  $y$ -values.

NOTE When the values of  $n_1$  and  $n_2$  are equal, Equations (10) and (12) become identical.

### A.3 Student's $t$ -test for difference of two means

When two estimates of a mean value (which in this case includes estimates by linear regression) are obtained from separate sets of data and the true values are expected to be the same, their equality may be tested by the Student's  $t$ -test. The principle of this test is to calculate the ratio of the difference of the mean estimates to the standard error of this difference. The variances of the two data sets are combined in the same way as the variances in Clause A.2 and the standard error calculated.

The value of  $t$  is the ratio of the difference of the means to the standard error:

$$t = \frac{(\bar{y}_1 - \bar{y}_2)}{\sqrt{s_D^2}} \quad (14)$$

The associated number of degrees of freedom is  $n_D$  or the nearest integer. If the value of  $t$  is greater than the value for a significance level of 0,05 given in Table B.3, the difference is considered to be significant and its cause should be investigated.

For the purposes of 5.3.2, in the calculations of Equations (10) to (14), the values of  $s_1^2$  and  $s_2^2$  are obtained using Equation (45) of IEC 60216-3 (6.3.3), viz:

$$s_Y^2 = \frac{s^2}{N} \left[ 1 + \frac{(X - \bar{x})^2}{\mu_2(x)} \right]$$

$$s_1^2 = \left| N s_Y^2 \right|_1 \quad \text{and} \quad s_2^2 = \left| N s_Y^2 \right|_2 \quad (15)$$

The values of  $\bar{y}_1$  and  $\bar{y}_2$  are the logarithms of the two values of  $\tau_c$ .

### A.4 Combination of data

If the two results for correlation time and the two values of variance are not significantly different, a more precise estimate of the logarithm of correlation time may be obtained by merging the two sets of data:

$$\bar{y} = \frac{(n_1 \bar{y}_1 + n_2 \bar{y}_2)}{(n_1 + n_2)} \quad (16)$$

$$s^2 = \frac{s_1^2 (n_1 - 1) + s_2^2 (n_2 - 1)}{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (17)$$

**Annexe B**  
(informative)

**Tableaux**

Le Tableau B.1 fait correspondre l'affectation à une classe thermique, quand elle est requise, à la valeur de la RTE.

**Tableau B.1 – Equivalences des classes thermiques pour matériau isolant**

RTE		Classe d'isolement
< 90		70
≥90	<105	90
≥105	<120	105
≥120	<130	120
≥130	<155	130
≥155	<180	155
≥180	<200	180
≥200	<220	200
≥220	<250	220
	≥250	250

Les Tableaux B.2 et B.3 donnent les valeurs de  $F$  et de  $t$  de «Student» pour des niveaux de confiance de 0,05 et 0,005.

NOTE 1 Le niveau de confiance,  $p$ , est égal à  $1-P$ , où  $P$  est la probabilité que la variable stochastique ( $F$  ou  $t$ ) soit inférieure à la valeur tabulée.

Les colonnes du tableau avec  $F$  (Tableau B.2) représentent le nombre de degrés de liberté du numérateur, et les rangs représentent le nombre de degrés de liberté du dénominateur.

Les colonnes du tableau avec  $t$  (Tableau B.3) représentent le nombre de degrés de liberté, et les rangs représentent le niveau de confiance ( $p$ ).

NOTE 2 Les tableaux comprennent les niveaux de confiance de 0,05 et 0,005 au cas où ils seraient nécessaires à n'importe quel moment. Pour les besoins présents, les valeurs de 0,005 peuvent être supprimées, mais elles sont enregistrées pour un usage futur.

## Annex B (informative)

### Tables

Table B.1 relates the thermal class assignment, when required, to the value of RTE.

**Table B.1 – Thermal class equivalents for insulating material**

RTE		Thermal class
<90		70
≥90	<105	90
≥105	<120	105
≥120	<130	120
≥130	<155	130
≥155	<180	155
≥180	<200	180
≥200	<220	200
≥220	<250	220
	≥250	250

Tables B.2 and B.3 give the values of  $F$  and of Student's  $t$  for significance levels of 0,05 and 0,005.

NOTE 1 The significance,  $p$ , is equal to  $1-P$ , where  $P$  is the probability of the stochastic variable ( $F$  or  $t$ ) being less than the tabulated value.

The columns of the  $F$  table (Table B.2) represent the number of degrees of freedom of the numerator and the rows the number of degrees of freedom of the denominator.

The columns of the  $t$  table (Table B.3) represent the number of degrees of freedom and the rows the significance level ( $p$ ).

NOTE 2 The tables include significance levels of 0,05 and 0,005 in case they should at any time be needed. For present purposes, the 0,005 values may be deleted, but they are on record for future use.

**Tableau B.2 – Fonction  $F$ ;  $p = 0,05$**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
10	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	2,828	2,812	2,798	2,785	2,774	2,730	2,700	2,661	2,637	2,588	2,548
11	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	2,701	2,685	2,671	2,658	2,646	2,601	2,570	2,531	2,507	2,457	2,415
12	2,753	2,717	2,687	2,660	2,637	2,617	2,599	2,583	2,568	2,555	2,544	2,498	2,466	2,426	2,401	2,350	2,307
13	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	2,515	2,499	2,484	2,471	2,459	2,412	2,380	2,339	2,314	2,261	2,218
14	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	2,445	2,428	2,413	2,400	2,388	2,341	2,308	2,266	2,241	2,187	2,142
15	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	2,385	2,368	2,353	2,340	2,328	2,280	2,247	2,204	2,178	2,123	2,078
16	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	2,333	2,317	2,302	2,288	2,276	2,227	2,194	2,151	2,124	2,068	2,022
17	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	2,289	2,272	2,257	2,243	2,230	2,181	2,148	2,104	2,077	2,020	1,973
18	2,412	2,374	2,342	2,314	2,290	2,269	2,250	2,233	2,217	2,203	2,191	2,141	2,107	2,063	2,035	1,978	1,929
19	2,378	2,340	2,308	2,280	2,256	2,234	2,215	2,198	2,182	2,168	2,155	2,106	2,071	2,026	1,999	1,940	1,891
20	2,348	2,310	2,278	2,250	2,225	2,203	2,184	2,167	2,151	2,137	2,124	2,074	2,039	1,994	1,966	1,907	1,856
25	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	2,069	2,051	2,035	2,021	2,007	1,955	1,919	1,872	1,842	1,779	1,725
30	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	1,995	1,976	1,960	1,945	1,932	1,878	1,841	1,792	1,761	1,695	1,637
40	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	1,904	1,885	1,868	1,853	1,839	1,783	1,744	1,693	1,660	1,589	1,526
50	2,026	1,986	1,952	1,921	1,895	1,871	1,850	1,831	1,814	1,798	1,784	1,727	1,687	1,634	1,599	1,525	1,457
100	1,927	1,886	1,850	1,819	1,792	1,768	1,746	1,726	1,708	1,691	1,676	1,616	1,573	1,515	1,477	1,392	1,308
500	1,850	1,808	1,772	1,740	1,712	1,686	1,664	1,643	1,625	1,607	1,592	1,528	1,482	1,419	1,376	1,275	1,159

**Fonction  $F$ ;  $p = 0,005$**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
10	5,847	5,746	5,661	5,589	5,526	5,471	5,422	5,379	5,340	5,305	5,274	5,153	5,071	4,966	4,902	4,772	4,666
11	5,418	5,320	5,236	5,165	5,103	5,049	5,001	4,959	4,921	4,886	4,855	4,736	4,654	4,551	4,488	4,359	4,252
12	5,085	4,988	4,906	4,836	4,775	4,721	4,674	4,632	4,595	4,561	4,530	4,412	4,331	4,228	4,165	4,037	3,931
13	4,820	4,724	4,643	4,573	4,513	4,460	4,413	4,372	4,334	4,301	4,270	4,153	4,073	3,970	3,908	3,780	3,674
14	4,603	4,508	4,428	4,359	4,299	4,247	4,200	4,159	4,122	4,089	4,059	3,942	3,862	3,760	3,698	3,569	3,463
15	4,424	4,329	4,250	4,181	4,122	4,070	4,024	3,983	3,946	3,913	3,883	3,766	3,687	3,585	3,523	3,394	3,287
16	4,272	4,179	4,099	4,031	3,972	3,920	3,875	3,834	3,797	3,764	3,734	3,618	3,539	3,437	3,375	3,246	3,139
17	4,142	4,050	3,971	3,903	3,844	3,793	3,747	3,707	3,670	3,637	3,607	3,492	3,412	3,311	3,248	3,119	3,012
18	4,030	3,938	3,860	3,793	3,734	3,683	3,637	3,597	3,560	3,527	3,498	3,382	3,303	3,201	3,139	3,009	2,901
19	3,933	3,841	3,763	3,696	3,638	3,587	3,541	3,501	3,465	3,432	3,402	3,287	3,208	3,106	3,043	2,913	2,804
20	3,847	3,756	3,678	3,611	3,553	3,502	3,457	3,416	3,380	3,347	3,318	3,203	3,123	3,022	2,959	2,828	2,719
25	3,537	3,447	3,370	3,304	3,247	3,196	3,151	3,111	3,075	3,043	3,013	2,898	2,819	2,716	2,652	2,519	2,406
30	3,344	3,255	3,179	3,113	3,056	3,006	2,961	2,921	2,885	2,853	2,823	2,708	2,628	2,524	2,459	2,323	2,207
40	3,117	3,028	2,953	2,888	2,831	2,781	2,737	2,697	2,661	2,628	2,598	2,482	2,401	2,296	2,230	2,088	1,965
50	2,988	2,900	2,825	2,760	2,703	2,653	2,609	2,569	2,533	2,500	2,470	2,353	2,272	2,164	2,097	1,951	1,821
100	2,744	2,657	2,583	2,518	2,461	2,411	2,367	2,326	2,290	2,257	2,227	2,108	2,024	1,912	1,840	1,681	1,529
500	2,562	2,476	2,402	2,337	2,281	2,230	2,185	2,145	2,108	2,075	2,044	1,922	1,835	1,717	1,640	1,460	1,260

**Tableau B.3 – Fonction  $t$**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
$p = 0,05$	1,812	1,796	1,782	1,771	1,761	1,753	1,746	1,740	1,734	1,729	1,725	1,708	1,697	1,684	1,676	1,660	1,648
$p = 0,005$	3,169	3,106	3,055	3,012	2,977	2,947	2,921	2,898	2,878	2,861	2,845	2,787	2,750	2,704	2,678	2,626	2,586

**Table B.2 – *F*- function;  $p = 0,05$**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
10	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	2,828	2,812	2,798	2,785	2,774	2,730	2,700	2,661	2,637	2,588	2,548
11	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	2,701	2,685	2,671	2,658	2,646	2,601	2,570	2,531	2,507	2,457	2,415
12	2,753	2,717	2,687	2,660	2,637	2,617	2,599	2,583	2,568	2,555	2,544	2,498	2,466	2,426	2,401	2,350	2,307
13	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	2,515	2,499	2,484	2,471	2,459	2,412	2,380	2,339	2,314	2,261	2,218
14	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	2,445	2,428	2,413	2,400	2,388	2,341	2,308	2,266	2,241	2,187	2,142
15	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	2,385	2,368	2,353	2,340	2,328	2,280	2,247	2,204	2,178	2,123	2,078
16	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	2,333	2,317	2,302	2,288	2,276	2,227	2,194	2,151	2,124	2,068	2,022
17	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	2,289	2,272	2,257	2,243	2,230	2,181	2,148	2,104	2,077	2,020	1,973
18	2,412	2,374	2,342	2,314	2,290	2,269	2,250	2,233	2,217	2,203	2,191	2,141	2,107	2,063	2,035	1,978	1,929
19	2,378	2,340	2,308	2,280	2,256	2,234	2,215	2,198	2,182	2,168	2,155	2,106	2,071	2,026	1,999	1,940	1,891
20	2,348	2,310	2,278	2,250	2,225	2,203	2,184	2,167	2,151	2,137	2,124	2,074	2,039	1,994	1,966	1,907	1,856
25	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	2,069	2,051	2,035	2,021	2,007	1,955	1,919	1,872	1,842	1,779	1,725
30	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	1,995	1,976	1,960	1,945	1,932	1,878	1,841	1,792	1,761	1,695	1,637
40	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	1,904	1,885	1,868	1,853	1,839	1,783	1,744	1,693	1,660	1,589	1,526
50	2,026	1,986	1,952	1,921	1,895	1,871	1,850	1,831	1,814	1,798	1,784	1,727	1,687	1,634	1,599	1,525	1,457
100	1,927	1,886	1,850	1,819	1,792	1,768	1,746	1,726	1,708	1,691	1,676	1,616	1,573	1,515	1,477	1,392	1,308
500	1,850	1,808	1,772	1,740	1,712	1,686	1,664	1,643	1,625	1,607	1,592	1,528	1,482	1,419	1,376	1,275	1,159

***F*- function;  $p = 0,005$**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
10	5,847	5,746	5,661	5,589	5,526	5,471	5,422	5,379	5,340	5,305	5,274	5,153	5,071	4,966	4,902	4,772	4,666
11	5,418	5,320	5,236	5,165	5,103	5,049	5,001	4,959	4,921	4,886	4,855	4,736	4,654	4,551	4,488	4,359	4,252
12	5,085	4,988	4,906	4,836	4,775	4,721	4,674	4,632	4,595	4,561	4,530	4,412	4,331	4,228	4,165	4,037	3,931
13	4,820	4,724	4,643	4,573	4,513	4,460	4,413	4,372	4,334	4,301	4,270	4,153	4,073	3,970	3,908	3,780	3,674
14	4,603	4,508	4,428	4,359	4,299	4,247	4,200	4,159	4,122	4,089	4,059	3,942	3,862	3,760	3,698	3,569	3,463
15	4,424	4,329	4,250	4,181	4,122	4,070	4,024	3,983	3,946	3,913	3,883	3,766	3,687	3,585	3,523	3,394	3,287
16	4,272	4,179	4,099	4,031	3,972	3,920	3,875	3,834	3,797	3,764	3,734	3,618	3,539	3,437	3,375	3,246	3,139
17	4,142	4,050	3,971	3,903	3,844	3,793	3,747	3,707	3,670	3,637	3,607	3,492	3,412	3,311	3,248	3,119	3,012
18	4,030	3,938	3,860	3,793	3,734	3,683	3,637	3,597	3,560	3,527	3,498	3,382	3,303	3,201	3,139	3,009	2,901
19	3,933	3,841	3,763	3,696	3,638	3,587	3,541	3,501	3,465	3,432	3,402	3,287	3,208	3,106	3,043	2,913	2,804
20	3,847	3,756	3,678	3,611	3,553	3,502	3,457	3,416	3,380	3,347	3,318	3,203	3,123	3,022	2,959	2,828	2,719
25	3,537	3,447	3,370	3,304	3,247	3,196	3,151	3,111	3,075	3,043	3,013	2,898	2,819	2,716	2,652	2,519	2,406
30	3,344	3,255	3,179	3,113	3,056	3,006	2,961	2,921	2,885	2,853	2,823	2,708	2,628	2,524	2,459	2,323	2,207
40	3,117	3,028	2,953	2,888	2,831	2,781	2,737	2,697	2,661	2,628	2,598	2,482	2,401	2,296	2,230	2,088	1,965
50	2,988	2,900	2,825	2,760	2,703	2,653	2,609	2,569	2,533	2,500	2,470	2,353	2,272	2,164	2,097	1,951	1,821
100	2,744	2,657	2,583	2,518	2,461	2,411	2,367	2,326	2,290	2,257	2,227	2,108	2,024	1,912	1,840	1,681	1,529
500	2,562	2,476	2,402	2,337	2,281	2,230	2,185	2,145	2,108	2,075	2,044	1,922	1,835	1,717	1,640	1,460	1,260

**Table B.3 – *t*-function**

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	40	50	100	500
$p = 0,05$	1,812	1,796	1,782	1,771	1,761	1,753	1,746	1,740	1,734	1,729	1,725	1,708	1,697	1,684	1,676	1,660	1,648
$p = 0,005$	3,169	3,106	3,055	3,012	2,977	2,947	2,921	2,898	2,878	2,861	2,845	2,787	2,750	2,704	2,678	2,626	2,586

## **Annexe C** (informative)

### **Programme informatique**

La présente norme est accompagnée d'une disquette contenant des programmes pour exécuter les calculs appropriés. Le programme exécutable et les codes sources sont tous deux fournis. En plus, deux fichiers de données (control.dta et candidate.dta) en vue des essais et un fichier "read.me" sont fournis.

Le programme "RTE.exe" et ses codes sources "RTE.bas" sont des versions améliorées du programme "TI.bas" fourni dans la CEI 60216-3 (Annexe E) et fonctionnent sous DOS ou DOS Windows. Tout comme le RTE et les limites de confiance des calculs statistiques, le résultat TI et ses valeurs associées sont notées.

Il convient de suivre la procédure ci-après:

- a) En utilisant le programme "Entry.bas"
  - 1) Entrer les données du matériau de contrôle et sauvegarder dans un fichier au nom adapté
  - 2) Entrer les données du matériau candidat et sauvegarder dans un fichier au nom adapté (différent)
- b) En utilisant le programme "RTE.bas"
  - 1) Rappeler et exécuter le fichier de données du matériau de contrôle.
    - i. Sélectionner "Calculate time for a temperature" (Calcul de durée en fonction d'une température): entrer la valeur ATE. Noter le temps affiché (temps de corrélation).
    - ii. Sélectionner "Calculate temperature for a time" (Calcul de température en fonction d'une durée): entrer le temps de corrélation.
    - iii. Noter la température calculée (égale à ATE) et la limite de confiance inférieure.
    - iv. Calculer la différence (intervalle de confiance).
  - 2) Rappeler et exécuter le fichier de données du matériau candidat
    - i. Sélectionner "Calculate temperature for a time" (Calcul de température en fonction d'une durée): entrer le temps de corrélation.
    - ii. Noter la température calculée (égale à RTE) et la limite de confiance inférieure.
    - iii. Calculer la différence (intervalle de confiance).
- c) Calculer les carrés des deux différences, la somme de ces carrés, puis la racine carrée de cette somme. C'est l'intervalle de confiance de la RTE.

Il convient de noter les résultats de calculs sur un matériau en vue des essais spécifiés dans l'Article 6.

---

## **Annex C** (informative)

### **Computer program**

This standard is accompanied by a diskette containing computer programs to execute the appropriate calculations. Both executable format and source code are included. In addition, two data files (control.dta and candidate.dta) for test purposes and a "read.me" file are included.

The program "RTE.exe" and its source code "RTE.bas" are enhanced versions of the program "TI.bas" included in IEC 60216-3 (Annex E) and are to be operated in DOS or a DOS Window. As well as the RTE and confidence limits for statistical calculations, the TI result and its associated values are reported.

The following procedure should be followed:

- a) Using the program "Entry.bas"
  - 1) Enter the data for the control material and save to a suitable file name
  - 2) Enter the data for the candidate material and save to a suitable (different) file name
- b) Using the program "RTE.bas"
  - 1) Recall and process the control data file.
    - i. Select "Calculate time for a temperature": enter the ATE value. Note the displayed time (correlation time).
    - ii. Select "Calculate temperature for a time": enter the correlation time.
    - iii. Note the calculated temperature (equal to ATE) and the lower confidence limit.
    - iv. Calculate the difference (confidence interval)
  - 2) Recall and process the candidate data file.
    - i. Select "Calculate temperature for a time": enter the correlation time
    - ii. Note the calculated temperature (equal to the RTE) and the lower confidence limit.
    - iii. Calculate the difference (confidence interval)
- c) Calculate the squares of the two differences, the sum of these squares, and the square root of the sum. This is the confidence interval of the RTE.

The results from the individual material calculations should be noted for use in the tests specified in Clause 6.

---





Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

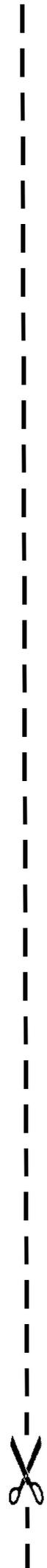
.....

.....

.....

.....

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
(ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?  
(cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres  
(1) inacceptable,  
(2) au-dessous de la moyenne,  
(3) moyen,  
(4) au-dessus de la moyenne,  
(5) exceptionnel,  
(6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....





ISBN 2-8318-6803-3



9 782831 868035

---

**ICS 19.020; 29.020; 29.035.01**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND