

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

216-3-2

Première édition
First edition
1993-09

**Guide pour la détermination des propriétés
d'endurance thermique de matériaux isolants
électriques**

Troisième partie:

Instructions pour le calcul des caractéristiques
d'endurance thermique

Section 2 - Calculs applicables aux résultats
incomplets: résultats des essais d'épreuve
de durée inférieure ou égale au temps
médian pour atteindre le point limite
(groupes d'essai égaux)

**Guide for the determination of thermal
endurance properties of electrical insulating
materials**

Part 3:

Instructions for calculating thermal endurance
characteristics

Section 2 - Calculations for incomplete data:
proof test results up to and including the
median time to end-point (equal test groups)



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 216-3-2: 1993

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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

Graphical and letter symbols

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

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

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

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
216-3-2**

Première édition
First edition
1993-09

**Guide pour la détermination des propriétés
d'endurance thermique de matériaux isolants
électriques**

Troisième partie:

Instructions pour le calcul des caractéristiques
d'endurance thermique

Section 2 - Calculs applicables aux résultats
incomplets: résultats des essais d'épreuve
de durée inférieure ou égale au temps
médian pour atteindre le point limite
(groupes d'essai égaux)

**Guide for the determination of thermal
endurance properties of electrical insulating
materials**

Part 3:

Instructions for calculating thermal endurance
characteristics

Section 2 - Calculations for incomplete data:
proof test results up to and including the
median time to end-point (equal test groups)

© CEI 1993 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 pro-
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Principes de calcul	10
3 Instructions à suivre pour déduire les caractéristiques d'endurance thermique	16
4 Référence	30
 ANNEXE A – Liste des symboles	 34
ANNEXE B – Exemple développé	38
ANNEXE C – Fractiles des lois de χ^2 , de t et de F	46
ANNEXE D – Programme BASIC pour données incomplètes	48
ANNEXE E – Coefficients pour l'estimation des moyennes et des variances de groupe et de la variance des moyennes pour des résultats incomplets	56
ANNEXE F – Temps unique et temps multiples jusqu'au point limite dans le premier cycle	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Calculation principles	11
3 Instructions for deriving thermal endurance characteristics	17
4 References	31
APPENDIX A – List of symbols	35
APPENDIX B – Worked example	39
APPENDIX C – Fractiles of the χ^2 , t and F distributions	47
APPENDIX D – BASIC program for incomplete data	48
APPENDIX E – Coefficients for estimation of group means, variances and variance of means for incomplete data	57
APPENDIX F – Single and multiple times to end-point within first cycle	59

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR LA DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS
D'ENDURANCE THERMIQUE DE MATÉRIAUX ISOLANTS
ÉLECTRIQUES****Troisième partie: Instructions pour le calcul des
caractéristiques d'endurance thermique****Section 2 - Calculs applicables aux résultats incomplets:
résultats des essais d'épreuve de durée inférieure ou
égale au temps médian pour atteindre le point limite
(groupes d'essai égaux)****PRÉAMBULE**

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été préparée par le Sous-Comité 15B: Essais d'endurance, du Comité d'Etudes n° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
15B(BC)82	15B(BC)88

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

**GUIDE FOR THE DETERMINATION OF THERMAL
ENDURANCE PROPERTIES OF ELECTRICAL INSULATING
MATERIALS****Part 3: Instructions for calculating thermal
endurance characteristics****Section 2 - Calculations for incomplete data: proof test results
up to and including the median time to end-point
(equal test groups)****FOREWORD**

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

PREFACE

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

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

DIS	Report on Voting
15B(CO)82	15B(CO)88

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

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

Publications n^{os} 216: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.

216-1 (1990): Première partie: Guide général relatif aux méthodes de vieillissement et à l'évaluation des résultats d'essai.

216-2 (1990): Deuxième partie: Choix de critères d'essai.

216-3-1 (1990): Troisième partie: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique, Section 1 - Calculs basés sur les valeurs moyennes des résultats complets normalement distribués.

216-5 (1990): Cinquième partie: Guide pour l'utilisation des caractéristiques d'endurance thermique.

493: Guide pour l'analyse statistique de données d'essais de vieillissement.

493-1 (1974) Première partie: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués.

Withdrawing

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication Nos. 216: Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials

216-1 (1990): Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results.

216-2 (1990): Part 2: Choice of test criteria.

216-3-1 (1990): Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics.
Section 1 - Calculations using mean values of normally distributed complete data.

216-5 (1990): Guidelines the for the application of thermal endurance characteristics.

493: Guide for the statistical analysis of ageing test data.

493-1 (1974): Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results.

Withdrawing

GUIDE POUR LA DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE DE MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES

Troisième partie: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique

Section 2 - Calculs applicables aux résultats incomplets: résultats des essais d'épreuve de durée inférieure ou égale au temps médian pour atteindre le point limite (groupes d'essai égaux)

INTRODUCTION

La Publication 216 de la CEI: Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques, est composée de plusieurs parties:

- Première partie: Guide général relatif aux méthodes de vieillissement et à l'évaluation des résultats d'essai (Publication 216-1 de la CEI).
- Deuxième partie: Choix de critères d'essai (Publication 216-2 de la CEI).
- Troisième partie: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique (Publication 216-3 de la CEI).
- Quatrième partie: Etuves de vieillissement (Publication 216-4 de la CEI).
- Cinquième partie: Guide pour l'utilisation des caractéristiques d'endurance thermique (Publication 216-5 de la CEI).

La présente partie se compose de plusieurs sections basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués. Des sections supplémentaires pourront y être ajoutées pour prendre en compte d'autres procédures statistiques, par exemple: statistiques sur les valeurs extrêmes pour les cas où le traitement par valeurs moyennes est inadéquat. Cependant, l'expérience acquise à ce jour est insuffisante pour permettre l'utilisation de ces méthodes pour l'élaboration de normes d'endurance thermique.

Cette publication est la section 2. Elle consiste exclusivement en instructions de calcul. On trouvera la théorie statistique correspondante dans la partie appropriée de la Publication 493 de la CEI, ou dans les références qui y sont données.

Une nouvelle troisième partie est en préparation combinant et développant les présentes Sections 1 et 2 en relation avec une nouvelle autre section: Procédures de calcul pour les résultats normalement distribués provenant d'essais destructifs.

GUIDE FOR THE DETERMINATION OF THERMAL ENDURANCE PROPERTIES OF ELECTRICAL INSULATING MATERIALS

Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics

Section 2 - Calculations for incomplete data: proof test results up to and including the median time to end-point (equal test groups)

INTRODUCTION

IEC Publication 216: Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials, is composed of several parts:

- Part 1: General guidelines for ageing procedures and evaluation of test results (IEC Publication 216-1).
- Part 2: Choice of test criteria (IEC Publication 216-2).
- Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics (IEC Publication 216-3).
- Part 4: Ageing ovens (IEC Publication 216-4).
- Part 5: Guidelines for the application of thermal endurance characteristics (IEC Publication 216-5).

This part consists of several sections based upon mean values of normally distributed test results. Further sections may be added to take account of other statistical procedures, for example extreme value statistics for those cases where mean value treatments are inadequate. However, there is at present insufficient experience to enable these methods to be used in thermal endurance standards.

This is Section 2. It consists exclusively of calculation instructions. The relevant statistical theory will be found in the appropriate part of IEC Publication 493, or in the references given.

A new Part 3 is in preparation combining and further developing the present Sections 1 and 2 together with the draft of a separate Section: Calculation procedures for normally distributed results from destructive test procedures.

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la Publication 216 de la CEI donne les instructions applicables au calcul des caractéristiques d'endurance thermique à partir des résultats obtenus conformément aux Publications 216-1 et 216-2 de la CEI.

La section 1 donne le schéma des étapes essentielles du calcul pour des résultats complets normalement distribués, conformément aux principes statistiques formulés dans la Publication 493-1 de la CEI, auxquels il convient de se référer pour plus de détails concernant les bases mathématiques.

La section 3 donne la séquence de calcul pour des résultats d'essais incomplets de groupes d'égale grandeur où des résultats sont disponibles jusques et y compris le temps médian pour atteindre le point limite.

Un exemple développé, un programme informatique écrit en «BASIC» et des tableaux statistiques appropriés sont donnés dans les annexes.

2 Principes de calcul

2.1 Principes statistiques

Les procédures de calcul et les instructions données à l'article 3 sont basées sur les principes et hypothèses formulés dans la Publication 493-1 de la CEI. Les hypothèses faites peuvent être exprimées sous une forme simple comme suit (voir Publication 493-1 de la CEI, paragraphe 3.7.1):

- 1) La relation entre la moyenne des logarithmes des temps mis pour atteindre un point limite donné («temps jusqu'au point limite») et l'inverse de la température thermodynamique (absolue) de vieillissement est linéaire.
- 2) Les valeurs des écarts des logarithmes des temps jusqu'au point limite par rapport à cette relation linéaire sont distribuées normalement avec une variance qui est indépendante de la température de vieillissement.

Lorsque les résultats disponibles sont incomplets, en ce sens que les temps jusqu'au point limite supérieurs à la valeur médiane de chaque groupe n'ont pas été déterminés, les estimations non biaisées de la moyenne et de la variance du logarithme du temps jusqu'au point limite de chacun des groupes et de la variance de la moyenne peuvent être déterminées par une méthode algébrique simple (voir la référence donnée à l'article 4).

Ces estimations sont utilisées de la même manière que les estimations de moyennes et de variances de la section 1 de cette partie de la Publication 216.

Les meilleures estimations des coefficients de la relation linéaire sont obtenues par la méthode des moindres carrés, et les limites de confiance associées à une estimation qui utilise cette relation linéaire sont obtenues à l'aide des méthodes d'analyse de régression généralisée.

1 Scope and object

This part of IEC Publication 216 gives instructions for calculation of thermal endurance characteristics from data obtained in accordance with IEC Publications 216-1 and 216-2.

Section 1 gives the main sequence calculation scheme for complete normally distributed data, in accordance with the statistical principles set out in IEC Publication 493-1, to which reference should be made for the mathematical background details.

Section 3 gives the calculation sequence for incomplete test results from groups of equal magnitude, where results are available up to and including the median time to end-point.

A worked example, a computer program written in "BASIC" and appropriate statistical tables are given in the appendices.

2 Calculation principles

2.1 Statistical principles

The calculation procedures and instructions given in Clause 3 are based upon the principles and assumptions set out in IEC Publication 493-1. The assumptions made may be expressed in simple form as follows (see IEC publication 493-1, sub-clause 3.7.1):

- 1) The relation between the mean of the logarithms of the times taken to reach a given end-point ("time to end-point") and the reciprocal thermodynamic (absolute) ageing temperature is linear.
- 2) The values of the deviations of the logarithms of the times to end-point from this linear relation are normally distributed with a variance which is independent of the ageing temperature.

Where the available data are incomplete, in that times to end-point above the median value of each group are not determined, unbiased estimates of the mean and variance of the logarithm of time to end-point within each group, and of the variance of the mean may be determined by a simple algebraic method (see reference in Clause 4).

These estimates are used in a fashion similar to that used for the estimates of mean and variance in Section 1 of this part of Publication 216.

The best estimates of the coefficients of the linear relationship are obtained by the method of least squares, and the confidence limits associated with an estimate using this linear relationship are obtained using the methods of generalized regression analysis.

2.2 Données d'analyse

Les données expérimentales sont obtenues sous forme de valeurs de température (ϑ °C) et de temps jusqu'au point limite (t heures). Chaque valeur est transformée en valeur x ou y :

$x_i = 1 / (\vartheta_i + 273)$ valeur (i) de l'inverse de la température thermodynamique (absolue)

$y_{ij} = \log(t_{ij})^*$ log de la valeur (j) du temps dans le i^{ème} groupe de vieillissement (i)

n = nombre d'éprouvettes dans chaque groupe

k = nombre de groupes (= nombre de températures d'exposition)

La valeur individuelle de t_{ij} est égale au temps correspondant au milieu du dernier cycle de l'essai d'épreuve avant que le point limite ne soit atteint.

Les valeurs sont incluses dans le calcul jusqu'au m^{ème} temps jusqu'au point limite t_{im}

$$m = (n + 1)/2 \quad \text{si } n \text{ est impair}$$

ou

$$m = n / 2 + 1 \quad \text{si } n \text{ est pair}$$

2.3 Restrictions

- Le nombre initial d'éprouvettes dans tous les groupes doit être le même et au moins égal à 11.
- Les essais dans chaque groupe doivent être effectués jusqu'à ce que le temps médian pour atteindre le point limite soit obtenu.
- La durée du cycle de chaque groupe doit être choisie de manière telle que le temps médian pour atteindre le point limite ne soit pas obtenu avant le huitième cycle ni après le douzième cycle.
- Un temps jusqu'au point limite situé à l'intérieur du premier cycle ne peut être traité par aucune procédure mathématique connue et doit être reconnu non valide.

On peut:

- recommencer avec un nouveau groupe d'éprouvettes;
- adopter la procédure indiquée en annexe F car l'imprécision mathématique introduite par cette procédure sera faible.

Si le temps limite est atteint pour plus d'une éprouvette au cours du premier cycle, il sera nécessaire d'écarter ce groupe et d'essayer un autre groupe en portant une attention particulière aux points critiques de la technique d'expérimentation.

* En principe, les calculs peuvent être faits à l'aide de logarithmes népériens (base e) ou décimaux (base 10), pour autant que le choix reste le même pendant toute la durée des calculs. Pour cette raison, le symbole $\log(y)$ est toujours utilisé, sauf dans le paragraphe 3.1.5.

Afin de permettre à certains résultats intermédiaires d'être comparables à ceux de la deuxième édition des Publications 216-3 (1980) et 216-4 (1980), de la CEI, le programme informatique (annexe D) utilise des logarithmes de base 10.

2.2 Data for analysis

The experimental data are obtained as values of temperature (ϑ °C) and time to end-point (t hours). Each value is transformed to an x or y value:

$x_i = 1 / (\vartheta_i + 273)$ value (i) of reciprocal thermodynamic (absolute) temperature.

$y_{ij} = \log (t_{ij})^*$ log of value (j) of time in i'th ageing group (i)

n = number of specimens in each group

k = number of groups (= number of exposure temperatures)

The individual value of t_{ij} is taken as the mid-point of the last proof test cycle before the end point is reached.

Values are included in the calculation up to the m 'th time to end-point, t_{im}

$$\begin{aligned} m &= (n + 1)/2 && \text{if } n \text{ is odd} \\ \text{or} \\ m &= n / 2 + 1 && \text{if } n \text{ is even} \end{aligned}$$

2.3 Restrictions

- The initial numbers of specimens in all groups shall be equal and not less than 11.
- Testing in each group shall be continued until the median time to end-point is reached.
- The cycle time for each group shall be chosen so that the median time to end-point is reached not earlier than the eighth cycle and preferably not later than the twelfth.
- A time to end-point within the first cycle cannot be treated by any known mathematical procedure, and shall be treated as invalid.

Either:

- start again with a new group of specimens;
- adopt the procedure of Appendix F as the mathematical inaccuracy introduced by this procedure will be small.

If the end-point is reached for more than one specimen during the first cycle, it is necessary to discard the group and test a further group, paying particular attention to any critical points of experimental technique.

* In principle, calculations may be made using natural (base e) or Briggsian (base 10) logarithms, as long as the choice is consistent throughout. For this reason, the symbol $\log (y)$ is used throughout, except in Sub-clause 3.1.5.

In order to enable some intermediate results to be comparable with those of the second edition of Publications 216-3 (1980) and 216-4 (1980), the computer program (Appendix D) uses logarithms to base 10.

2.4 Tests statistiques

La procédure de calcul comprend trois tests:

- a) Test d'égalité de variance (χ^2 de Bartlett).
- b) Test de linéarité (F).
- c) Test de dispersion (intervalle de confiance).

Les tests b) et c) peuvent mettre en lumière des écarts par rapport au comportement idéal qui ont une signification statistique mais qui sont trop faibles pour avoir des conséquences pratiques sérieuses. Des procédures sont prévues qui prennent en compte ces circonstances.

2.4.1 Test χ^2 de Bartlett

Les inégalités de variance, autres que les inégalités importantes, ne sont pas considérées comme pouvant conduire à des erreurs notables, que ce soit sur l'indice de température ou sur l'intervalle de confiance. La valeur de χ^2 est calculée et, si cette valeur est supérieure à celle correspondant à un niveau de signification de 0,05, les valeurs de χ^2 et son niveau de signification sont consignés comme indiqué au paragraphe 3.1.5.

2.4.2 Test F de linéarité

Le rapport F est le rapport de la variance des écarts des moyennes du groupe de vieillissement par rapport à la droite de régression (s_2^2 , voir équation (11)), à la variance au sein des groupes de vieillissement (s_1^2 , voir équation (10)). Une valeur élevée de F peut provenir soit d'une valeur élevée des écarts par rapport à la droite de régression soit d'une valeur faible de la variance des données au sein des groupes.

Le rapport F est testé par rapport aux valeurs tabulées F_0 à un niveau de signification de 0,05.

Dans le cas de résultats très peu dispersés, il est possible de détecter une non-linéarité statistiquement significative mais de peu d'importance pratique.

Pour pouvoir obtenir un résultat même lorsque le test F a échoué de cette manière, il est prévu de procéder comme suit:

- a) Augmenter la valeur de la variance au sein des groupes de vieillissement (s_1^2) de manière que le test F donne un résultat juste acceptable, c'est-à-dire substituer à s_1^2 une valeur ajustée $(s_1^2)_a = s_1^2 (F / F_0)$; voir paragraphe 3.1.6 b).
- b) Utiliser cette valeur ajustée pour calculer la limite inférieure de confiance du résultat, TC_a .
- c) Si l'intervalle inférieur de confiance ($IT - TC_a$) est considéré comme acceptable ($IT - TC_a \leq 0,6$ IDC, voir paragraphe 2.4.3), la non-linéarité est considérée comme sans importance pratique.

2.4 Statistical tests

Three tests are included in the calculation procedure.

- a) Variance equality (Bartlett's χ^2) test.
- b) Linearity (F) test.
- c) Dispersion (confidence interval) test.

Test b) and c) may detect deviations from ideal behaviour which are statistically significant but which are too small to have serious practical consequences. Procedures are included to meet these circumstances.

2.4.1 Bartlett's χ^2 test

Inequalities of variance, other than major inequalities, are not considered to lead to serious errors either of temperature index or confidence interval. The value of χ^2 is calculated, and if this value is greater than that corresponding to a significance level of 0,05, the values of χ^2 and its significance level are reported, as in Sub-clause 3.1.5.

2.4.2 F -test for linearity

The F ratio is the ratio of the variance of the deviations of the ageing group means from the regression line, (s_2^2 , see equation (11)) to the variance within the ageing groups (s_1^2 , see equation (10)). A high value of F may result either from a high value of the deviations from the regression line or from a low value of the variance of data within the groups.

The F ratio is tested against tabulated values F_0 at a significance level of 0,05.

In the case of data of very small dispersion, it is possible for a non-linearity to be detected as statistically significant which is of little practical importance.

In order that a result may be obtained even where the F test has failed in this way, a procedure is included as follows.

- a) Increase the value of the variance within the ageing groups (s_1^2) so that the F test gives a result which is just acceptable, that is substitute s_1^2 by an adjusted value $(s_1^2)_a = s_1^2 (F / F_0)$, see Sub-clause 3.1.6 b).
- b) Use this adjusted value to calculate the lower confidence limit of the result, TC_a .
- c) If the lower confidence interval ($TI - TC_a$) is found acceptable ($TI - TC_a \leq 0,6 \text{ HIC}$, see Sub-clause 2.4.3) the non-linearity is deemed to be of no practical importance.

2.4.3 Test de dispersion de résultats

Lorsque l'indice de température, sa limite inférieure de confiance et son intervalle de division par deux (IT, TC et IDC respectivement) ont été calculés, l'intervalle inférieur de confiance (IT - TC) est considéré comme acceptable si:

$$IT - TC \leq 0,6 IDC$$

(ou $IT - TC_a \leq 0,6 IDC$ si approprié)

Dans les cas où l'intervalle inférieur de confiance dépasse 0,6 IDC à une faible marge tout en restant inférieur à 1,6 IDC, un résultat utilisable peut cependant être obtenu (pourvu que $F \leq F_0$) en calculant un IT_a ajusté. Celui-ci est obtenu en soustrayant de la valeur calculée de IT la quantité dont l'intervalle inférieur de confiance excède 0,6 IDC,

c'est-à-dire, si $0,6 IDC < IT - TC \leq 1,6 IDC$,

et, si en même temps $F \leq F_0$, indiquer pour IT la valeur

$$IT_a = IT - [(IT - TC) - 0,6 IDC] = TC + 0,6 IDC$$

au lieu de la valeur de IT calculée à partir de l'équation de régression (voir paragraphe 3.1.8).

Si les conditions ci-dessus ne sont pas remplies, le résultat de l'essai ne peut être fourni que sous la forme $IT_g = \dots$, $IDC_g = \dots$, comme dans le paragraphe 3.2.3 (voir aussi la Publication 216-1 de la CEI, paragraphe 12.5).

2.5 Précision interne des calculs

De nombreuses étapes du calcul impliquent d'effectuer des sommes de différences de nombres ou de carrés de ces différences, dans lesquelles les différences peuvent être petites en comparaison des nombres. Dans ces cas, il est nécessaire que les calculs soient faits avec une précision interne de six chiffres significatifs ou plus, pour obtenir une précision du résultat de trois chiffres significatifs. Du fait de la nature répétitive et fastidieuse des calculs, il est fortement recommandé de les faire à l'aide d'une calculatrice programmable ou d'un micro-ordinateur, auquel cas la précision interne de 10 ou même 12 chiffres significatifs peut être facilement obtenue.

3 Instructions à suivre pour déduire les caractéristiques d'endurance thermique

3.1 Déduction numérique et graphique d'endurance thermique

3.1.1 Estimation des moyennes et des variances de groupe et de la variance des moyennes

(Ces instructions s'appliquent dans le cas de groupes égaux avec des temps jusqu'au point limite connus jusqu'au temps médian.)

- i) Faire un rangement des logarithmes des temps par ordre croissant jusqu'au point limite dans chaque groupe.

$$y_{i1} \leq y_{i2} \leq \dots \leq y_{im}$$

2.4.3 Data dispersion test

When the temperature index, its lower confidence limit and the halving interval (TI, TC and HIC respectively) have been calculated, the lower confidence interval (TI-TC) is considered acceptable if:

$$TI - TC \leq 0,6 \text{ HIC}$$

(or $TI - TC_a \leq 0,6 \text{ HIC}$ if appropriate).

In cases where the lower confidence interval exceeds 0,6 HIC by a small margin, still being less than 1,6 HIC, a usable result may yet be obtained (provided $F \leq F_0$) by calculating an adjusted TI_a , that is to say, by subtracting from the calculated TI the amount by which the lower confidence interval exceeds 0,6 HIC,

i.e. if $0,6 \text{ HIC} < TI - TC \leq 1,6 \text{ HIC}$,

and at the same time $F \leq F_0$ report as TI the value

$$TI_a = TI - [(TI - TC) - 0,6 \text{ HIC}] = TC + 0,6 \text{ HIC}$$

instead of the value of TI calculated from the regression equation (see Sub-clause 3.1.8).

If the above conditions are not met, the test result may be reported only in the format $TI_g = \dots$, $HIC_g = \dots$ as in Sub-clause 3.2.3 (see also IEC Publication 216-1, Sub-clause 12.5).

2.5 Internal precision of calculations

Many of the calculation steps involve summing of the differences of numbers or the squares of these differences, where the differences may be small by comparison with the numbers. In these circumstances, it is necessary that the calculations be made with an internal precision of at least six digits and preferably more, to achieve a result precision of three digits. In view of the repetitive and tedious nature of the calculations, it is strongly recommended that they be performed using a programmable calculator or microcomputer, in which case internal precision of 10 or even 12 digits is easily available.

3 Instructions for deriving thermal endurance characteristics

3.1 Numerical derivation and thermal endurance graph

3.1.1 Estimation of group means, variances and variance of means

(These instructions apply to the case of equal groups with times to end-point known up to the median.)

- i) Arrange the logarithms of times to end-point in each group in increasing order

$$y_{i1} \leq y_{i2} \leq \dots \leq y_{im}$$

ii) Calculer l'estimation de la moyenne

$$\bar{y}_i = (1 - \mu)y_{im} + \frac{\mu}{(m-1)} \sum_{j=1}^{m-1} y_{ij} \quad (1)$$

iii) Calculer l'estimation de la variance

$$s_{li}^2 = \alpha \sum_{j=1}^{m-1} (y_{im} - y_{ij})^2 + \beta \left[\sum_{j=1}^{m-1} (y_{im} - y_{ij}) \right]^2 \quad (2)$$

Les coefficients μ , α , β (et ϵ utilisé dans l'équation 11 et les suivantes) se trouvent dans l'annexe E.

3.1.2 Moyennes générales

Calculer les valeurs de $\bar{x}$, $\bar{y}$, et N . Toutes les sommations restantes de l'article 3 sont faites sur l'indice i allant de 1 à k .

$$N = mk \quad (3)$$

$$\bar{x} = \sum x_i / k \quad (4)$$

$$\bar{y} = \sum y_i / k \quad (5)$$

3.1.3 Equation de régression et graphique d'endurance thermique

Calculer les coefficients de l'équation de régression

$$y = a + bx \quad (6)$$

à l'aide des équations

$$b = \frac{\sum x_i \bar{y}_i - k \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - k \bar{x}^2} \quad (7)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} \quad (8)$$