

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60605-6

Deuxième édition
Second edition
1997-04

Essais de fiabilité des équipements –

Partie 6:

**Tests de validité des hypothèses du taux de
défaillance constant ou de l'intensité
de défaillance constante**

Equipment reliability testing –

Part 6:

**Tests for the validity of the constant failure
rate or constant failure intensity assumptions**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60605-6: 1997

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60605-6

Deuxième édition
Second edition
1997-04

Essais de fiabilité des équipements –

Partie 6:

**Tests de validité des hypothèses du taux de
défaillance constant ou de l'intensité
de défaillance constante**

Equipment reliability testing –

Part 6:

**Tests for the validity of the constant failure
rate or constant failure intensity assumptions**

© IEC 1997 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Symboles	10
5 Exigences	10
6 Test de l'hypothèse du taux de défaillance constant	12
7 Test de l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante	16
Annexes	
A Distribution χ^2	20
B Exemples: Test de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant	22
C Exemple: Test de l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante	26
D Bibliographie	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Symbols	11
5 Requirements	11
6 Tests for constant failure rate	13
7 Test for constant failure intensity	17
Annexes	
A Chi-square distribution	21
B Examples: Test for constant failure rate	23
C Example: Test for constant failure intensity	27
D Bibliography	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 6: Tests de validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante

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, 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 60605-6 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1986 et son amendement 1 (1989). Elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/537/FDIS	56/571/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Le contenu du corrigendum de décembre 2000 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –**Part 6: Tests for the validity of the constant failure rate or
constant failure intensity assumptions**

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 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 60605-6 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1986 and amendment 1 (1989) and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
56/537/FDIS	56/571/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B, C and D are for information only.

The contents of the corrigendum of December 2000 have been included in this copy.

INTRODUCTION

Les techniques décrites dans la présente partie de la CEI 60605 sont des procédures numériques et graphiques qui peuvent être exécutées en utilisant un calculateur afin de tester les hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante.

Plus généralement, ces techniques peuvent être utilisées pour tester l'hypothèse que des événements sont distribués exponentiellement.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60605-6:1997

Withdrawn

INTRODUCTION

The techniques given in this part of IEC 60605 for testing constant failure rate or constant failure intensity assumptions are numerical and graphical procedures that can best be implemented through the use of a computer.

More generally, these techniques can be used for testing the assumption that events are exponentially distributed.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60605-6:1997

Withd2Wm

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 6: Tests de validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60605 spécifie les procédures pour vérifier la validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante, ces termes étant compris selon leur définition donnée dans la CEI 60050(191). Ces procédures sont applicables chaque fois que nécessaire pour vérifier ces hypothèses. Cette nécessité peut être due à une exigence ou dans l'intention d'évaluer le comportement en fonction du temps du taux de défaillance ou de l'intensité de défaillance.

Les tests spécifiés dans la présente Norme internationale consistent à :

- tester si les durées de fonctionnement **avant** défaillance d'entités sont distribuées exponentiellement, c'est-à-dire si le taux de défaillance de ces entités est constant;
- tester si les temps **entre** défaillances d'une entité réparée unique n'ont aucune tendance particulière en fonction du temps, c'est-à-dire si l'intensité de défaillance ne présente pas une tendance à la croissance ou à la décroissance.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60605. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60605 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-dessous. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(191): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60300-3-4: 1996, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 4: Spécification d'exigences de sûreté de fonctionnement*

CEI 61014: 1989, *Programmes de croissance de fiabilité*

CEI 61164: 1995, *Croissance de la fiabilité – Tests et méthodes d'estimation statistiques*

CEI 61649: *Procédures pour le test d'adéquation, les intervalles de confiance et les limites inférieures de confiance pour des données suivant une loi de Weibull*

ISO 3534-1: 1993, *Statistique – Vocabulaire et symboles – Partie 1: Probabilité et termes statistiques*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60605, les termes et définitions sont en accord avec la CEI 60050(191).

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 6: Tests for the validity of the constant failure rate or constant failure intensity assumptions

1 Scope

This part of IEC 60605 specifies procedures to verify the assumption of a constant failure rate or constant failure intensity as defined in IEC 60050(191). These procedures are applicable whenever it is necessary to verify these assumptions. This may be due to a requirement or for the purpose of assessing the behaviour in time of the failure rate or the failure intensity.

The tests specified in this International Standard are one of the following:

- to test whether the times **to** failure of items are exponentially distributed, i.e. the failure rate is constant;
- to test whether the times **between** failures of a single repaired item do not have any time trend, i.e. the failure intensity does not exhibit an increasing or decreasing trend.

2 Normative references

The following normative documents contain provision which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60605. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreement based on this part of IEC 60605 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(191): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-3-4: 1996, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 4: Guide to the specification of dependability requirements*

IEC 61014: 1989, *Programmes for reliability growth*

IEC 61164: 1995, *Reliability growth – Statistical test and estimation methods*

IEC 61649: *Procedures for goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data*

ISO 3534-1: 1993, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60605, terms and definitions are in accordance with IEC 60050(191).

4 Symboles

- $F(i,n)$ fonction auxiliaire utilisée dans la procédure graphique pour le test du taux de défaillance constant portant sur n entités
- n taille d'échantillon, c'est-à-dire le nombre total d'entités soumises à l'essai pour vérifier l'hypothèse du taux de défaillance constant
- t_i variable représentant le temps jusqu'à la défaillance d'ordre i , utilisé lors du test de l'hypothèse du taux de défaillance constant portant sur n entités
- d paramètre en relation avec le nombre de défaillances à prendre en compte; si le test de validité est fait à un instant qui coïncide avec une défaillance, alors $d = r - 1$; sinon $d = r$
- m nombre d'intervalles lorsqu'on utilise un échantillon de grande taille
- w largeur d'intervalle, mesurée en termes de temps cumulé
- α risque de réfuter à tort l'hypothèse d'un taux de défaillance (instantané) constant ou d'une intensité de défaillance (instantanée) constante
- r le nombre de défaillances apparues pendant l'essai
- T^* temps cumulé d'essai
- T_i temps cumulé d'essai jusqu'à l'apparition de la i ème défaillance
- T_r temps cumulé d'essai jusqu'à l'apparition de la dernière défaillance
- u_p fractile d'ordre p de la fonction de répartition de la loi normale réduite
- U valeur calculée de la statistique, utilisée pour tester l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante
- E nombre de défaillances attendues dans un intervalle de temps
- O_i nombre des défaillances observées dans le i ème intervalle de temps
- v nombre de degrés de liberté

5 Exigences

Il faut que les exigences suivantes soient satisfaites pour que les procédures spécifiées dans la présente norme soient valides:

Lorsque n entités non réparées sont essayées pour tester l'hypothèse du **taux** de défaillance constant:

- on doit disposer d'au moins 10 temps **jusqu'à** défaillance pour utiliser la procédure numérique;
- on doit disposer d'au moins quatre temps **jusqu'à** défaillance pour utiliser la procédure graphique.

Lorsque une seule entité réparée est essayée pour tester l'hypothèse de **l'intensité** de défaillance constante:

- on doit essayer l'entité suffisamment longtemps, de telle sorte que l'on dispose d'au moins six temps **entre** défaillances.

NOTES

- 1 Un guide général pour ces procédures est donné dans la CEI 60300-3-4 et la future CEI 60300-3-5 (voir Bibliographie).
- 2 Dans la présente norme, le terme «temps» peut représenter des durées, des cycles ou d'autres quantités. Le terme «défaillance» peut aussi représenter d'autres événements spécifiés tel que l'exécution d'une réparation ou tout autre événement particulier.

4 Symbols

$F(i,n)$	auxiliary function for the graphical procedure when testing n items for constant failure rate
n	sample size, the total number of items being tested for constant failure rate
t_i	the time corresponding to the i -th ordered failure, used when testing n items for constant failure rate
d	parameter related to number of relevant failures; if the validity test is done at a point in time coinciding with a failure, then $d = r - 1$; if not then $d = r$
m	number of intervals when using the large sample test
w	width of the interval measured in accumulated time
α	risk of wrongly rejecting the assumption that the (instantaneous) failure rate or the (instantaneous) failure intensity are constant, when they really are constant
r	the number of relevant failures during the test
T^*	total test time accumulated
T_i	accumulated time of the i -th relevant failure
T_r	accumulated time of the last failure
u_p	the p fractile of the cumulative standard normal distribution
U	calculated value of the statistic, used when testing for constant failure intensity
E	expected number of failures in a time interval
O_i	observed number of failures in the i -th time interval
v	number of degrees of freedom

5 Requirements

In order for the procedures specified in this standard to be valid, it is necessary that the following requirements be satisfied:

When testing n non-repaired items for the constant failure **rate** assumption:

- for the numerical procedures, at least 10 times **to** failure are available;
- for the graphical procedure, not less than four times **to** failure are available.

When testing a single repaired item for the constant failure **intensity** assumption:

- the item shall be tested for a sufficiently long time so that at least six times **between** failures are available.

NOTES

1 General guidance for these procedures is given in IEC 60300-3-4 and future IEC 60300-3-5 (see Bibliography).

2 In this standard, the term "time" can refer to length, cycles or other quantities. The term "failure" can also refer to other specified events such as repair completion or any other particular event.

6 Test de l'hypothèse du taux de défaillance constant

Cet article est applicable lorsqu'un échantillon de n entités est mis en essai. Pour les échantillons de grande taille, des procédures numériques sont données en 6.1 et en 6.2. Pour les échantillons de très petite taille, seule une méthode graphique subjective est disponible et elle est présentée en 6.3.

Toutes les entités essayées doivent fonctionner dans le même environnement. Il n'est pas nécessaire que toutes les entités soient défaillantes à la fin de l'essai. Soit r le nombre de durées de fonctionnement avant défaillance enregistrées.

Ordonner les durées de fonctionnement avant défaillance par valeurs croissantes et noter l'échantillon ordonné $t_1, t_2, \dots, t_r$.

Pour $i = 1$ à r , calculer le temps cumulé jusqu'à la $i^{\text{ème}}$ défaillance selon la formule

$$T_i = \sum_{k=1}^i t_k + (n - i) t_i$$

Calculer le temps d'essai total cumulé selon la formule

$$T^* = \sum_{k=1}^r t_k + (n - r) t_r$$

6.1 Procédure numérique dans le cas où la taille de l'échantillon est comprise entre 10 et 40

Calculer la statistique:

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^d \ln \left(\frac{T^*}{T_i} \right)$$

Comparer la quantité χ^2 à la valeur théorique $\chi^2(v)$, tabulée dans le tableau A.1, avec $v = 2d$.

Effectuer un test bilatéral, à un niveau de signification de 10 %, en utilisant le tableau A.1, de la manière suivante:

Si $\chi^2 < \chi_{0,05}^2(v)$, alors réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

Il est vraisemblable que le taux de défaillance soit croissant.

Si $\chi^2 > \chi_{0,95}^2(v)$, alors réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

Il est vraisemblable que le taux de défaillance soit décroissant.

Sinon, si aucune de ces inégalités n'est vérifiée, ne pas réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

6.2 Procédure numérique pour les échantillons de taille supérieure à 40

Diviser le temps compris entre l'instant initial de l'essai et le temps total cumulé de l'essai, T^* , en m intervalles égaux de largeur w . Le nombre moyen de défaillances à l'intérieur de chaque intervalle est:

$$E = w \frac{d}{T^*}$$

m doit être choisi de telle sorte que E soit supérieur ou égal à 5.

6 Tests for constant failure rate

This clause applies when a sample of n items is put on test. For large samples, numerical procedures are given in 6.1 and 6.2. For very small samples, only a subjective graphical method is available, given in 6.3.

The operating environment shall be the same for all the items tested. At the end of the testing period, not all the items will have necessarily failed. There will be a total of r recorded relevant times to failure.

Order the times to failure in increasing order of magnitude, and denote the ordered sample $t_1, t_2, \dots, t_r$.

For $i = 1$ to r , compute the accumulated time to the i -th failure as:

$$T_i = \sum_{k=1}^i t_k + (n-i) t_i$$

Compute the accumulated total test time as:

$$T^* = \sum_{k=1}^r t_k + (n-r) t_r$$

6.1 Sample size between 10 and 40 (numerical procedure)

Compute the test statistic:

$$\chi^2 = 2 \sum_{i=1}^d \ln \left(\frac{T^*}{T_i} \right)$$

Compare this quantity χ^2 to the theoretical values of $\chi^2(v)$, tabulated in table A.1, using $v = 2d$.

Perform a two-sided test, for a 10 % significance level, using table A.1, as follows:

If $\chi^2 < \chi_{0,05}^2(v)$, then reject the assumption of a constant failure rate.

The failure rate is likely to be increasing.

If $\chi^2 > \chi_{0,95}^2(v)$, then reject the assumption of a constant failure rate.

The failure rate is likely to be decreasing.

Otherwise, if neither of these inequalities holds, do not reject the assumption of a constant failure rate.

6.2 Sample size larger than 40 (numerical procedure)

Divide the time between zero and the total accumulated test time T^* into m equal intervals of width w . The expected number of failures in each interval is:

$$E = w \frac{d}{T^*}$$

m shall be chosen so that E is equal to or greater than 5.

Calculer la statistique:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E)^2}{E}$$

Comparer la valeur calculée de χ^2 à la valeur théorique $\chi^2(v)$ tabulée dans le tableau A.1, avec $v = m - 1$.

Effectuer un test unilatéral, à un niveau de signification de 10 %, en utilisant le tableau A.1, de la manière suivante:

Si $\chi^2 > \chi_{0,90}^2(v)$, alors réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

Il n'est pas possible, avec cette procédure, d'évaluer si le taux de défaillance a une tendance à la croissance ou à la décroissance.

Sinon, ne pas réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

6.3 Procédure graphique pour un échantillon de taille comprise entre 4 et 9

Cette procédure graphique est subjective. Le risque α de réfuter à tort l'hypothèse d'un taux de défaillance constant ne peut, en conséquence, être quantifié.

Reporter sur un graphique la séquence ordonnée des durées avant défaillance $t_1, t_2, \dots, t_r$ sur l'échelle linéaire d'un papier semi-logarithmique. L'échelle logarithmique est utilisée pour la fonction auxiliaire $F(i, n)$, où i est l'index du temps de défaillance correspondant t_i , et n la taille de l'échantillon:

$$F(i, n) = \frac{n+0,4}{n-i+0,7}$$

Si la représentation de cette fonction sur le papier semi-logarithmique semble linéaire, alors il n'y a pas de preuve permettant de réfuter l'hypothèse d'un taux de défaillance constant. Si cette représentation ne semble pas linéaire, alors il convient de réfuter cette hypothèse.

6.4 Action à effectuer si l'hypothèse d'un taux de défaillance constant est réfutée

Si l'hypothèse d'un taux de défaillance constant est réfutée, il est recommandé d'analyser plus en détail les données afin d'en déterminer la cause éventuelle. Il convient que les analyses numériques, chaque fois que cela est possible, soient confortées par des investigations physiques et des considérations relatives à l'ingénierie.

Les entités peuvent être sujettes à l'usure dans l'intervalle de temps considéré ou bien un processus induisant des défaillances précoces peut se manifester. Il est également possible que les entités en essai ne proviennent pas d'une population homogène et dans ce cas, il peut y avoir un mélange de plusieurs taux de défaillance (constants). Toutes ces situations méritent une investigation plus approfondie.

Il convient d'utiliser les procédures de la CEI 61649 si l'on suppose des phénomènes d'usure ou de défaillances précoces. Si, par ailleurs, on suppose un mélange de populations, il convient de faire porter les efforts sur l'identification et la séparation des populations différentes, et de les analyser séparément.

Compute the test statistic:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(O_i - E)^2}{E}$$

Compare the calculated value of χ^2 to the theoretical value of $\chi^2(v)$ listed in table A.1, using $v = m - 1$.

Perform a one-sided test, for a 10 % significance level, using table A.1, as follows:

If $\chi^2 > \chi_{0,90}^2(v)$, then reject the assumption of a constant failure rate.

It is not possible to assess whether the failure rate is increasing or decreasing with this procedure.

Otherwise, do not reject the assumption of a constant failure rate.

6.3 Sample size between 4 and 9 (graphical procedure)

The graphical procedure is subjective. The risk (α) of wrongly rejecting the assumption that the failure rate is constant therefore cannot be quantified.

Plot the sequence of ordered times to failure $t_1, t_2, \dots, t_r$ along the linear scale of a semi-log paper. The logarithmic scale is used for the auxiliary function $F(i, n)$, where i is the index of the corresponding failure time t_i and n is the sample size:

$$F(i, n) = \frac{n+0,4}{n-i+0,7}$$

If the plot of this function looks linear on the semi-log paper, then there is no evidence to reject the assumption that the failure rate is constant. If it does not look linear then this assumption should be rejected.

6.4 Action to be taken if the constant failure rate assumption is rejected

If the constant failure rate assumption is rejected, it is recommended to analyze the data further to determine the possible cause. Numerical analysis should, wherever possible, be supported by physical investigations and engineering considerations.

The items may be subject to wear-out in the time interval considered or a mechanism inducing early failures may be present. There is also the possibility that the items do not come from a homogeneous population, in which case there may be a mixture of several (constant) failure rates. All these situations deserve further investigation.

If wear-out or early failures are suspected, the procedures of IEC 61649 should be used. If, on the other hand, a mixture of populations is suspected, efforts should be made to identify and separate the different populations, and to analyze these separately.

Quelle que soit la cause du refus de l'hypothèse du taux de défaillance constant, il convient de ne pas appliquer les méthodes de conformité qui nécessitent la validité de cette hypothèse.

NOTE – Si l'hypothèse du taux de défaillance constant n'est pas réfutée, la conclusion de cette étude est qu'il n'a pas pu être démontré que les durées de fonctionnement avant défaillance s'écartent de la distribution exponentielle.

7 Test de l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante

Cet article s'applique lorsqu'une seule entité réparée est essayée.

Le test de l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante implique que les durées entre des défaillances successives ne présentent ni une tendance à la croissance ni une tendance à la décroissance. S'il en est ainsi, l'entité peut être considérée comme étant renouvelée après chaque réparation. Dans ce cas, et seulement dans ce cas, ces durées **entre** défaillances successives peuvent être considérées comme des durées de fonctionnement **avant** défaillance.

La CEI 61014 donne toute information relative aux défaillances et aux définitions s'y rapportant.

7.1 Le nombre de défaillances est au moins égal à 6 (procédure numérique)

L'application de la procédure numérique nécessite qu'il y ait au moins six défaillances successives à prendre en compte, pendant le temps de l'essai T^* .

Soit T_i la durée de fonctionnement cumulée avant la $i^{\text{ème}}$ défaillance. Les durées entre deux défaillances successives sont $T_{i+1} - T_i$, i variant de 1 à r .

La présente procédure peut être appliquée soit jusqu'au temps T_r où apparaît la dernière défaillance, ou bien jusqu'à tout autre temps ultérieur T^* tant que l'entité continue à fonctionner.

Etape 1

Pour chacune des durées de fonctionnement avant défaillance cumulées, T_i , calculer la quantité U :

Si $T^* > T_r$, alors:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^r T_i - r \frac{T^*}{2}}{T^* \sqrt{\frac{r}{12}}}$$

Si $T^* = T_r$, alors:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{r-1} T_i - (r-1) \frac{T_r}{2}}{T_r \sqrt{\frac{r-1}{12}}}$$

Whatever the cause for the rejection of the constant failure rate assumption, compliance methods that require this assumption should not be applied.

NOTE – If the constant failure rate assumption is not rejected, the conclusion is that the times to failure have not been proven to deviate from the exponential assumption.

7 Test for constant failure intensity

This clause applies when a single repaired item is tested.

Testing for constant failure intensity implies that times between successive relevant failures exhibit neither an increasing nor a decreasing trend. If so, the item can be considered as being renewed after each repair. In this case, and only in this case, these times **between** failures can be considered as times **to** failure.

IEC 1014 gives information concerning relevant failures and other related definitions.

7.1 Number of failure times is 6 or larger (numerical procedure)

This numerical procedure requires that there are at least six relevant successive failures recorded during the testing time T^* .

The accumulated time to the i -th failure is T_i . The times between failures are $T_{i+1} - T_i$, $i = 1$ to r .

This procedure can be applied either at the time of the last failure T_r or at any other later time T^* during which the item continues to perform its function.

Step 1

For each relevant accumulated failure time T_i compute the quantity U :

If $T^* > T_r$ then:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^r T_i - r \frac{T^*}{2}}{T^* \sqrt{\frac{r}{12}}}$$

If $T^* = T_r$ then:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{r-1} T_i - (r-1) \frac{T_r}{2}}{T_r \sqrt{\frac{r-1}{12}}}$$

Etape 2

Spécifier le risque acceptable α de réfuter à tort l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante, quand cette intensité est vraiment constante. Les valeurs recommandées de α sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs critiques de U en fonction de α

α	Valeurs critiques de U
0,025	2,24
0,050	1,96
0,100	1,64

Etape 3

Réfuter l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante si la valeur absolue de U est supérieure à la valeur critique donnée dans le tableau 1. Dans le cas contraire, cette hypothèse ne peut pas être réfutée.

Dans l'hypothèse «sans tendance», c'est-à-dire en supposant que l'intensité de défaillance est constante dans le temps, la statistique U suit la distribution normale réduite. Des valeurs absolues de U élevées constituent une preuve qui permet de réfuter cette hypothèse.

Des valeurs positives élevées de U apparaissent lorsqu'il y a une tendance à la décroissance pour les durées entre défaillances successives. De même, des valeurs négatives élevées de U apparaissent lorsque ces durées ont une tendance à croître, c'est-à-dire qu'elles deviennent de plus en plus longues puisque l'intensité de défaillance devient de plus en plus petite.

NOTE – Il convient que le non-refus de l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante ne soit pas interprété comme impliquant que les durées entre des défaillances successives suivent une distribution exponentielle. La seule conclusion qui peut être tirée est qu'il n'a pas été démontré que ces durées suivent une tendance. Bien que cela soit cohérent avec des durées entre défaillances distribuées exponentiellement, d'autres distributions sont également cohérentes avec une intensité de défaillance «sans tendance». Si l'on est amené à supposer, pour une quelconque raison, une distribution exponentielle des durées entre défaillances, il convient que cette hypothèse soit testée selon la procédure de l'article 6.

7.2 Action à prendre si l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante est réfutée

Si le test de l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante permet de réfuter cette hypothèse, l'interprétation est que l'intensité de défaillance est soit croissante, soit décroissante. Cela peut être dû soit à une dégradation de la fiabilité globale du système, soit à la croissance de la fiabilité après chaque réparation. La CEI 61164 donne des méthodes numériques pour modéliser cette dégradation de la croissance.

Step 2

Specify the acceptable risk α to wrongly reject the assumption of constant failure intensity, given that it really is constant. Recommended values of α are given in table 1.

Table 1 – Critical values of U as a function of α

α	Critical value of U
0,025	2,24
0,050	1,96
0,100	1,64

Step 3

Reject the assumption of constant failure intensity if absolute value of U is greater than the critical value given in table 1. Otherwise, the assumption is not rejected.

Under the no-trend assumption, i.e. assuming the failure intensity is constant over time, the U statistic follows the standard normal distribution. Large absolute values of U constitute evidence to reject this assumption.

Large positive values of U occur whenever there is a decreasing trend in times between successive failures. Conversely, large negative values of U occur whenever these times have an increasing trend, i.e. they become longer since the failure intensity becomes smaller.

NOTE – Not rejecting the constant failure intensity assumption should not be interpreted as implying that the times between successive failures follow an exponential distribution. The only conclusion that can be drawn is that these times have not been proven to exhibit a trend. Although this is consistent with exponentially distributed times between failures, other distributions are also consistent with a trendless intensity. If it is necessary to assume exponentially distributed times between failures for any reason, this assumption should be tested using the procedure of clause 6.

7.2 Action to be taken if the constant failure intensity assumption is rejected

If the test for constant failure intensity allows for rejection of this assumption, the interpretation is that the failure intensity is either increasing or decreasing. This may be due to either a degradation of the overall system reliability or to reliability growth, after each repair. IEC 61164 gives numerical methods for modelling this degradation or growth.

Annexe A (normative)

Tableau A.1 – Distribution χ^2

Degrés de liberté ν	$\chi^2_{0,05}(\nu)$	$\chi^2_{0,90}(\nu)$	$\chi^2_{0,95}(\nu)$
2	0,10	4,61	5,99
4	0,71	7,78	9,49
6	1,64	10,65	12,59
8	2,73	13,36	15,51
10	3,94	15,98	18,31
12	5,23	18,55	21,03
14	6,57	21,06	23,69
16	7,96	23,54	26,30
18	9,39	25,99	28,87
20	10,85	28,41	31,41
22	12,34	30,81	33,92
24	13,85	33,20	36,42
26	15,38	35,56	38,89
28	16,92	37,92	41,34
30	18,49	40,29	43,77
32	20,09	42,57	46,17
34	21,70	44,88	48,57
36	23,30	47,19	50,96
38	24,91	49,50	53,36
40	26,51	51,81	55,76
42	28,16	54,08	58,11
50	34,76	63,17	67,51
52	36,45	65,42	69,82
60	43,19	74,40	79,08
62	44,90	76,63	81,37
70	51,74	85,53	90,53
72	53,47	87,74	92,80
80	60,39	96,58	101,88
82	62,14	98,78	104,13
90	69,13	107,57	113,15
92	70,89	109,76	115,39
100	77,93	118,50	124,34
102	79,70	120,68	126,57
110	86,79	129,38	135,48
112	88,57	131,56	137,70
120	95,71	140,23	146,57
122	97,49	142,40	148,78
200	168,28	226,02	233,99
$u_p =$	-1,64	+1,28	+1,64

L'interpolation linéaire, pour les valeurs intermédiaires, est suffisamment précise. Les valeurs de ν de la forme $\nu = 2r + 2$, pour différentes valeurs de r , sont incluses.

Pour des valeurs de ν supérieures, utiliser la relation $\chi^2_p(\nu) = \frac{\left[\left(u_p + \sqrt{2\nu - 1} \right)^2 \right]}{2}$, où u_p est le fractile d'ordre p de la fonction de répartition de la loi normale réduite donné au bas de chaque colonne.

Annex A (normative)

Table A.1 – χ^2 distribution

Degrees of freedom ν	$\chi^2_{0,05}(\nu)$	$\chi^2_{0,90}(\nu)$	$\chi^2_{0,95}(\nu)$
2	0,10	4,61	5,99
4	0,71	7,78	9,49
6	1,64	10,65	12,59
8	2,73	13,36	15,51
10	3,94	15,98	18,31
12	5,23	18,55	21,03
14	6,57	21,06	23,69
16	7,96	23,54	26,30
18	9,39	25,99	28,87
20	10,85	28,41	31,41
22	12,34	30,81	33,92
24	13,85	33,20	36,42
26	15,38	35,56	38,89
28	16,92	37,92	41,34
30	18,49	40,26	43,77
32	20,09	42,57	46,17
34	21,70	44,88	48,57
36	23,30	47,19	50,96
38	24,91	49,50	53,36
40	26,51	51,81	55,76
42	28,16	54,08	58,11
50	34,76	63,17	67,51
52	36,45	65,42	69,82
60	43,19	74,40	79,08
62	44,90	76,63	81,37
70	51,74	85,53	90,53
72	53,47	87,74	92,80
80	60,39	96,58	101,88
82	62,14	98,78	104,13
90	69,13	107,57	113,15
92	70,89	109,76	115,39
100	77,93	118,50	124,34
102	79,70	120,68	126,57
110	86,79	129,38	135,48
112	88,57	131,56	137,70
120	95,71	140,23	146,57
122	97,49	142,40	148,78
200	168,28	226,02	233,99
$u_p =$	-1,64	+1,28	+1,64

Linear interpolation of intermediate values is sufficiently accurate. Values for $\nu = 2r + 2$ for various integer r values are included.

For higher values of ν use $\chi^2_p(\nu) = \frac{\left[\left(u_p + \sqrt{2\nu-1} \right)^2 \right]}{2}$, where u_p is the p fractile of the cumulative standard normal distribution given at the foot of each column.

Annexe B (informative)

Exemples: Test de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant

Cette annexe contient deux exemples de procédures décrites dans la présente Norme internationale pour tester l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.

B.1 Procédure numérique pour les échantillons de petite taille

Quarante entités sont soumises à l'essai simultanément. L'essai est interrompu à l'instant de la vingtième défaillance. Le tableau B.1 contient la suite ordonnée des durées de fonctionnement avant défaillance des 20 entités défaillantes.

**Tableau B.1 – Durées de fonctionnement avant défaillance de 20 entités
parmi 40 essayées**

i	t_i	i	t_i	i	t_i
1	5	8	36	15	64
2	10	9	34	16	65
3	17	10	55	17	65
4	32	11	55	18	66
5	32	12	58	19	67
6	33	13	58	20	68
7	34	14	61		

Dans ce cas $n = 40$ et $r = 20$. La valeur de χ^2 qui en résulte est 18,72. Le nombre de degrés de liberté est $v = 38$ puisque $d = 20 - 1$. Cette valeur de χ^2 est plus petite que la valeur théorique tabulée de $\chi^2_{0,05}(38) = 24,91$ que l'on trouve dans le tableau A.1. En conséquence, l'hypothèse que le taux de défaillance est constant est réfutée avec un taux de signification de 10 %.

B.2 Procédure graphique

Les temps listés dans le tableau B.2 correspondent à la suite ordonnée des durées de fonctionnement avant défaillance t_i de six entités défaillantes parmi 11 soumises à l'essai.

Puisqu'il y a moins de 10 durées de fonctionnement jusqu'à défaillance, il est nécessaire d'utiliser la procédure graphique.

Les valeurs de la fonction $F(i,11)$ sont données dans le tableau B.2:

Annex B (informative)

Examples: Test for constant failure rate

This annex contains two examples of the procedures given in this International Standard for testing the constant failure rate assumption.

B.1 Small sample size numerical procedure

Forty items are put on test at the same time. The test is stopped at the time of the 20th failure. Table B.1 contains the ordered failure times of the 20 items that failed.

Table B.1 – Twenty ordered times to failure out of 40 tested items

i	t_i	i	t_i	i	t_i
1	5	8	36	15	64
2	10	9	54	16	65
3	17	10	55	17	65
4	32	11	55	18	66
5	32	12	58	19	67
6	33	13	58	20	68
7	34	14	61		

In this case $n = 40$ and $r = 20$. The resulting value of χ^2 is 18,72. The number of degrees of freedom is $\nu = 38$ since $d = 20 - 1$. This value of χ^2 is smaller than the tabulated theoretical value of $\chi^2_{0,05}(38) = 24,91$ found in table A.1. Therefore, the assumption that the failure rate is constant is rejected at the 10 % significance level.

B.2 Graphical procedure

The times listed in table B.2 correspond to the ordered times to failure t_i of six failed items out of 11 put on test.

Since there are less than 10 times to failure, it is necessary to use the graphical procedure.

The values of the auxiliary function $F(i,11)$ are given in table B.2:

Tableau B.2 – Suite ordonnée des durées de fonctionnement avant défaillance et valeurs calculées de la fonction auxiliaire

i	t_i	$F(i,11)$
1	25	1,065
2	31	1,175
3	35	1,310
4	54	1,481
5	60	1,701
6	93	2,000

La figure B.1, tracée sur du papier semi-logarithmique, représente les points calculés de la fonction $F(i,n)$ en fonction du temps. Ces points semblent se répartir autour d'une ligne droite. Ainsi, l'hypothèse d'un taux de défaillance constant ne peut pas être réfutée dans ce cas.

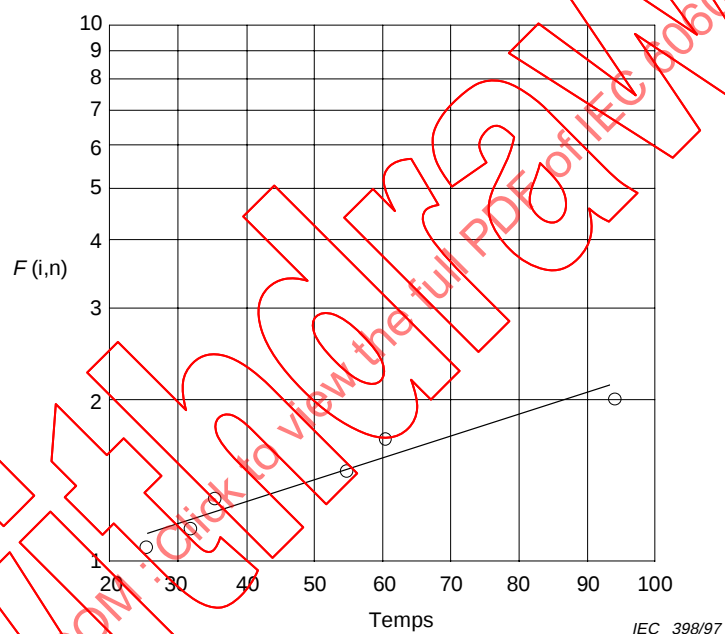
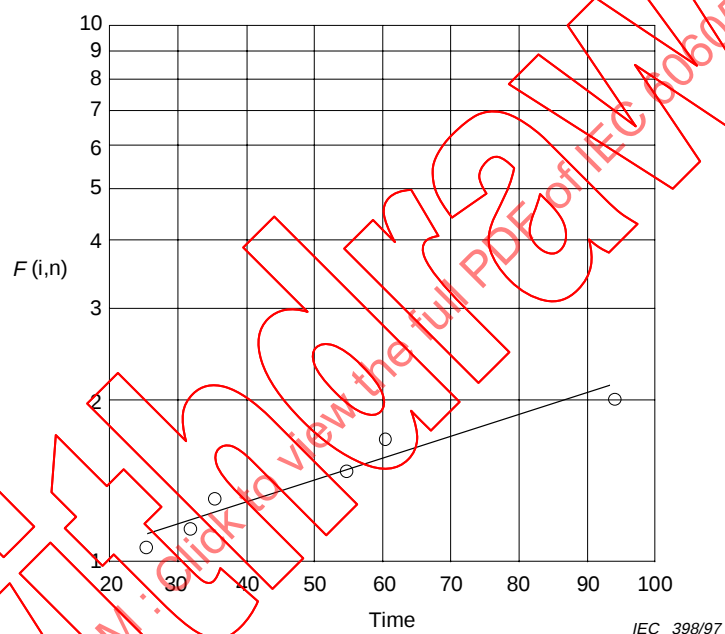


Figure B.1 – Fonction auxiliaire $F(i,11)$ en fonction du temps

Table B.2 – Ordered times to failure and computed auxiliary function

i	t_i	$F(i,11)$
1	25	1,065
2	31	1,175
3	35	1,310
4	54	1,481
5	60	1,701
6	93	2,000

The figure B.1, on a semi-log graphic paper, shows the plotted points of $F(i,n)$ as function of time. This plot seems to fall on a straight line. Therefore, the constant failure rate assumption cannot be rejected in this case.

**Figure B.1 – Auxiliary function $F(i,11)$ as a function of time**

Annexe C (informative)

Exemple: Test de l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante

Cette annexe fournit un exemple des procédures données dans la présente Norme internationale pour tester l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante.

Une seule entité est soumise à l'essai pendant six mois ($T^* = 4\,380$ h). Huit défaillances ont été enregistrées pendant cette période. Elles sont apparues aux instants T_i suivants, comptés à partir du début de l'essai:

Tableau C.1 – Instants d'apparition des défaillances de huit entités

i	T_i
1	25
2	94
3	282
4	384
5	835
6	1 279
7	2 048
8	3 253

Puisque l'instant d'apparition de la dernière défaillance est situé avant la fin de la période d'essai, c'est le cas $T^* > T_i$ qui s'applique et l'étape 1 de 7.1 donne $U = -2,6$. En utilisant le tableau 1, on choisit un niveau de risque $\alpha = 0,025$. La valeur absolue de U étant supérieure à 2,24, l'hypothèse d'une intensité de défaillance constante est réfutée, avec le niveau de risque choisi.

Annex C (informative)

Example: Test for constant failure intensity

This annex provides an example of the procedures given by this International Standard for testing the constant failure intensity assumption.

A single item is tested during six months ($T^* = 4\,380$ h). Eight failures were recorded during this period. They occurred at the following times T_i since the beginning of the test:

Table C.1 – Eight times at which item failures occurred

i	T_i
1	25
2	94
3	282
4	384
5	835
6	1 279
7	2 048
8	3 253

Since the time of the last failure occurred before the end of the testing period, the case $T^* > T_r$ applies and step 1 of 7.1 yields $U = -2,6$. Using table 1, a significance level $\alpha = 0,025$ is selected. Since the absolute value of U is greater than 2,24, the assumption of constant failure intensity is rejected at the selected risk level.

Annexe D (informative)

Bibliographie

56/557/CD: Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 5: Fiabilité des conditions d'essai et principes de statistiques d'essai (future CEI 60300-3-5), en préparation.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60605-6:1997

Withdrawn

Annex D (informative)

Bibliography

56/557/CD: Dependability management – Part 3: Application guide – Section 5: Reliability test conditions and statistical test principles (future IEC 60300-3-5, in preparation)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60605-6:1997

Withd 2021

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60605-6:1997

Withdrawn