

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
61650**

Première édition  
First edition  
1997-08

---

---

**Techniques d'analyse des données de fiabilité –**

**Procédures pour la comparaison de deux taux  
de défaillance constants et de deux intensités  
de défaillance (événements) constantes**

**Reliability data analysis techniques –**

**Procedures for comparison of two constant failure  
rates and two constant failure (event) intensities**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61650: 1997

## Numéros des publications

Les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000 dès le 1er janvier 1997.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant 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.

## 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 dans le Catalogue 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**  
Accès en ligne\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement  
(Accès en ligne)\*

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

## 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.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

## 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 in the IEC catalogue.

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**  
On-line access\*
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates  
(On-line access)\*

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

## 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.

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
61650**

Première édition  
First edition  
1997-08

---

---

**Techniques d'analyse des données de fiabilité –**

**Procédures pour la comparaison de deux taux  
de défaillance constants et de deux intensités  
de défaillance (événements) constantes**

**Reliability data analysis techniques –**

**Procedures for comparison of two constant failure  
rates and two constant failure (event) intensities**

© 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 Varembeé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	6
 Articles	
1 Domaine d'application.....	8
2 Référence normative .....	10
3 Définitions .....	10
4 Symboles .....	10
5 Hypothèses et domaine d'application .....	12
6 Spécification de données d'entrée .....	14
7 Procédures de calcul .....	14
 Tableaux	
1 Critères de décision utilisant la distribution binomiale .....	16
2 Critères de décision utilisant la distribution $F$ .....	18
3 Critères de décision utilisant les graphiques des figures A.1 ou A.2 de l'annexe A .....	18
4 Critères de décision utilisant la distribution normale réduite .....	20
5 Niveaux de signification (unilatéraux) utilisant la distribution normale réduite .....	20
 Figures	
1 Exemple de calcul de $T_1^*$ pour une seule entité réparée $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ .....	12
2 Exemple de calcul de $T_1^*$ pour cinq entités non réparées, $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ .....	14
 Annexes	
A Tables de la distribution $F$ – Graphiques pour la comparaison de deux taux/intensités de défaillance pour $T_1^* = T_2^*$ .....	22
B Bases mathématiques .....	30
C Exemples .....	32
D Bibliographie .....	38

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	7
Clause	
1 Scope .....	9
2 Normative reference .....	11
3 Definitions .....	11
4 Symbols .....	11
5 Assumptions and area of application .....	13
6 Specification of input data .....	15
7 Calculation procedures .....	15
Tables	
1 Decision criteria using the binomial distribution .....	17
2 Decision criteria using the <i>F</i> distribution .....	19
3 Decision criteria using the graphs, figures A.1 or A.2 in annex A .....	19
4 Decision criteria using the standard normal distribution .....	21
5 Significance levels (one-sided) using the standard normal distribution .....	21
Figures	
1 Example of calculation of $T_1^*$ for one repaired item, $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ .....	13
2 Example of calculation of $T_1^*$ for five non-repaired items, $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ .....	15
Annexes	
A Tables of the <i>F</i> distribution – Graphs for comparison of two failure rates/intensities for $T_1^* = T_2^*$ .....	23
B Mathematical background .....	31
C Examples .....	33
D Bibliography .....	39

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## TECHNIQUES D'ANALYSE DES DONNÉES DE FIABILITÉ – Procédures pour la comparaison de deux taux de défaillance constants et de deux intensités de défaillance (événements) constantes

### 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 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 61650 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/533/FDIS	56/580/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.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RELIABILITY DATA ANALYSIS TECHNIQUES –  
Procedures for comparison of two constant failure rates  
and two constant failure (event) intensities**

## 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 61650 has been prepared by technical committee 56: Dependability.

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

FDIS	Report on voting
56/533/FDIS	56/580/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.

## INTRODUCTION

Il est souvent nécessaire de comparer les caractéristiques de fiabilité des systèmes et des composants lorsqu'il existe des raisons techniques ou autres de croire qu'elles puissent être différentes. Par exemple, il pourrait être nécessaire de comparer la fiabilité des entités produites par le même fabricant au cours de différentes périodes de temps, ou d'entités produites par différents fabricants.

Le taux de défaillance et l'intensité de défaillance sont souvent utilisés comme mesures de la fiabilité. La présente norme décrit les procédures destinées à la comparaison de deux séries d'observations du taux de défaillance constant/de l'intensité constante de défaillance. Des exemples pratiques simples sont fournis pour illustrer la façon suivant laquelle ces procédures peuvent être appliquées.

## INTRODUCTION

It is often necessary to compare the reliability characteristics of systems and components when there are technical or other reasons to believe that they might be different. For example, it might be necessary to compare the reliability of items produced by the same manufacturer over different periods of time, or of items produced by different manufacturers.

Failure rate and failure intensity are often used as reliability measures. This standard describes procedures for comparing two sets of observations of constant failure rate/constant failure intensity. Simple practical examples are provided to illustrate how the procedures can be applied.

## **TECHNIQUES D'ANALYSE DES DONNÉES DE FIABILITÉ – Procédures pour la comparaison de deux taux de défaillance constants et de deux intensités de défaillance (événements) constantes**

### **1 Domaine d'application**

La présente Norme internationale spécifie les procédures destinées à comparer deux observations différentes faites sur

- des taux de défaillance;
- des intensités de défaillance;
- des taux/intensités d'événements particuliers.

Les procédures sont utilisées pour déterminer si une différence apparente entre les deux ensembles d'observations peut être considérée comme statistiquement significative.

On suppose que les intervalles de temps avant/entre défaillances (événements) sont indépendants et distribués exponentiellement et identiquement pendant la période d'observation (c'est-à-dire la durée cumulée d'essai correspondante).

NOTE – Cette supposition implique que le taux/l'intensité de défaillance est constant(e).

On suppose en outre qu'il existe des raisons techniques ou autres de croire qu'une différence (soit une amélioration, soit une détérioration) pourrait exister entre la caractéristique de fiabilité observée des deux séries d'entités comparées. Quelques exemples d'application types sont décrits en 5.4.

Les méthodes sont conçues comme des tests d'hypothèse qui affirment, avec un risque spécifié (le niveau de signification), si les deux séries d'observations appartiennent à la même population ou au même processus, c'est-à-dire s'ils ont la même valeur moyenne vraie.

NOTE – Le taux de défaillance qui est applicable aux entités non réparées est associé à une distribution des durées de fonctionnement avant défaillance. L'intensité de défaillance, qui est applicable aux entités réparées uniquement, est associée à un procédé qui permet la description d'une séquence d'événements, par exemple les temps entre défaillances sur un axe des temps.

Les procédures ne sont pas limitées à la comparaison de l'intensité/du taux de défaillance, mais peuvent être appliquées aux observations de deux séries quelconques d'événements particuliers à condition que les hypothèses ci-dessus soient valables.

NOTE – Les deux séries d'observations peuvent concerner les entités provenant de la même population ou de la même entité dans des conditions différentes (par exemple environnement et charge) ou des séries d'événements simplement comparables (par exemples accidents de voiture sur une route).

Des méthodes numériques et une procédure graphique sont prescrites. Il n'est pas nécessaire que les périodes d'observation applicables aux deux séries soient égales, mais si elles le sont, les méthodes sont très simples.

## RELIABILITY DATA ANALYSIS TECHNIQUES –

### Procedures for comparison of two constant failure rates and two constant failure (event) intensities

#### 1 Scope

This International Standard specifies procedures to compare two observed

- failure rates;
- failure intensities;
- rates/intensities of relevant events.

The procedures are used to determine whether an apparent difference between the two sets of observations can be considered statistically significant.

It is assumed that the time intervals to/between the failures (events) are independent and identically exponentially distributed during the observation period (that is, the accumulated relevant test time).

NOTE – This assumption implies that the failure rate/intensity is constant.

It is furthermore assumed that there are technical or other reasons to believe that a difference (either an improvement or deterioration) might exist between the observed reliability characteristic of the two sets of items under comparison. Some examples of typical applications are described in 5.4.

The methods are designed as hypothesis tests which state, with a specified risk (the significance level), whether the two series of observations belong to the same population or the same process, that is they have the same true mean value.

NOTE – Failure rate, which is relevant to non-repaired items, is associated with a distribution of times to failure. Failure intensity, which is relevant to repaired items only, is associated with a point process describing a sequence of events, for example times between failures on a time axis.

The procedures are not restricted to comparison of failure rate/intensity, but can be applied to observations of two series of any relevant events, provided the above assumptions are valid.

NOTE – The two series of observations may be of items from the same population, or the same item under different conditions (for example environment and load), or just comparable series of events (for example car accidents on a road).

Numerical methods and a graphical procedure are prescribed. The observation periods relevant to the two series do not need to be equal, but if they are, the methods are very simple.

## 2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. 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*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions de la CEI 60050(191) sont applicables.

## 4 Symboles

### 4.1 Liste des symboles

$\alpha$	niveau de signification calculé
$\alpha_0$	niveau de signification donné
$\lambda_i$	taux de défaillance pour la série $i$
$\Phi(u)$	fonction de répartition de la loi normale $\Phi(u_\alpha) = \alpha$
$i$	1 ou 2, désignation pour les séries d'observations
$f$	statistique lorsqu'on utilise la distribution $F$
$f_c$	valeur critique pour un niveau de signification donné utilisant la distribution $F$
$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$	fractile $(1-\alpha)$ de la distribution $F(v_1, v_2)$ avec degrés de liberté $v_1$ et $v_2$
$\rho$	rapport, $\rho = T_1^* / (T_1^* + T_2^*)$
$r$	nombre total de défaillances, $r = r_1 + r_2$
$r_i$	nombre de défaillances à prendre en compte pour la série $i$
$T_i^*$	durée d'essai cumulée à prendre en compte pour la série $i$
$u$	statistique lorsqu'on utilise la distribution normale
$u_\alpha$	fractile $\alpha$ de la fonction de répartition de la loi normale
$u_c$	valeur critique pour un niveau de signification donné utilisant la distribution normale
$w$	taux/intensité de défaillance vrai (voir 4.2)
	NOTE – $w$ est généralement inconnu.
$\hat{w}_i$	estimation ponctuelle pour le taux/l'intensité de défaillance pour la série $i$ , $\hat{w}_i = r_i / T_i$
$z_i$	intensité de défaillance vraie pour la série $i$

## 2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative document 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*

## 3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the terms and definitions of IEC 60050(191) apply.

## 4 Symbols

### 4.1 List of symbols

- $\alpha$  calculated significance level
- $\alpha_0$  given significance level
- $\lambda_i$  true failure rate for series  $i$
- $\Phi(u)$  the cumulative standard normal distribution,  $\Phi(u_\alpha) = \alpha$
- $i$  1 or 2, designation for the observation series
- $f$  statistic when using the  $F$  distribution
- $f_c$  critical value for a given significance level using the  $F$  distribution
- $F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$  the  $(1-\alpha)$  fractile of the  $F(v_1, v_2)$  distribution with  $v_1$  and  $v_2$  degrees of freedom
- $p$  ratio,  $p = T_1^* / (T_1^* + T_2^*)$
- $r$  total number of failures,  $r = r_1 + r_2$
- $r_i$  number of failures relevant to series  $i$
- $T_i^*$  accumulated relevant test time for series  $i$
- $u$  statistic when using the standard normal distribution
- $u_\alpha$  the  $\alpha$  fractile of the cumulative standard normal distribution
- $u_c$  critical value for a given significance level using the standard normal distribution
- $w$  true failure rate/intensity (see 4.2)
- NOTE –  $w$  is generally unknown.
- $\hat{w}_i$  point estimate for failure rate/intensity for series  $i$ ,  $\hat{w}_i = r_i / T_i$
- $z_i$  true failure intensity for series  $i$

## 4.2 Transformation des symboles

Etant donné que les procédures dans la présente Norme internationale sont applicables à des mesures différentes de la fiabilité, le symbole générique  $w$  est utilisé pour le taux/l'intensité de défaillance.

D'où, pour:

- le taux de défaillance  $w = \lambda$ ;
- l'intensité de défaillance  $w = z$ .

## 5 Hypothèses et domaine d'application

### 5.1 Hypothèses

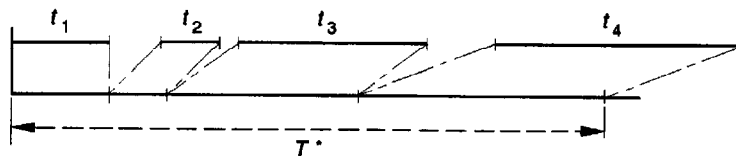
Les essais sont basés sur l'hypothèse que les intervalles de temps avant/entre défaillances sont distribués exponentiellement, indépendamment et identiquement pendant la période d'observation (durée d'essai cumulée). Cette hypothèse implique un taux constant de défaillance et une intensité constante de défaillance, respectivement.

Etant donné que l'on suppose qu'il existe des raisons techniques ou autres pour croire qu'une différence (soit une amélioration, soit une détérioration) pourrait exister entre les caractéristiques de fiabilité observées des deux ensembles d'entités ou d'observations comparées, les procédures d'essai unilatérales indiquées sont valables.

### 5.2 Entités réparées

Les procédures sont applicables pour comparer les observations d'intensité de défaillance (déduites des entités réparées), à condition qu'à l'intérieur de chaque période, les hypothèses suivantes soient vraies:

- la durée d'essai cumulée applicable est calculée comme temps de fonctionnement écoulé (à l'exclusion des temps de réparation et autres temps d'indisponibilité) (voir figure 1);
- les entités réparées peuvent être considérées "comme neuves".



IEC 954/97

Figure 1 – Exemple de calcul de  $T_i^*$  pour une seule entité réparée  $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

### 5.3 Entités non réparées

Les procédures sont applicables pour comparer les observations du taux de défaillance déduites des entités non réparées, à condition qu'à l'intérieur de chaque période les hypothèses suivantes soient vraies:

- la durée d'essai cumulée applicable est calculée comme étant la somme des durées de fonctionnement avant défaillance ou, dans le cas d'entités non défaillantes, leur temps de fonctionnement (voir figure 2);
- toutes les entités appartiennent à la même population.

#### 4.2 Transformation of symbols

Because the procedures in this International Standard are applicable to different reliability measures, the generic symbol  $w$  is used for failure rate/intensity.

Hence, for

- failure rate  $w = \lambda$ ;
- failure intensity  $w = z$ .

### 5 Assumptions and area of application

#### 5.1 Assumptions

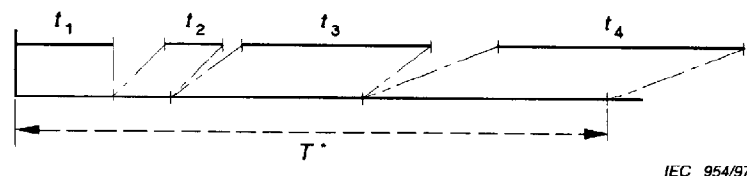
The tests are based on the assumption that the time intervals to/between the failures are independent and identically exponentially distributed during the observation period (accumulated relevant test time). This assumption implies constant failure rate and constant failure intensity, respectively.

Because it is assumed that there are technical or other reasons to believe that a difference (either an improvement or deterioration) might exist between the observed reliability characteristics of the two sets of items or observations under comparison, the one-sided test procedures indicated are valid.

#### 5.2 Repaired items

The procedures are applicable for comparing observations of failure intensity (as derived from repaired items), provided that within each period the following assumptions are true:

- the accumulated relevant test time is calculated as elapsed operating time (excluding repair times and other down times), see figure 1;
- the repaired items can be considered "as good as new".



IEC 954/97

Figure 1 – Example of calculation of  $T_i^*$  for one repaired item,  $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

#### 5.3 Non-repaired items

The procedures are applicable for comparing observations of failure rate derived from non-repaired items, provided that within each period the following assumptions are true:

- the accumulated relevant test time is calculated as the sum of the times to failure, or, in the case of no failure, the operating time for such items (see figure 2);
- all items belong to the same population.

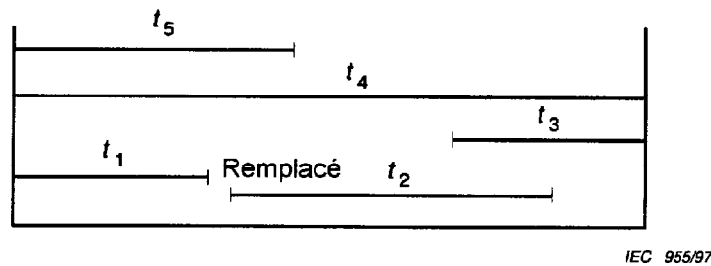


Figure 2 – Exemple de calcul de  $T_i^*$  pour cinq entités non réparées,  $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$

#### 5.4 Exemples d'application

Les exemples d'observations auxquels les procédures décrites peuvent être appliquées comprennent ce qui suit: tous les types de taux de défaillance applicables aux composants, cartes imprimées, etc., intensités de défaillance applicables aux matériels, entités, systèmes, redémarrages, etc. La comparaison peut être appliquée aux observations provenant de la même entité pendant différentes périodes de temps, du même type d'entité provenant de différents fabricants, du même type d'entité fonctionnant dans des conditions différentes et d'entités avant et après une amélioration.

NOTE – La capacité statistique de détecter une différence particulière entre deux taux/intensités augmente avec le nombre total de défaillances observées (événements).

### 6 Spécification de données d'entrée

Afin d'appliquer les procédures, les données suivantes sont nécessaires:

- le nombre observé de défaillances à prendre en compte  $r_1$  et  $r_2$  pour les deux périodes d'observation;
- les durées d'essai cumulées à prendre en compte pour les deux périodes  $T_1^*$  et  $T_2^*$ ;
- le niveau de signification donné (choisi)  $\alpha_0$ , si nécessaire.

Si des analyses supplémentaires concernant les hypothèses statistiques sont requises, les données suivantes doivent également être enregistrées:

- l'instant d'apparition pour chaque défaillance.

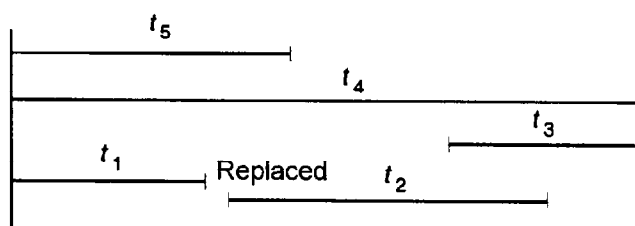
### 7 Procédures de calcul

#### 7.1 Généralités

L'hypothèse de base est que les deux taux/intensités de défaillance sont égales, soit  $H_0: w_1 = w_2$ . L'hypothèse alternative est que  $w_1$  est inférieur à  $w_2$ , soit  $H_1: w_1 < w_2$ .

Le paragraphe 7.2 décrit les méthodes exactes et généralement applicables pour comparer les observations. Les résultats de la comparaison peuvent être obtenus en utilisant la distribution binomiale (au moyen d'une machine à calculer) ou en utilisant les tableaux de la distribution  $F$  fournis dans l'annexe A.

Le cas très courant où les durées d'essai sont égales dans les deux séries d'observations ( $T_1^* = T_2^*$ ) est traité en 7.3. Le résultat peut être obtenu par des méthodes graphiques sans calcul ou peut être calculé numériquement au moyen de formules d'approximation très simples et précises.



IEC 955/97

**Figure 2 – Example of calculation of  $T_1^*$  for five non-repaired items,  $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$**

#### 5.4 Examples of application

Examples of observations to which the procedures described can be applied include the following: all kinds of failure rates relevant to components, circuit boards, etc., failure intensities relevant to equipments, units, systems, restarts, etc. The comparison may be applied to observations from the same item during different time periods, from the same kind of item from different manufacturers, from the same kind of item operating under different conditions, and from items before and after an improvement.

NOTE – The statistical ability to detect a particular difference between two rates/intensities increases with the total number of observed failures (events).

## 6 Specification of input data

In order to apply the procedures, the following data are required:

- the observed number of relevant failures  $r_1$  and  $r_2$  for the two observation periods;
- the accumulated relevant test times  $T_1^*$  and  $T_2^*$  for the two periods;
- the given (chosen) significance level  $\alpha_0$ , if required.

If additional analyses of statistical assumptions are required, the following data shall also be recorded:

- the time of occurrence for each failure.

## 7 Calculation procedures

### 7.1 Outline

The null hypothesis is that the two rates/intensities are equal or  $H_0 : w_1 = w_2$ . The alternative hypothesis is that  $w_1$  is smaller than  $w_2$  or  $H_1 : w_1 < w_2$ .

Accordingly subclause 7.2 describes the exact and generally applicable methods for comparing observations. The results of the comparison can be obtained using the binomial distribution (by means of a computing device), or by using tables of the  $F$  distribution provided in annex A.

The very common case, where test times are equal in the two observation series ( $T_1^* = T_2^*$ ), is treated in 7.3. The result can be obtained by graphical methods without calculation, or can be calculated numerically by means of very simple and accurate approximation formulae.

## 7.2 Méthode exacte

Cette méthode est applicable dans tous les cas ( $T_1^* = T_2^*$  ou  $T_1^* \neq T_2^*$ )

### 7.2.1 En utilisant la distribution binomiale

a) Définir  $r_1$  de façon que

$$\frac{r_1}{T_1^*} = \hat{w}_1 < \frac{r_2}{T_2^*} = \hat{w}_2$$

b) Calculer  $r$

$$r = r_1 + r_2$$

c) Calculer  $p$

$$p = \frac{T_1^*}{T_1^* + T_2^*}$$

d) Calculer le niveau de signification  $\alpha$  en utilisant la fonction de répartition de la loi binomiale

$$\alpha = \sum_{x=0}^{r_1} \binom{r}{x} p^x (1-p)^{r-x} \quad (1)$$

$$\text{où } \binom{r}{x} = \frac{r!}{(r-x)!x!}$$

e) Appliquer les critères de décision du tableau 1 lorsque le niveau de signification  $\alpha_0$  est spécifié.

Lorsque le niveau de signification  $\alpha_0$  n'est pas spécifié, on considère généralement que  $\alpha$  est relativement petit, soit par exemple  $\alpha = 0,05 = 5 \%$ , et on peut conclure que  $w_1 < w_2$ .

Le risque que cette conclusion soit fausse est d'autant plus faible que  $\alpha$  est petit.

NOTE - Le niveau de signification peut également être déterminé par interpolation en utilisant des tables ou des courbes de la distribution binomiale.

**Tableau 1 – Critères de décision utilisant la distribution binomiale**

Si	La conclusion est
$\alpha < \alpha_0$	$w_1 < w_2$
$\alpha > \alpha_0$	$w_1 = w_2$

### 7.2.2 En utilisant la distribution F

Une autre méthode équivalente pour calculer la formule (1) est de procéder comme suit:

a) Calculer  $f$  à partir de l'équation

$$f = \frac{r_2}{r_1 + 1} \times \frac{T_1^*}{T_2^*}$$

7.2 Exact general method

Regardless of whether ( $T_1 = T_2^*$  or  $T_1^* \neq T_2^*$ )

7.2.1 Using the binomial distribution

a) Define  $r_1$  so that

$$\frac{r_1}{T_1^*} = \hat{w}_1 < \frac{r_2}{T_2^*} = \hat{w}_2$$

b) Calculate  $r$

$$r = r_1 + r_2$$

c) Calculate  $p$

$$p = \frac{T_1^*}{T_1^* + T_2^*}$$

d) Calculate the significance level  $\alpha$  by using the cumulative binomial distribution

$$\alpha = \sum_{x=0}^{r_1} \binom{r}{x} p^x (1-p)^{r-x} \tag{1}$$

where  $\binom{r}{x} = \frac{r!}{(r-x)! x!}$

e) Apply the decision criteria in table 1, when the significance level  $\alpha_0$  is specified.

In the case where the significance level  $\alpha_0$  is not specified, the general statement is that if  $\alpha$  is relatively small, say  $\alpha = 0,05 = 5 \%$ , it can be concluded that  $w_1 < w_2$ .

The smaller  $\alpha$  is, the less is the risk that this conclusion may be wrong.

NOTE – The significance level can also be determined by interpolation, using tables or curves for the binomial distribution.

**Table 1 – Decision criteria using the binomial distribution**

If	Then the conclusion is
$\alpha < \alpha_0$	$w_1 < w_2$
$\alpha > \alpha_0$	$w_1 = w_2$

7.2.2 Using the F distribution

An equivalent alternative method to calculating formula (1) is to proceed as follows:

a) Calculate  $f$  from the equation

$$f = \frac{r_2}{r_1 + 1} \times \frac{T_1^*}{T_2^*}$$

b) Obtenir  $f_c$  à partir des tableaux A.1 ( $1 - \alpha_0 = 0,90$ ) ou A.2 ( $1 - \alpha_0 = 0,95$ ) de la distribution  $F$  présentée à l'annexe A:

$$f_c = F_{1-\alpha_0}(v_1, v_2)$$

où

$$v_1 = 2(r_1 + 1);$$

$$v_2 = 2 r_2.$$

c) Appliquer les critères de décision du tableau 2.

**Tableau 2 – Critères de décision utilisant la distribution  $F$**

Si	La conclusion est
$f > f_c$	$w_1 < w_2$
$f < f_c$	$w_1 = w_2$

Généralement, un niveau de signification de  $\alpha_0 = 5\%$  ou  $10\%$  est recommandé, correspondant au fractile  $1 - \alpha_0$  (0,95 ou 0,90) de la distribution  $F$ .

**7.3 Méthodes pour le cas  $T_1^* = T_2^*$**

**7.3.1 Méthode graphique,  $r \leq 250$**

- a) Définir  $r_1$  de façon que:  $r_1 < r_2$
- b) Calculer:  $r = r_1 + r_2$
- c) Tracer: le point  $(r, r_1)$

sur les figures A.1 (si  $4 \leq r \leq 130$ ) ou A.2 (si  $110 \leq r \leq 250$ ) de l'annexe A, et noter si ce point tombe au-dessus ou au-dessous de la courbe correspondant au niveau de signification spécifié  $\alpha_0$ .

d) Appliquer les critères de décision du tableau 3.

**Tableau 3 – Critères de décision utilisant les graphiques des figures A.1 ou A.2 de l'annexe A**

Si	La conclusion est
le point $(r, r_1)$ tombe au-dessous de la courbe $\alpha_0$	$w_1 < w_2$
le point $(r, r_1)$ tombe au-dessus de la courbe $\alpha_0$	$w_1 = w_2$

NOTE – Le niveau de signification réel peut être grossièrement estimé par interpolation entre les courbes.

**7.3.2 Méthode d'approximation numérique pour  $r > 8$**

- a) Définir  $r_1$  de façon que  $r_1 < r_2$
- b) Calculer  $u$ :

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} \tag{2}$$

- b) Obtain  $f_c$  from the  $F$  distribution tables A.1 ( $1 - \alpha_0 = 0,90$ ) or A.2 ( $1 - \alpha_0 = 0,95$ ) in annex A:

$$f_c = F_{1-\alpha_0}(v_1, v_2)$$

where

$$v_1 = 2(r_1 + 1);$$

$$v_2 = 2 r_2.$$

- c) Apply the decision criteria in table 2.

**Table 2 – Decision criteria using the  $F$  distribution**

If	Then the conclusion is
$f > f_c$	$w_1 < w_2$
$f < f_c$	$w_1 = w_2$

Generally a significance level of  $\alpha_0 = 5 \%$  or  $10 \%$  is recommended, corresponding to the  $1 - \alpha_0$  (0,95 or 0,90) fractile of the  $F$  distribution.

**7.3 Methods for the case  $T_1^* = T_2^*$**

**7.3.1 Graphical method,  $r \leq 250$**

- a) Define  $r_1$  so that:  $r_1 < r_2$   
 b) Calculate:  $r = r_1 + r_2$   
 c) Plot: the point  $(r, r_1)$

on figures A.1 (if  $4 \leq r \leq 130$ ) or A.2 (if  $110 \leq r \leq 250$ ) in annex A, and note whether the point falls above or below the curve for the stated significance level  $\alpha_0$ .

- d) Apply the decision criteria in table 3.

**Table 3 – Decision criteria using the graphs, figures A.1 or A.2 in annex A**

If	Then the conclusion is
The point $(r, r_1)$ falls below the $\alpha_0$ curve	$w_1 < w_2$
The point $(r, r_1)$ falls above the $\alpha_0$ curve	$w_1 = w_2$

NOTE – The actual significance level can be roughly estimated by interpolation between the curves.

**7.3.2 Numerical approximation method for  $r > 8$**

- a) Define  $r_1$  so that:  $r_1 < r_2$   
 b) Calculate  $u$ :

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} \tag{2}$$

où

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} \tag{2}$$

$$u_2 = \sqrt{2} \times \left( \sqrt{r_2 - \frac{1}{2}} - \sqrt{r_1 + \frac{1}{2}} \right) \tag{2}$$

c) Appliquer les critères de décision du tableau 4 en utilisant  $u_c$  du tableau 5.

**Tableau 4 – Critères de décision utilisant la distribution normale réduite**

Si	La conclusion est
$u > u_c$ au niveau $\alpha_0$	$w_1 < w_2$
$u < u_c$ au niveau $\alpha_0$	$w_1 = w_2$

**Tableau 5 – Niveaux de signification (unilatéraux) utilisant la distribution normale réduite**

Niveau de signification $\alpha_0$	%	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0
Valeur critique $u_c$		3,09	2,81	2,58	2,33	1,96	1,65	1,28

NOTE – Le niveau de signification réel peut être déterminé au moyen de la distribution normale réduite.

where

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} \tag{2}$$

$$u_2 = \sqrt{2} \times \left( \sqrt{r_2 - \frac{1}{2}} - \sqrt{r_1 + \frac{1}{2}} \right) \tag{2}$$

c) Apply the decision criteria in table 4, using  $u_c$  from table 5.

**Table 4 – Decision criteria using the standard normal distribution**

If	Then the conclusion is
$u > u_c$ at $\alpha_0$ level	$w_1 < w_2$
$u < u_c$ at $\alpha_0$ level	$w_1 = w_2$

**Table 5 – Significance levels (one-sided) using the standard normal distribution**

Significance level $\alpha_0$	%	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0
Critical value $u_c$		3,09	2,81	2,58	2,33	1,96	1,65	1,28

NOTE – The actual significance level may be determined by means of the standard normal distribution.

**Annexe A**  
(normative)

**Tables de la distribution  $F$  –  
Graphiques pour la comparaison de deux taux/intensités  
de défaillance pour  $T_1^* = T_2^*$**

NOTE – Cette annexe se réfère à 7.2.2 et 7.3.

**Table A.1 – Fractiles 0,90 de la distribution  $F(F_{0,90}(v_1, v_2))$**

$v_1$	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	$\infty$
$v_2$											
2	9,00	9,24	9,33	9,37	9,39	9,44	9,46	9,47	9,47	9,48	9,49
4	4,32	4,11	4,01	3,95	3,92	3,84	3,82	3,80	3,79	3,78	3,76
6	3,46	3,18	3,05	2,98	2,94	2,84	2,80	2,78	2,76	2,74	2,72
8	3,11	2,81	2,67	2,59	2,54	2,42	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29
10	2,92	2,61	2,46	2,38	2,32	2,20	2,16	2,13	2,11	2,08	2,06
12	2,81	2,48	2,33	2,24	2,19	2,06	2,01	1,99	1,96	1,93	1,90
14	2,73	2,39	2,24	2,15	2,10	1,96	1,91	1,89	1,86	1,83	1,80
16	2,67	2,33	2,18	2,09	2,03	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72
18	2,62	2,29	2,13	2,04	1,98	1,84	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66
20	2,59	2,25	2,09	2,00	1,94	1,79	1,74	1,71	1,68	1,64	1,61
30	2,49	2,14	1,98	1,88	1,82	1,67	1,61	1,57	1,54	1,50	1,46
40	2,44	2,09	1,93	1,83	1,76	1,61	1,54	1,51	1,47	1,42	1,38
60	2,39	2,04	1,87	1,77	1,71	1,54	1,48	1,44	1,40	1,35	1,29
120	2,35	1,99	1,82	1,72	1,65	1,48	1,41	1,37	1,32	1,26	1,19
$\infty$	2,30	1,94	1,77	1,67	1,60	1,42	1,34	1,30	1,24	1,17	1,00

**Annex A**  
(normative)

**Tables of the *F* distribution –**

**Graphs for comparison of two failure rates/intensities for  $T_1^* = T_2^*$**

NOTE – This annex refers to 7.2.2 and 7.3.

**Table A.1 – 0,90 fractiles of the *F* distribution ( $F_{0,90}(v_1, v_2)$ )**

$v_1$	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	$\infty$
$v_2$											
2	9,00	9,24	9,33	9,37	9,39	9,44	9,46	9,47	9,47	9,48	9,49
4	4,32	4,11	4,01	3,95	3,92	3,84	3,82	3,80	3,79	3,78	3,76
6	3,46	3,18	3,05	2,98	2,94	2,84	2,80	2,78	2,76	2,74	2,72
8	3,11	2,81	2,67	2,59	2,54	2,42	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29
10	2,92	2,61	2,46	2,38	2,32	2,20	2,16	2,13	2,11	2,08	2,06
12	2,81	2,48	2,33	2,24	2,19	2,06	2,01	1,99	1,96	1,93	1,90
14	2,73	2,39	2,24	2,15	2,10	1,96	1,91	1,89	1,86	1,83	1,80
16	2,67	2,33	2,18	2,09	2,03	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72
18	2,62	2,29	2,13	2,04	1,98	1,84	1,78	1,75	1,72	1,69	1,66
20	2,59	2,25	2,09	2,00	1,94	1,79	1,74	1,71	1,68	1,64	1,61
30	2,49	2,14	1,98	1,88	1,82	1,67	1,61	1,57	1,54	1,50	1,46
40	2,44	2,09	1,93	1,83	1,76	1,61	1,54	1,51	1,47	1,42	1,38
60	2,39	2,04	1,87	1,77	1,71	1,54	1,48	1,44	1,40	1,35	1,29
120	2,35	1,99	1,82	1,72	1,65	1,48	1,41	1,37	1,32	1,26	1,19
$\infty$	2,30	1,94	1,77	1,67	1,60	1,42	1,34	1,30	1,24	1,17	1,00

**Table A.2 – Fractiles 0,95 de la distribution  $F(F_{0,95}(v_1, v_2))$**

$v_1$	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	$\infty$
2	19,00	19,25	19,33	19,37	19,40	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
4	6,94	6,39	6,16	6,04	5,96	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
6	5,14	4,53	4,28	4,15	4,06	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
8	4,46	3,84	3,58	3,44	3,35	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
10	4,10	3,48	3,22	3,07	2,98	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
12	3,89	3,26	3,00	2,85	2,75	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
14	3,74	3,11	2,85	2,70	2,60	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
16	3,63	3,01	2,74	2,59	2,49	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
18	3,55	2,93	2,66	2,51	2,41	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
20	3,49	2,87	2,60	2,45	2,35	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
30	3,32	2,69	2,42	2,27	2,16	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	3,23	2,61	2,34	2,18	2,08	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	3,15	2,53	2,25	2,10	1,99	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,07	2,45	2,18	2,02	1,91	1,66	1,55	1,49	1,43	1,35	1,25
$\infty$	3,00	2,37	2,10	1,94	1,83	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

L'interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires de  $v$  est suffisamment précise.

$v_1$ : degrés de liberté pour le numérateur

$v_2$ : degrés de liberté pour le dénominateur

**Table A.2 – 0,95 fractiles of the  $F$  distribution ( $F_{0,95}(v_1, v_2)$ )**

$v_1$	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	$\infty$
$v_2$											
2	19,00	19,25	19,33	19,37	19,40	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
4	6,94	6,39	6,16	6,04	5,96	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
6	5,14	4,53	4,28	4,15	4,06	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
8	4,46	3,84	3,58	3,44	3,35	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
10	4,10	3,48	3,22	3,07	2,98	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
12	3,89	3,26	3,00	2,85	2,75	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
14	3,74	3,11	2,85	2,70	2,60	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
16	3,63	3,01	2,74	2,59	2,49	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
18	3,55	2,93	2,66	2,51	2,41	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
20	3,49	2,87	2,60	2,45	2,35	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
30	3,32	2,69	2,42	2,27	2,16	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	3,23	2,61	2,34	2,18	2,08	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	3,15	2,53	2,25	2,10	1,99	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,07	2,45	2,18	2,02	1,91	1,66	1,55	1,49	1,43	1,35	1,25
$\infty$	3,00	2,37	2,10	1,94	1,83	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

Linear interpolation for intermediate  $v$  values is sufficiently accurate.

$v_1$ : degrees of freedom for the numerator

$v_2$ : degrees of freedom for the denominator

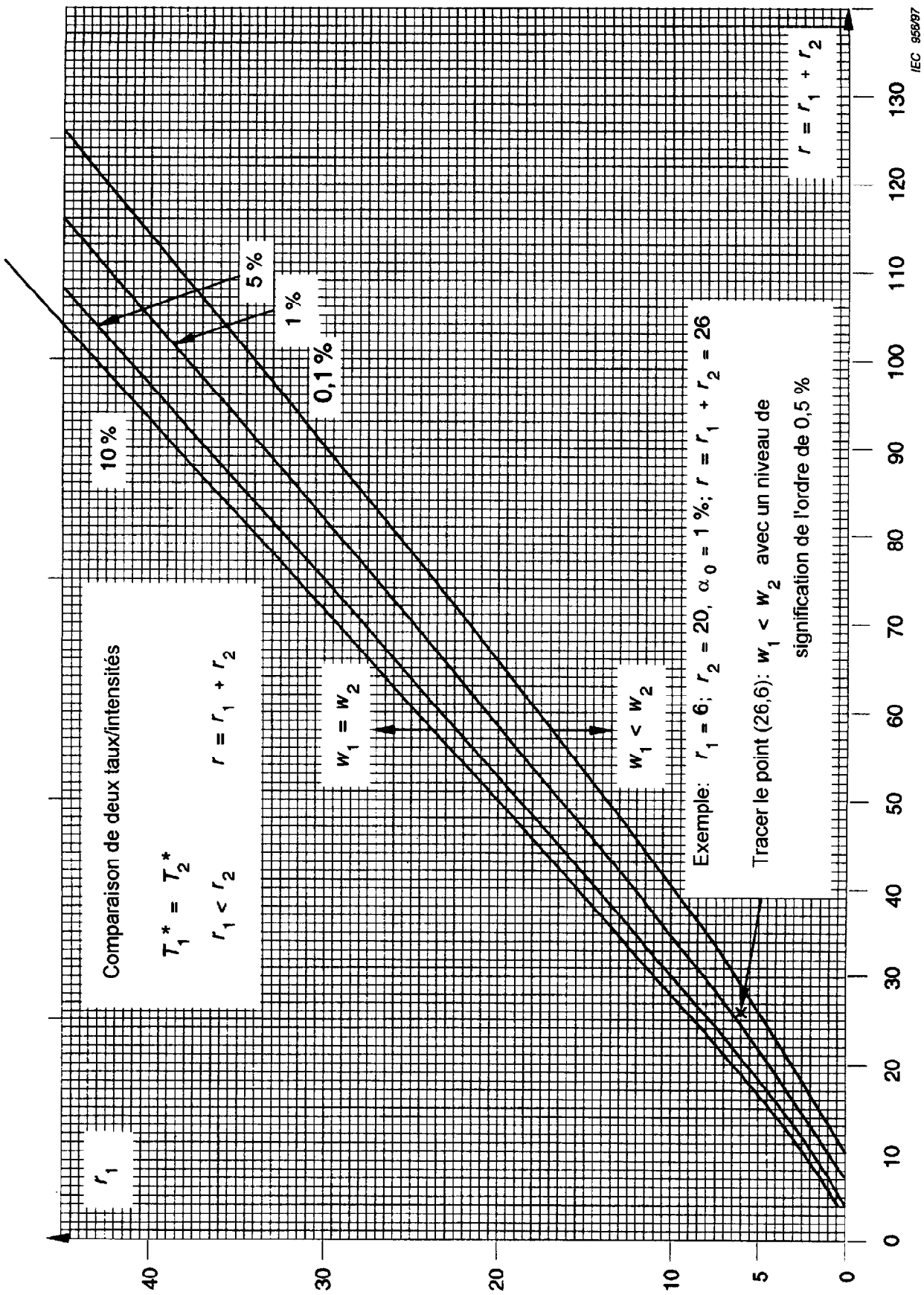


Figure A.1 – Comparaison de deux taux/intensités de défaillance pour  $T_1^* = T_2^*$   
 Niveaux de signification 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %;  $4 \leq r \leq 130$

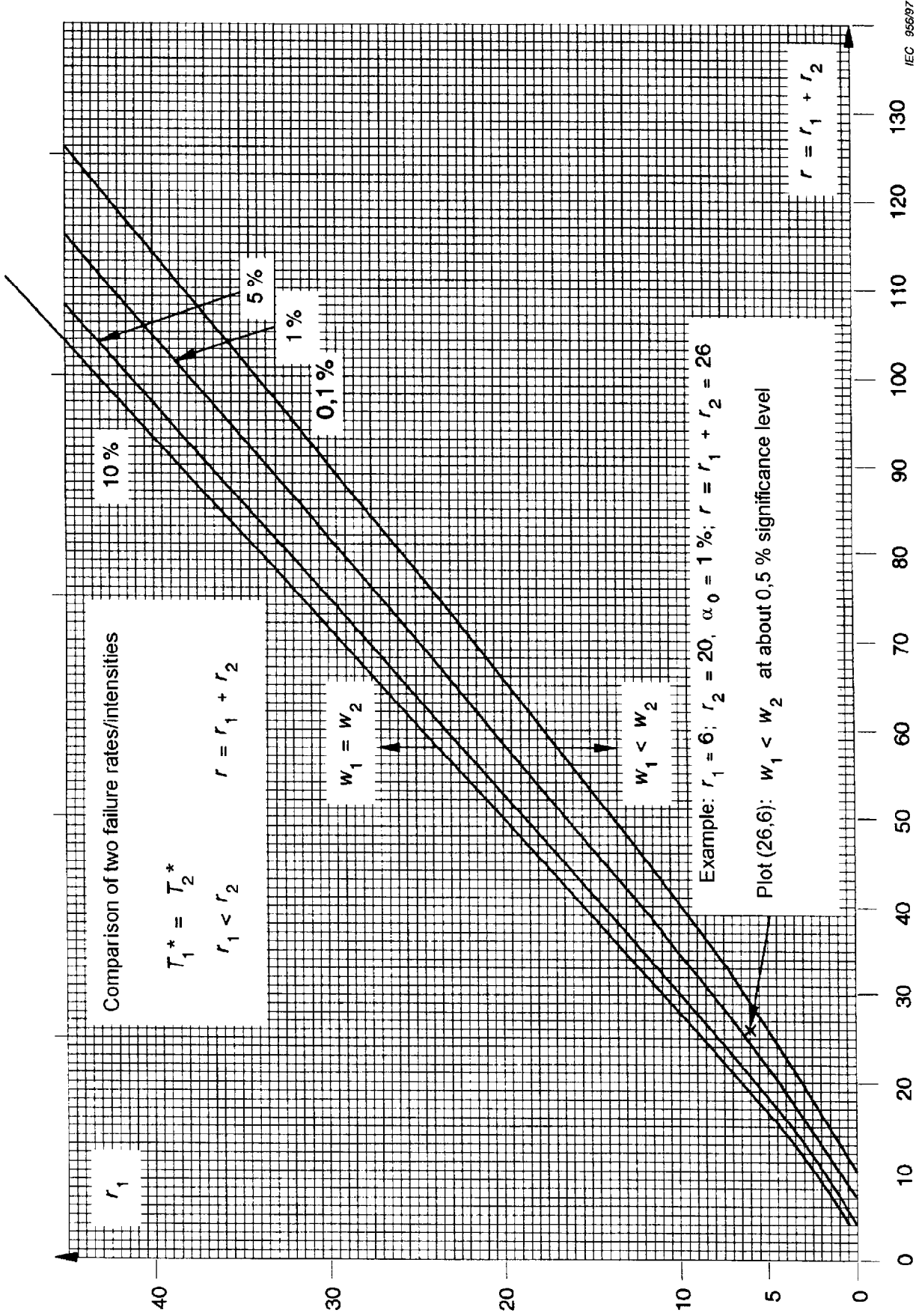


Figure A.1 – Comparison of two failure rates/intensities for  $T_1^* = T_2^*$   
Significance levels 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %;  $4 \leq r \leq 130$

IEC 956/97

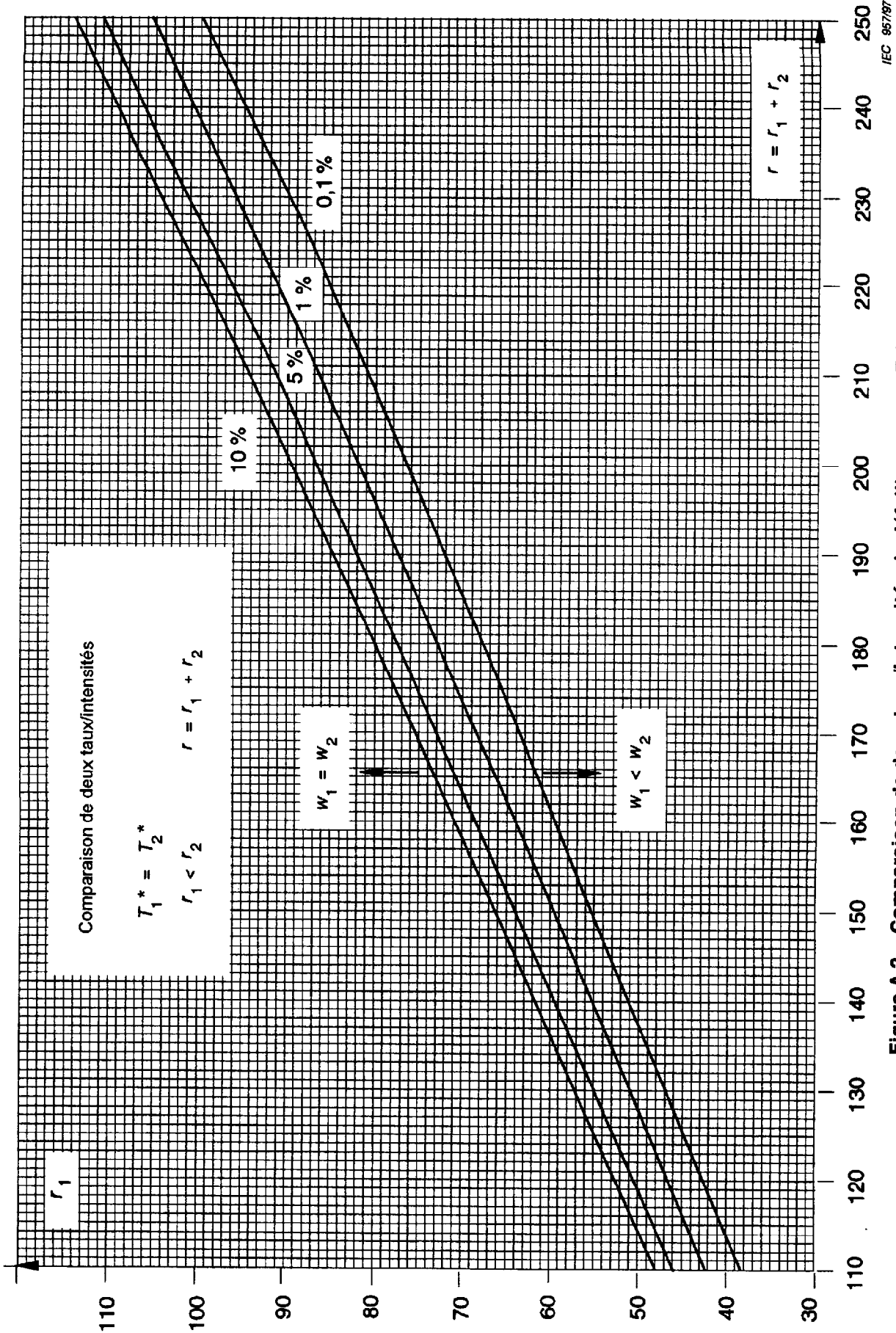


Figure A.2 – Comparaison de deux taux/intensités de défaillance pour  $T_1^* = T_2^*$   
Niveaux de signification 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %;  $110 \leq r \leq 250$

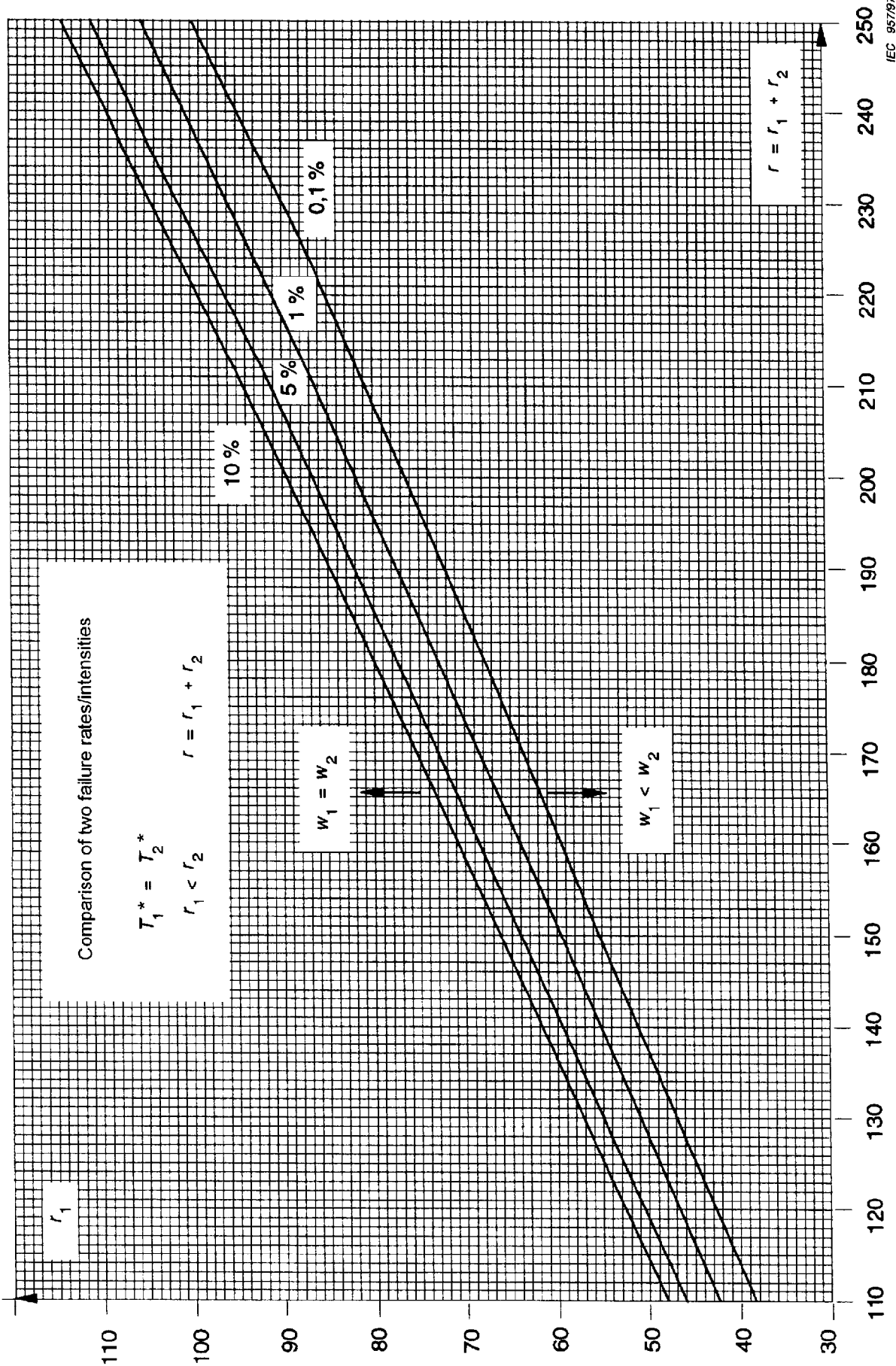


Figure A.2 – Comparison of two failure rates/intensities for  $T_1^* = T_2^*$   
Significance levels 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %;  $110 \leq r \leq 250$

IEC 957/97

## Annexe B (informative)

### Bases mathématiques

#### B.1 Hypothèses et formules pour le cas général ( $T_1^* = T_2^*$ ou $T_1^* \neq T_2^*$ )

Les hypothèses sont  $H_0: w_1 = w_2$  et  $H_1: w_1 < w_2$ . Le test est un test binomial unilatéral comme indiqué par la formule (1) (voir 7.2.1 d)), conformément à la référence [1].\*

Si un test bilatéral est applicable, les hypothèses sont  $H_0: w_1 = w_2$  et  $H_1: w_1 \neq w_2$ . Dans ce cas, il convient d'utiliser la formule suivante à la place de (1):

$$\alpha = \sum_{x=0}^{r_1} \binom{r}{x} \left[ p^x (1-p)^{r-x} + (1-p)^x p^{r-x} \right] \quad (1a)$$

#### B.2 Hypothèses et formules pour $T_1^* = T_2^*$

Les hypothèses sont  $H_0: w_1 = w_2$  et  $H_1: w_1 < w_2$ . Les équations (2) en 7.3.2 b) sont basées sur les références [1] et [2]. L'approximation est très bonne pour  $r > 10$ .

Les courbes des figures A.1 et A.2 sont calculées en résolvant les équations (2) par rapport à:

$$r_1 = r_1(u, r)$$

ce qui donne:

$$r_1' = \frac{r-1-u\sqrt{r}}{2} \quad \text{et} \quad r_1'' = \frac{r-1-u\sqrt{r-\frac{u^2}{4}}}{2}$$

on trace ensuite:

$$r_1 = \frac{r_1' + r_1''}{2} = r_1(r)$$

pour les valeurs fixes de  $u = u_c$  correspondant à des valeurs fixes de  $\alpha_0$  (voir 7.3.2, tableau 5).

Pour le test bilatéral, les valeurs  $\alpha_0$  sont égales à deux fois les valeurs du tableau 5, c'est-à-dire qu'elles peuvent varier entre 0,2 % et 20 %.

\* Voir annexe D.

## Annex B (informative)

### Mathematical background

#### B.1 Hypotheses and formulae for the general case ( $T_1^* = T_2^*$ or $T_1^* \neq T_2^*$ )

The hypotheses are  $H_0: w_1 = w_2$  and  $H_1: w_1 < w_2$ . The test is a one-sided binomial test, as stated by formula (1) (see 7.2.1 d)), in accordance with reference [1].\*

If a two-sided test is relevant, the hypotheses are  $H_0: w_1 = w_2$  et  $H_1: w_1 \neq w_2$ . In this case, the following formula should be used instead of (1):

$$\alpha = \sum_{x=0}^{r_1} \binom{r}{x} [p^x(1-p)^{r-x} + (1-p)^x p^{r-x}] \quad (1a)$$

#### B.2 Hypotheses and formulae for $T_1^* = T_2^*$

The hypotheses are  $H_0: w_1 = w_2$  and  $H_1: w_1 < w_2$ . The equations (2) in 7.3.2 b) are based on references [1] and [2]. The approximation is very good for  $r > 10$ .

The curves in figures A.1 and A.2 are calculated by solving the equations (2) with respect to:

$$r_1 = r_1(u, r)$$

giving:

$$r_1' = \frac{r-1-u\sqrt{r}}{2} \quad \text{and} \quad r_1'' = \frac{r-1-u\sqrt{r-\frac{u^2}{4}}}{2}$$

and then plot:

$$r_1 = \frac{r_1' + r_1''}{2} = r_1(r)$$

for fixed values of  $u = u_c$  corresponding to fixed values of  $\alpha_0$  (see 7.3.2, table 5).

For the two-sided test, the  $\alpha_0$  values are twice the values in table 5, that is ranging from 0,2 % to 20 %.

\* See annex D.

## Annexe C (informative)

### Exemples

#### C.1 Exemple 1

Se référer à 7.2.

**Observations:** Pour un équipement réparé donné de type A, on observe ce qui suit:

$$T_1^* = 1 \text{ an}; r_1 = 1 \text{ défaillance.}$$

Pour un équipement réparé donné de type B, on observe ce qui suit:

$$T_2^* = 2 \text{ ans}; r_2 = 9 \text{ défaillances.}$$

**Question:** L'équipement de type A a-t-il une intensité de défaillance nettement inférieure à celle de l'équipement du type B au niveau de signification 5 % ( $\alpha_0 = 0,05$ ) ?

**Réponse:** Calculer ce qui suit:

$$\frac{r_1}{T_1^*} = \frac{1}{1} = \hat{z}_1 < \frac{r_2}{T_2^*} = \frac{9}{2} = 4,5 = \hat{z}_2$$

$$r = r_1 + r_2 = 1 + 9 = 10$$

$$p = \frac{T_1^*}{T_1^* + T_2^*} = \frac{1}{3}$$

En appliquant l'équation (1) on a:

$$\alpha = 0,104 = 10,4 \%$$

étant donné que:

$$\alpha = 0,104 > \alpha_0 = 0,05$$

on peut conclure, d'après le tableau 1, que:

$$w_1 = w_2 \text{ ou } z_1 = z_2$$

la réponse est donc que l'équipement du type A n'a pas d'intensité de défaillance inférieure à celle de l'équipement du type B, au niveau de signification 5 %.

Le même résultat peut être obtenu en utilisant le fractile  $1 - 0,05 = 0,95$  de la distribution  $F$  (voir annexe A, table A.2).

La statistique  $f$  est calculée selon la formule

$$f = \frac{9}{1+1} \times \frac{1}{2} = 2,25$$

## Annex C (informative)

### Examples

#### C.1 Example 1

Refer to 7.2

**Observations:** For a given repaired equipment of type A, the following is observed:

$$T_1^* = 1 \text{ year}; r_1 = 1 \text{ failure.}$$

For a given repaired equipment of type B, the following is observed:

$$T_2^* = 2 \text{ years}; r_2 = 9 \text{ failures.}$$

**Question:** Has the type A equipment a significantly lower failure intensity than the type B equipment at the 5 % level ( $\alpha_0 = 0,05$ )?

**Answer:** Calculate the following:

$$\frac{r_1}{T_1^*} = \frac{1}{1} = \hat{z}_1 < \frac{r_2}{T_2^*} = \frac{9}{2} = 4,5 = \hat{z}_2$$

$$r = r_1 + r_2 = 1 + 9 = 10$$

$$p = \frac{T_1^*}{T_1^* + T_2^*} = \frac{1}{3}$$

Applying equation (1) gives:

$$\alpha = 0,104 = 10,4 \%$$

since:

$$\alpha = 0,104 > \alpha_0 = 0,05$$

it can, according to table 1, be concluded that:

$$w_1 = w_2 \quad \text{or} \quad z_1 = z_2$$

so the answer is that the type A equipment does not have a lower failure intensity than the type B equipment at the 5 % level.

The same result may be obtained using the  $1 - 0,05 = 0,95$  fractile of the  $F$  distribution (see annex A, table A.2):

The statistic  $f$  is calculated by

$$f = \frac{9}{1+1} \times \frac{1}{2} = 2,25$$

la valeur critique  $f_c$  est calculée par

$$f_c = F_{1-\alpha}(v_1, v_2) = 2,93$$

où

$$v_1 = 2(1 + 1) = 4$$

$$v_2 = 2 \times 9 = 18$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

D'après le tableau 2: les hypothèses  $w_1 = w_2$  ou  $z_1 = z_2$  ne peuvent pas être rejetées étant donné que  $f = 2,25 < 2,93 = f_c$  au niveau de signification 5 %.

### C.2 Exemple 2

Se référer à 7.3.1. Voir l'exemple de la figure A.1.

### C.3 Exemple 3

Se référer à 7.3.2.

**Observation:**  $T_1^* = T_2^*$ ;  $r_1 = 1$ ;  $r_2 = 7$ ;

**Question:** Existe-t-il une différence importante entre  $w_1$  et  $w_2$  au niveau de signification  $\alpha_0 = 5\%$  ?

Calculer:

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} = \frac{5}{\sqrt{8}} = 1,77$$

$$u_2 = \sqrt{2} \left[ \sqrt{r_2 - \frac{1}{2}} - \sqrt{r_1 + \frac{1}{2}} \right] = \sqrt{2} \left[ \sqrt{6,5} - \sqrt{1,5} \right] = 1,87$$

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} = \frac{3,64}{2} = 1,82$$

**Réponse:** Au niveau de signification de 5 %,  $u_c = 1,65$  d'après le tableau 5.

Étant donné que  $u > u_c$  on peut conclure, d'après le tableau 4, que

$$w_1 < w_2$$

Le niveau de signification réel  $\alpha$  est:

$$\alpha \approx \Phi(u_\alpha) = 3,44\% \quad (\alpha = 3,52\% \text{ exactement})$$

the critical value  $f_c$  is calculated by

$$f_c = F_{1-\alpha}(v_1, v_2) = 2,93$$

where

$$v_1 = 2(1 + 1) = 4$$

$$v_2 = 2 \times 9 = 18$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

According to table 2:  $w_1 = w_2$  or  $z_1 = z_2$  cannot be rejected, since:  $f = 2,25 < 2,93 = f_c$  at the 5 % level.

### C.2 Example 2

Refer to 7.3.1. See example in figure A.1.

### C.3 Example 3

Refer to 7.3.2

**Observation:**  $T_1^* = T_2^*$ ;  $r_1 = 1$ ;  $r_2 = 7$ ;

**Question:** Is there a significant difference between  $w_1$  and  $w_2$  at the  $\alpha_0 = 5\%$  level ?

Calculation:

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} = \frac{5}{\sqrt{8}} = 1,77$$

$$u_2 = \sqrt{2} \left[ \sqrt{r_2 - \frac{1}{2}} - \sqrt{r_1 + \frac{1}{2}} \right] = \sqrt{2} \left[ \sqrt{6,5} - \sqrt{1,5} \right] = 1,87$$

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} = \frac{3,64}{2} = 1,82$$

**Answer:** At the 5 % significance level,  $u_c = 1,65$  according to table 5.

Since  $u > u_c$  it can be concluded, according to table 4, that:

$$w_1 < w_2$$

The actual significance level,  $\alpha$ , is calculated by:

$$\alpha \approx \Phi(u_\alpha) = 3,44\% \quad (\text{exact } \alpha = 3,52\%)$$

**C.4 Exemple 4**

Se référer à 7.3.2 et à l'exemple de la figure A.1.

Ce qui suit est un calcul numérique correspondant à l'exemple graphique.

**Observations:** 1 000 composants provenant d'une production courante sont exposés à un essai thermique pendant 1 000 h, 20 composants n'ont pas satisfait à l'essai et ont été immédiatement remplacés.

1 000 composants provenant d'une production mieux contrôlée sont exposés au même essai thermique pendant 1 000 h, six composants n'ont pas satisfait à l'essai et ont été immédiatement remplacés.

Ainsi  $T_1^* = T_2^* = 10^6$  composant-heures;  $r_1 = 6$ ;  $r_2 = 20$

**Question:** Le nouveau procédé de fabrication améliore-t-il de façon significative la fiabilité des composants au niveau de signification  $\alpha = 1\%$  ?

Calcul:  $u_1 = 2,55$ ;  $u_2 = 2,64$ ;  $u = 2,59 > u_c = 2,33$

**Réponse:** Au niveau de signification 1 %, on peut conclure, d'après le tableau 4, que:

$$w_1 < w_2 \text{ ou } \lambda_1 < \lambda_2$$

ce qui signifie que le nouveau procédé de fabrication présente une amélioration importante.

Le niveau de signification vrai  $\alpha$  est:

$$\alpha \approx \Phi(u_\alpha) = 0,47\% \quad (\alpha = 0,468\% \text{ exactement})$$

**C.4 Example 4**

Refer to 7.3.2 and example in figure A.1.

The following is a numerical calculation corresponding to the graphical example.

**Observation:** 1 000 components from a current production are exposed to a heat test for 1 000 h, 20 components failed and were immediately replaced.

1 000 components from a better controlled production process are exposed to the same heat test for 1 000 h, six components failed and were immediately replaced.

Thus  $T_1^* = T_2^* = 10^6$  component-hours;  $r_1 = 6$ ;  $r_2 = 20$

**Question:** Does the new production process significantly improve the reliability of the components at the  $\alpha = 1\%$  level?

Calculation:  $u_1 = 2,55$ ;  $u_2 = 2,64$ ;  $u = 2,59 > u_c = 2,33$

**Answer:** At the 1 % significance level, it can be concluded, according to table 4, that:

$$w_1 < w_2 \text{ or } \lambda_1 < \lambda_2$$

which means that the new production process is a significant improvement.

The actual significance level,  $\alpha$ , is calculated by:

$$\alpha \approx \Phi(u_\alpha) = 0,47\% \quad (\text{exact } \alpha = 0,468\%)$$

**Annexe D**  
(informative)

**Bibliographie**

- [1] Cox, D.R. and Lewis, P.A., *The statistical analysis of series of events*, pp. 223-228. Methuen, London, 1966.
  - [2] Hald, A., *Statistical theory with engineering applications*, pp. 672-726. John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, 1952.
-

**Annex D**  
(informative)

**Bibliography**

- [1] Cox, D.R. and Lewis, P.A., *The statistical analysis of series of events*, pp. 223-228. Methuen, London, 1966.
  - [2] Hald, A., *Statistical theory with engineering applications*, pp. 672-726. John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, 1952.
-



**Standards Survey**

We at the IEC want to know how our standards are used once they are published.

The answers to this survey will help us to improve IEC standards and standard related information to meet your future needs

Would you please take a minute to answer the survey on the other side and mail or fax to:

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

Case postale 131

1211 Geneva 20

Switzerland

or

Fax to: 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

Case postale 131

1211 GENEVA 20

Switzerland

1. No. of IEC standard:  
 .....

2. Tell us why you have the standard. (check as many as apply). I am:  
 the buyer  
 the user  
 a librarian  
 a researcher  
 an engineer  
 a safety expert  
 involved in testing  
 with a government agency  
 in industry  
 other.....

3. This standard was purchased from?  
 .....

4. This standard will be used (check as many as apply):  
 for reference  
 in a standards library  
 to develop a new product  
 to write specifications  
 to use in a tender  
 for educational purposes  
 for a lawsuit  
 for quality assessment  
 for certification  
 for general information  
 for design purposes  
 for testing  
 other.....

5. This standard will be used in conjunction with (check as many as apply):  
 IEC  
 ISO  
 corporate  
 other (published by.....)  
 other (published by.....)  
 other (published by.....)

6. This standard meets my needs (check one)  
 not at all  
 almost  
 fairly well  
 exactly

7. Please rate the standard in the following areas as (1) bad, (2) below average, (3) average, (4) above average, (5) exceptional, (0) not applicable:  
 clearly written  
 logically arranged  
 information given by tables  
 illustrations  
 technical information

8. I would like to know how I can legally reproduce this standard for:  
 internal use  
 sales information  
 product demonstration  
 other.....

9. In what medium of standard does your organization maintain most of its standards (check one):  
 paper  
 microfilm/microfiche  
 mag tapes  
 CD-ROM  
 floppy disk  
 on line

9A. If your organization currently maintains part or all of its standards collection in electronic media, please indicate the format(s):  
 raster image  
 full text

10. In what medium does your organization intend to maintain its standards collection in the future (check all that apply):  
 paper  
 microfilm/microfiche  
 mag tape  
 CD-ROM  
 floppy disk  
 on line

10A. For electronic media which format will be chosen (check one)  
 raster image  
 full text

11. My organization is in the following sector (e.g. engineering, manufacturing)  
 .....

12. Does your organization have a standards library:  
 yes  
 no

13. If you said yes to 12 then how many volumes:  
 .....

14. Which standards organizations published the standards in your library (e.g. ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):  
 .....

15. My organization supports the standards-making process (check as many as apply):  
 buying standards  
 using standards  
 membership in standards organization  
 serving on standards development committee  
 other.....

16. My organization uses (check one)  
 French text only  
 English text only  
 Both English/French text

17. Other comments:  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

18. Please give us information about you and your company  
 name: .....  
 job title:.....  
 company: .....  
 address:.....  
 .....  
 .....  
 No. employees at your location:.....  
 turnover/sales:.....



Enquête sur les normes

La CEI se préoccupe de savoir comment ses normes sont accueillies et utilisées.

Les réponses que nous procurera cette enquête nous aideront tout à la fois à améliorer nos normes et les informations qui les concernent afin de toujours mieux répondre à votre attente.

Nous aimerions que vous nous consacriez une petite minute pour remplir le questionnaire joint que nous vous invitons à retourner au:

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembe

Case postale 131

1211 Genève 20

Suisse

Télécopie: IEC/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 Varembe

Case postale 131

1211 GENÈVE 20

Suisse



**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Études n° 56**

- 60300: — Gestion de la sûreté de fonctionnement.
- 60300-1 (1993) Partie 1: Gestion du programme de sûreté de fonctionnement.
- 60300-2 (1995) Partie 2: Éléments et tâches du programme de sûreté de fonctionnement.
- 60300-3-1 (1991) Partie 3: Guide d'application. Section 1: Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement. Guide méthodologique.
- 60300-3-2 (1993) Partie 3: Guide d'application. Section 2: Recueil de données de sûreté de fonctionnement dans des conditions d'exploitation.
- 60300-3-3 (1996) Partie 3: Guide d'application. Section 3: Évaluation du coût du cycle de vie.
- 60300-3-4 (1996) Partie 3: Guide d'application – Section 4: Spécification d'exigences de sûreté de fonctionnement.
- 60300-3-9 (1995) Partie 3: Guide d'application – Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques.
- 60319 (1978) Présentation des données de fiabilité pour les composants (ou pièces détachées) électroniques.
- 60409 (1981) Guide pour l'inclusion de clauses de fiabilité dans les spécifications de composants (ou pièces détachées) pour l'équipement électronique.
- 60410 (1973) Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs.
- 60419 (1973) Guide pour l'inclusion des procédures de contrôle lot par lot et périodique dans les spécifications de composants électroniques (ou pièces détachées).
- 60605: — Essais de fiabilité des équipements.
- 60605-1 (1978) Première partie: Prescriptions générales. Modification n° 1 (1982).
- 60605-2 (1994) Partie 2: Conception des cycles d'essai.
- 60605-3-1 (1986) Troisième partie: Conditions d'essai préférentielles. Equipements portatifs d'intérieur – Faible degré de simulation.
- 60605-3-2 (1986) Troisième partie: Conditions d'essai préférentielles. Section 2: Equipements pour utilisation à poste fixe à l'abri des intempéries – Degré de simulation élevé.
- 60605-3-3 (1992) Partie 3: Conditions d'essai préférentielles. Section 3: Cycle d'essai n° 3: Equipements pour utilisation à poste fixe partiellement à l'abri des intempéries – Faible degré de simulation.
- 60605-3-4 (1992) Partie 3: Conditions d'essai préférentielles. Section 4: Cycle d'essai n° 4: Equipements portatifs à utilisation en déplacement – Faible degré de simulation.
- 60605-3-5 (1996) Partie 3: Conditions d'essai préférentielles. Section 5: Cycle d'essai n° 5: Equipements montés sur véhicules terrestres – Faible degré de simulation.
- 60605-3-6 (1996) Partie 3: Conditions d'essai préférentielles. Section 6: Cycle d'essai n° 6: Equipements portatifs d'extérieur – Faible degré de simulation.
- 60605-4 (1986) Quatrième partie: Méthodes de calcul des estimations ponctuelles et des limites de confiance résultant d'essais de détermination de la fiabilité d'équipements. Modification n° 1 (1989).
- 60605-6 (1997) Partie 6: Tests de validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante.

(suite)

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 56**

- 60300: — Dependability management.
- 60300-1 (1993) Part 1: Dependability programmc management.
- 60300-2 (1995) Part 2: Dependability programme elements and tasks.
- 60300-3-1 (1991) Part 3: Application guide. Section 1: Analysis techniques for dependability. Guide on methodology.
- 60300-3-2 (1993) Part 3: Application guide. Section 2: Collection of dependability data from the field.
- 60300-3-3 (1996) Part 3: Application Guide – Section 3: Life cycle costing.
- 60300-3-4 (1996) Part 3: Application Guide – Section 4: Guide to the specification of dependability requirements.
- 60300-3-9 (1995) Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems.
- 60319 (1978) Presentation of reliability data on electronic components (or parts).
- 60409 (1981) Guide for the inclusion of reliability clauses into specifications for components (or parts) for electronic equipment.
- 60410 (1973) Sampling plans and procedures for inspection by attributes.
- 60419 (1973) Guide for the inclusion of lot-by-lot and periodic inspection proccdures in specifications for electronic components (or parts).
- 60605: — Equipment reliability testing.
- 60605-1 (1978) Part 1: General requirements. Amendment No. 1 (1982).
- 60605-2 (1994) Part 2: Design of test cycles.
- 60605-3-1 (1986) Part 3: Preferred test conditions. Indoor portable equipment – Low degree of simulation.
- 60605-3-2 (1986) Part 3: Preferred test conditions. Section 2: Equipment for stationary use in weatherprotected locations – High degree of simulation.
- 60605-3-3 (1992) Part 3: Preferred test conditions – Section 3: Test cycle 3: Equipment for stationary use in partially weatherprotected locations – Low degree of simulation.
- 60605-3-4 (1992) Part 3: Preferred test conditions. Section 4: Test cycle 4: Equipment for portable and non-stationary use – Low degree of simulation.
- 60605-3-5 (1996) Part 3: Preferred test conditions – Section 5: Test cycle 5: Ground mobile equipment – Low degree of simulation
- 60605-3-6 (1996) Part 3: Preferred test conditions – Section 6: Test cycle 6: Outdoor transportable equipment – Low degree of simulation.
- 60605-4 (1986) Part 4: Procedures for determining point estimates and confidence limits from equipment reliability determination tests. Amendment No. 1 (1989).
- 60605-6 (1997) Part 6: Tests for the validity of the constant failure rate or constant failure intensity assumption.

(continued)

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 56 (suite)**

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 56 (continued)**

60605-7 (1987)	Septième partie: Plans d'échantillonnage pour confirmer le taux de défaillance et la moyenne des temps de bon fonctionnement dans l'hypothèse d'un taux de défaillance constant Modification n° 1 (1990).	60605-7 (1987)	Part 7: Compliance test plans for failure rate and mean time between failures assuming constant failure rate. Amendment No. 1 (1990).
60706: —	Guide de maintenabilité de matériel.	60706: —	Guide on maintainability of equipment.
60706-1 (1982)	Première partie: Sections un, deux et trois – Introduction, exigences et programme de maintenabilité.	60706-1 (1982)	Part 1: Sections One, Two and Three – Introduction, requirements and maintainability programme.
60706-2 (1990)	Partie 2: Section cinq – Etudes de maintenabilité au niveau de la conception.	60706-2 (1990)	Part 2: Section Five – Maintainability studies during the design phase.
60706-3 (1987)	Troisième partie: Sections six et sept – Vérification et recueil, analyse et présentation des données.	60706-3 (1987)	Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data.
60706-4 (1992)	Quatrième partie: Section 8 – Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance.	60706-4 (1992)	Part 4: Section 8 – Maintenance and maintenance support planning.
60706-5 (1994)	Partie 5: Section 4: Essais pour diagnostic.	60706-5 (1994)	Part 5: Section 4: Diagnostic testing.
60706-6 (1994)	Partie 6: Section 9: Méthodes statistiques pour l'évaluation de la maintenabilité.	60706-6 (1994)	Part 6: Section 9: Statistical methods in maintainability evaluation.
60812 (1985)	Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE).	60812 (1985)	Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).
60863 (1986)	Présentation des résultats de la prévision des caractéristiques de fiabilité, maintenabilité et disponibilité.	60863 (1986)	Presentation of reliability, maintainability and availability predictions.
61014 (1989)	Programmes de croissance de fiabilité.	61014 (1989)	Programmes for reliability growth.
61025 (1990)	Analyse par arbre de panne (AAP).	61025 (1990)	Fault tree analysis (FTA).
61070 (1991)	Procédures d'essai de conformité pour la disponibilité en régime établi.	61070 (1991)	Compliance test procedures for steady-state availability.
61078 (1991)	Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Méthode du diagramme de fiabilité.	61078 (1991)	Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram method.
61123 (1991)	Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité pour une proportion de succès.	61123 (1991)	Reliability testing – Compliance test plans for success ratio.
61124 (1997)	Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité d'un taux de défaillance constant et d'une intensité de défaillance constante.	61124 (1997)	Reliability testing – Compliance test for constant failure rate and constant failure intensity.
61160 (1992)	Revue de conception formalisée. Amendement 1 (1994).	61160 (1992)	Formal design review. Amendment 1 (1994).
61163:—	Déverminage sous contraintes.	61163:—	Reliability stress screening.
61163-1 (1995)	Partie 1: Entités réparables fabriquées en lots.	61163-1 (1995)	Part 1: Repairable items manufactured in lots.
61164 (1995)	Croissance de la fiabilité – Tests et méthodes d'estimation statistiques.	61164 (1995)	Reliability growth – Statistical test and estimation methods.
61165 (1995)	Application des techniques de Markov.	61165 (1995)	Application of Markov techniques.
61649 (1997)	Procédures pour le test d'adéquation, les intervalles de confiance et les limites inférieures de confiance pour les données suivant la distribution de Weibull.	61649 (1997)	Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data.
61650 (1997)	Techniques d'analyse des données de fiabilité – Procédures pour la comparaison de deux taux de défaillance constants et de deux intensités de défaillance (événements) constantes.	61650 (1997)	Reliability data analysis techniques – Procedures for comparison of two constant failure rates and two constant failure (event) intensities.
61709 (1996)	Composants électroniques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles d'influence des contraintes pour la conversion.	61709 (1996)	Electronic components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion.

Publication 61650

ISBN 2-8318-3919-X



9 782831 839196

---

**ICS 03.120.01; 03.120.30**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND