

**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 Varembe 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

R

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 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 F 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_i^* for one repaired item, $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$	13
2 Example of calculation of T_i^* for five non-repaired items, $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$	15
Annexes	
A Tables of the F 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61650:1997

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 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

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

α	niveau de signification calculé
α_0	niveau de signification donné
λ_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
p	rapport, $p = T_1^* / (T_1^* + T_2^*)$
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_α	fractile α 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

α	calculated significance level
α_0	given significance level
λ_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_α	the α 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

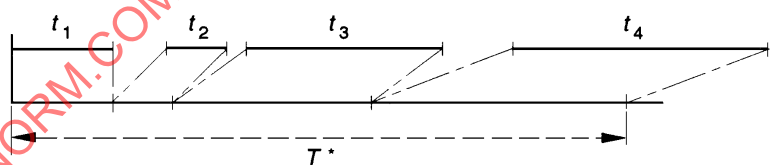
Les essais sont basés sur l'hypothèse que les intervalles de temps avant/entre défaillances sont distribués exponentiellement, indépendamment et identiquement pendant la période d'observation (durée d'essai cumulée). Cette hypothèse implique un taux constant de défaillance et une intensité constante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

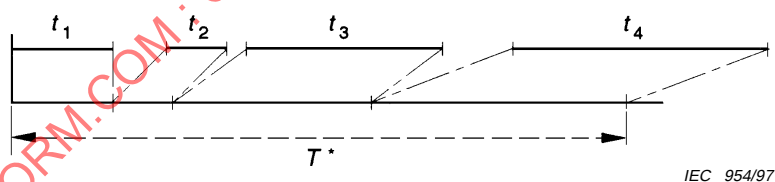
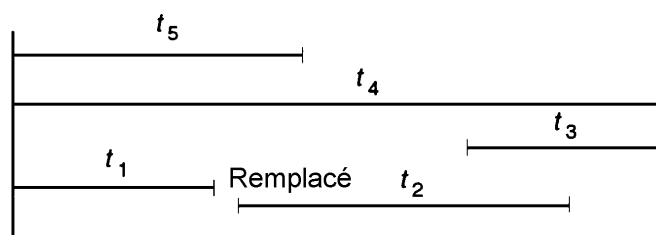


Figure 1 – Example of calculation of T_i^* for one repaired item, $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

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.



IEC 955/97

Figure 2 – Exemple de calcul de T_1^* pour cinq entités non réparées, $T_1^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$

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) α_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.

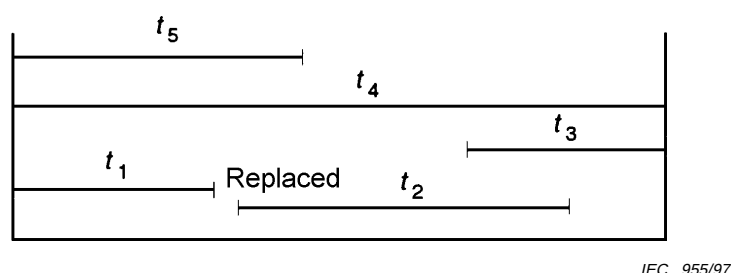


Figure 2 – Example of calculation of T_i^* for five non-repaired items, $T_i^* = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$

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 α_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 α 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 α_0 est spécifié.

Lorsque le niveau de signification α_0 n'est pas spécifié, on considère généralement que α 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 fautive est d'autant plus faible que α 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 α by using the cumulative binomial distribution

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

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

- e) Apply the decision criteria in table 1, when the significance level α_0 is specified.

In the case where the significance level α_0 is not specified, the general statement is that if α is relatively small, say $\alpha = 0,05 = 5\%$, it can be concluded that $w_1 < w_2$.

The smaller α 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 α_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 α_0	$w_1 < w_2$
le point (r, r_1) tombe au-dessus de la courbe α_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 :

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} \quad (2)$$

- 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 α_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 α_0 curve	$w_1 < w_2$
The point (r, r_1) falls above the α_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 :

$$u = \frac{u_1 + u_2}{2} \quad (2)$$

où

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} \quad (2)$$

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

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 α_0	$w_1 < w_2$
$u < u_c$ au niveau α_0	$w_1 = w_2$

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

Niveau de signification α_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

$$u_1 = \frac{r_2 - r_1 - 1}{\sqrt{r}} \quad (2)$$

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

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 α_0 level	$w_1 < w_2$
$u < u_c$ at α_0 level	$w_1 = w_2$

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

Significance level α_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 v_2	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	∞
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
∞	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 v_2	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	∞
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
∞	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	∞
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
∞	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 v_2	2	4	6	8	10	20	30	40	60	120	∞
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
∞	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

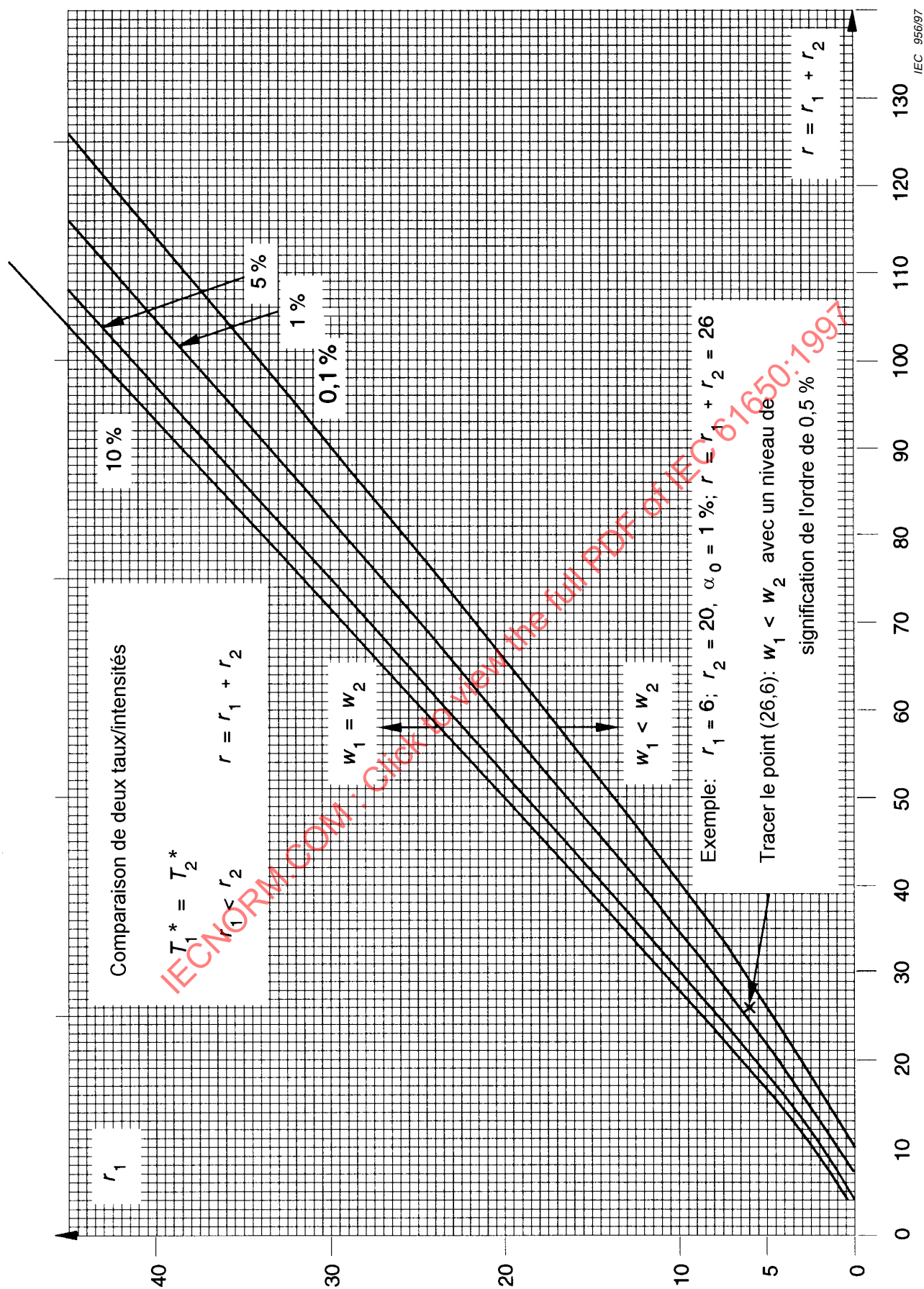


Figure A.1 – Comparaison de deux taux/intensités de défaillance pour $T_1^* = T_2^*$
Niveaux de signification 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %; 4 ≤ r ≤ 130

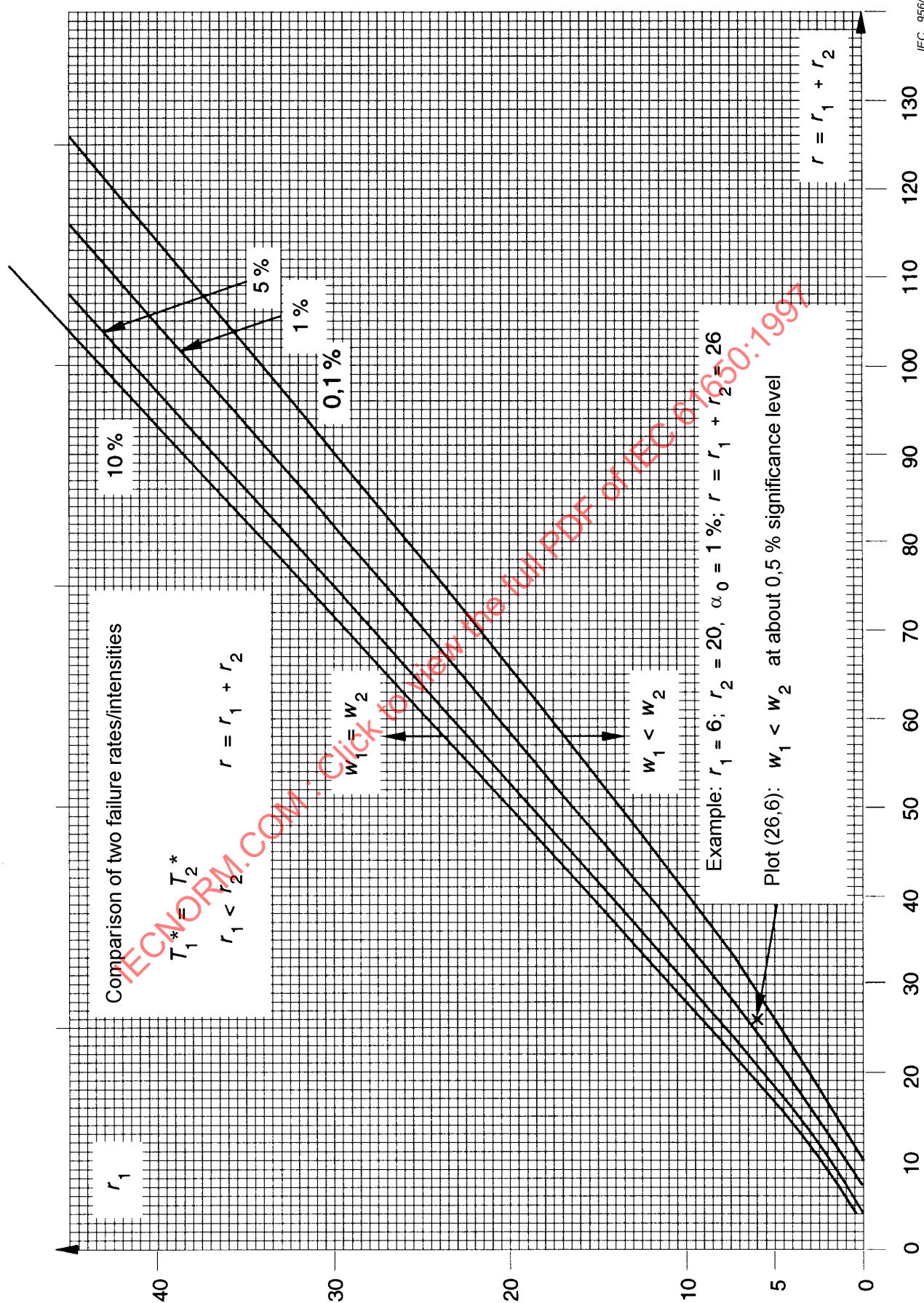


Figure A.1 – Comparison of two failure rates/intensities for $T_1^* = T_2^*$
 Significance levels 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %; 4 ≤ r ≤ 130

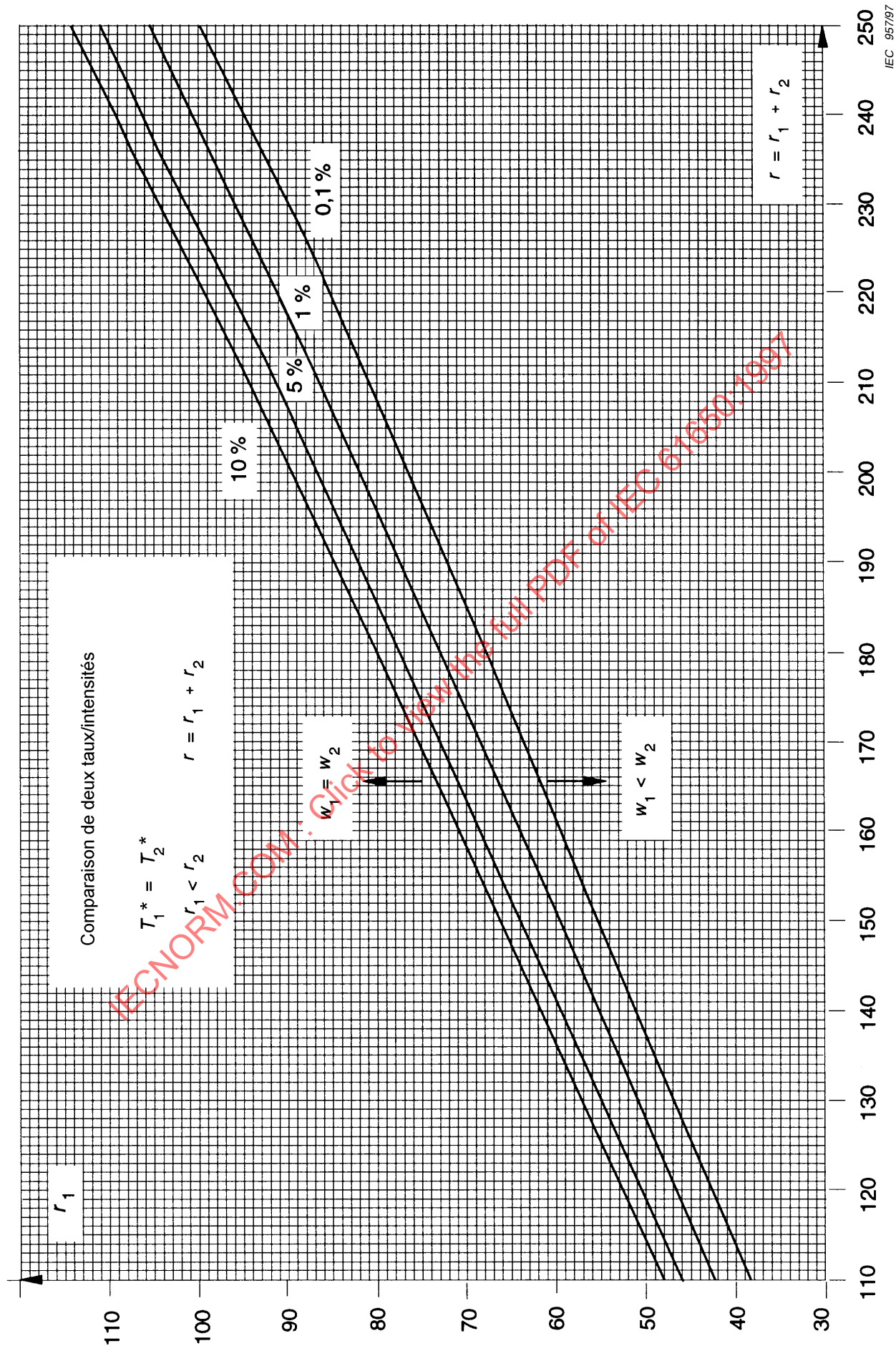


Figure A.2 – Comparaison de deux taux/intensités de défaillance pour $T_1^* = T_2^*$
 Niveaux de signification 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %; $110 \leq r \leq 250$

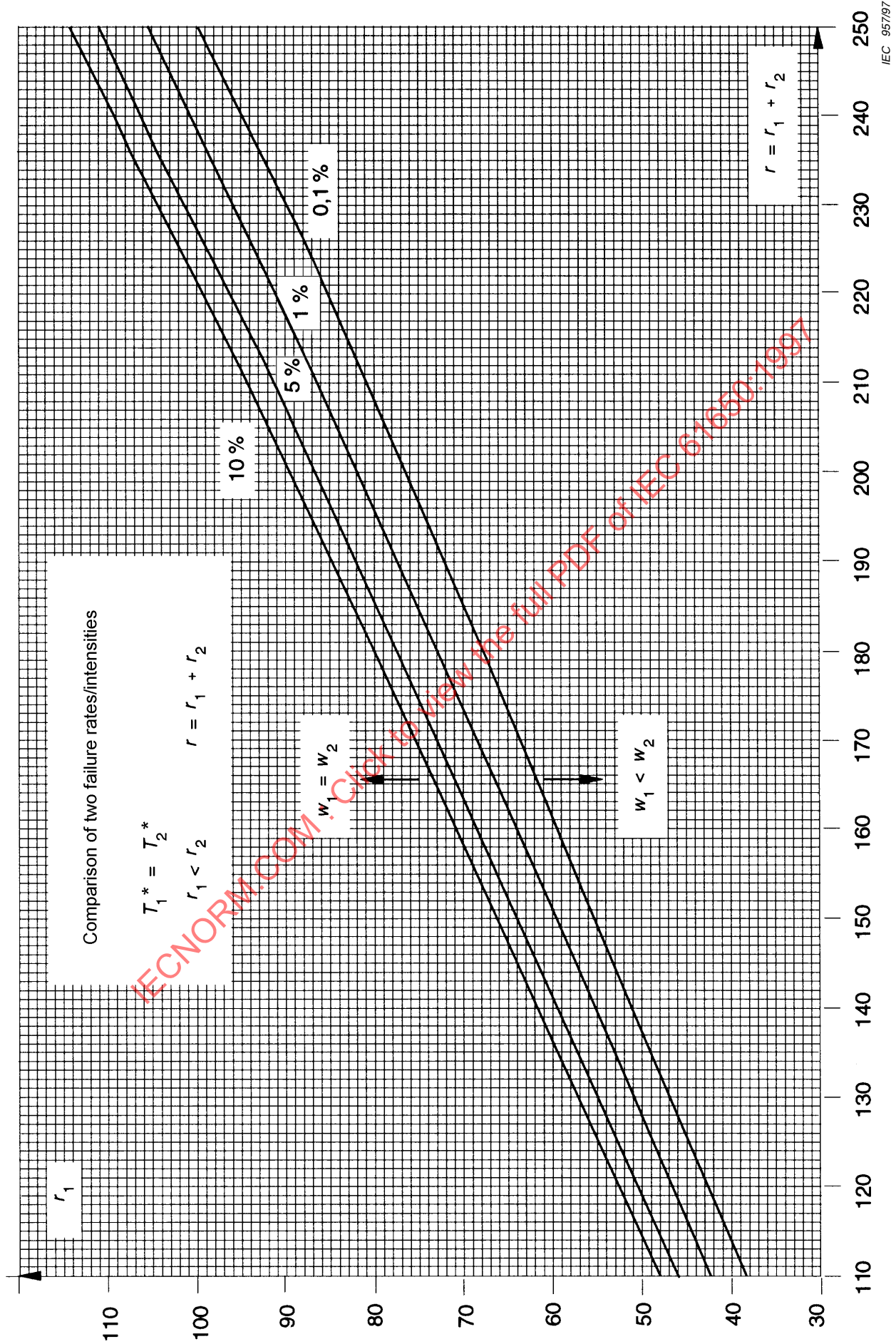


Figure A.2 – Comparison of two failure rates/intensities for $T_1^* = T_2^*$
 Significance levels 10 %; 5 %; 1 %; 0,1 %; $110 \leq r \leq 250$

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 α_0 (voir 7.3.2, tableau 5).

Pour le test bilatéral, les valeurs α_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):

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

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 α_0 (see 7.3.2, table 5).

For the two-sided test, the α_0 values are twice the values in table 5, that is ranging from 0,2 % to 20 %.

* See annex D.