

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60300-3-5

Première édition
First edition
2001-03

Gestion de la sûreté de fonctionnement –

Partie 3-5:

**Guide d'application – Conditions des essais
de fiabilité et principes des essais statistiques**

Dependability management –

Part 3-5:

**Application guide – Reliability test conditions
and statistical test principles**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60300-3-5:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60300-3-5

Première édition
First edition
2001-03

Gestion de la sûreté de fonctionnement –

Partie 3-5:

**Guide d'application – Conditions des essais
de fiabilité et principes des essais statistiques**

Dependability management –

Part 3-5:

**Application guide – Reliability test conditions
and statistical test principles**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XB

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	10
Articles	
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	14
3 Définitions, symboles et abréviations	16
3.1 Termes et définitions	16
3.2 Abréviations	26
3.3 Légendes des figures	28
4 Considérations générales	28
4.1 Remarques introductives et considérations légales	28
4.2 Objectifs des essais de fiabilité	30
4.3 Classification des essais de fiabilité	32
4.3.1 Classification selon un objectif général	32
4.3.2 Classification selon le lieu de déroulement des essais	34
4.3.3 Classification selon le délai requis pour l'obtention des résultats	36
4.4 Plans d'échantillonnage statistiques	36
4.5 Spécification d'essai	36
4.6 Utilisation du résultat de l'essai	40
5 Catégories d'essai dans le cadre de l'objectif général des essais	42
5.1 Essais de conformité	42
5.1.1 Termes utilisés lors des essais de conformité à la fiabilité	48
5.1.2 Prescriptions relatives aux essais de conformité de la fiabilité	52
5.1.3 Essais relatifs au rapport succès/défaillance	54
5.2 Essais d'estimation de la fiabilité	54
5.3 Essais de comparaison de la fiabilité	54
6 Conditions d'essai	56
6.1 Principes généraux de sélection des conditions d'essai	56
6.2 Conditions avant essai et maintenance corrective	58
6.3 Spécification des conditions de fonctionnement et d'environnement de l'essai	58
6.3.1 Conditions de fonctionnement	58
6.3.2 Conditions d'environnement	62
6.4 Spécification des conditions de maintenance	62
6.4.1 Maintenance préventive	62
6.4.2 Maintenance corrective	64
7 Collecte des données et classification des défaillances	66
7.1 Contrôle de la performance de l'entité à l'essai	66
7.1.1 Paramètres de fonctionnement	66
7.1.2 Méthode de mesurage	66
7.1.3 Intervalle de temps entre opérations de contrôle	66
7.2 Types de défaillances	66
7.2.1 Catégories de défaillances à ne pas prendre en compte	68
7.2.2 Catégories particulières de défaillance	70

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
INTRODUCTION	11
Clause	
1 Scope	13
2 Normative references	15
3 Definitions, symbols and abbreviations	17
3.1 Terms and definitions	17
3.2 Abbreviations	27
3.3 Legends for figures	29
4 General considerations	29
4.1 Introductory remarks and legal considerations	29
4.2 Objectives of reliability testing	31
4.3 Classification of reliability tests	33
4.3.1 Classification according to general purpose	33
4.3.2 Classification according to the test place	35
4.3.3 Classification according to time of receiving the results	37
4.4 Statistical test plans	37
4.5 Test specification	37
4.6 Utilisation of the test result	41
5 Test categories related to general test purpose	43
5.1 Compliance testing	43
5.1.1 Terms used in reliability compliance testing	49
5.1.2 Requirements for reliability compliance testing	53
5.1.3 Testing for success/failure ratio	55
5.2 Reliability estimation testing	55
5.3 Reliability comparison testing	55
6 Test conditions	57
6.1 General principles of selecting test conditions	57
6.2 Pre-test conditions and corrective maintenance	59
6.3 Specification of operating and environmental test conditions	59
6.3.1 Operating conditions	59
6.3.2 Environmental conditions	63
6.4 Specification of maintenance conditions	63
6.4.1 Preventive maintenance	63
6.4.2 Corrective maintenance	65
7 Data collection and failure classification	67
7.1 Monitoring of test item performance	67
7.1.1 Functional parameters	67
7.1.2 Measuring method	67
7.1.3 Monitoring interval	67
7.2 Failure types	67
7.2.1 Classes of non-relevant failures	69
7.2.2 Special classes of failure	71

	Pages
7.3 Analyse des défaillances	72
7.4 Durée d'essai à prendre en compte.....	72
8 Analyse des données d'essais	74
8.1 Entités non réparées.....	74
8.2 Entités réparées	74
8.3 Structures des données de défaillance (censure).....	74
8.4 Modèles de défaillance	78
8.4.1 Nature statistique.....	78
8.4.2 Taux de défaillance.....	78
8.4.3 Intensité de défaillance	80
8.4.4 Remarques de conclusion	82
9 Outils statistiques et procédure d'analyse	84
9.1 Description des outils.....	84
9.2 Description des relations entre les outils.....	88
9.3 Procédure d'analyse	94
9.4 Conclusions finales et actions éventuelles à entreprendre	102
9.4.1 Acceptation.....	102
9.4.2 Acceptation conditionnelle	104
9.4.3 Rejet.....	104
10 Rapports d'essai	104
10.1 Journal des essais et enregistrement des données	104
10.2 Enregistrement des conditions d'essai et des observations	106
10.3 Rapports de défaillance	106
10.3.1 Renseignements fournis par l'opérateur	106
10.3.2 Renseignements fournis par le personnel de réparation	108
10.3.3 Renseignements fournis par le personnel d'analyse des défaillances	110
10.4 Etat récapitulatif des défaillances	110
10.5 Inventaire des entités et pièces détachées défaillantes (facultatif)	110
10.6 Rapport final.....	112
Annexe A (informative) Examen des données.....	114
Annexe B (informative) Exemples généraux	128
Annexe C (informative) Relation entre la série de normes CEI 60605 existantes et les nouveaux outils statistiques	136
Bibliographie	138
Figure 1 – Comparaison d'un essai progressif tronqué et d'un essai tronqué/censuré comportant les mêmes risques	44
Figure 2 – Durée d'essai cumulée prévue à prendre en compte pour prendre une décision, en fonction de la valeur vraie de la moyenne des temps.....	46
Figure 3 – Courbes de caractéristiques de fonctionnement dans le cadre des plans d'échantillonnage B.5 et B.8 (exemple extrait de la CEI 61124).....	50
Figure 4 – Exemples de temps avant défaillance	74
Figure 5a – Exemple de données censurées par le temps	76
Figure 5b – Exemple de censure par défaillance	76
Figure 6 – Exemple de censure multiple	76
Figure 7 – Exemple des temps de fonctionnement entre les défaillances pour une seule entité réparée	78

	Page
7.3 Failure analysis.....	73
7.4 Relevant test time.....	73
8 Test data analysis.....	75
8.1 Non-repaired items	75
8.2 Repaired items	75
8.3 Failure data structures (censoring).....	75
8.4 Failure models	79
8.4.1 Statistical nature	79
8.4.2 Failure rate	79
8.4.3 Failure intensity	81
8.4.4 Concluding remarks	83
9 Statistical tools and analysis procedure	85
9.1 Description of tools	85
9.2 Description of the relationship between tools	89
9.3 Analysis procedure	95
9.4 Final conclusions and possible action to be taken.....	103
9.4.1 Acceptance	103
9.4.2 Conditional acceptance.....	105
9.4.3 Rejection.....	105
10 Reporting.....	105
10.1 Test logs and data records.....	105
10.2 Recording of test conditions and observations	107
10.3 Failure reports	107
10.3.1 From the test operator	107
10.3.2 From the repair personnel.....	109
10.3.3 From the failure analysis personnel.....	111
10.4 Failure summary record.....	111
10.5 Failed replacement items and spare part inventory (optional).....	111
10.6 Final report	113
Annex A (informative) Data screening	115
Annex B (informative) General examples.....	129
Annex C (informative) Relationship between the existing IEC 60605 series and the new statistical tools	137
Bibliography	139
Figure 1 – Comparison between a truncated sequential test and a time/failure terminated test with the same risks	45
Figure 2 – Expected accumulated relevant test time to decision as a function of the true mean time between failures.....	47
Figure 3 – Operating characteristic curves for test plans B.5 and B.8 (examples taken from IEC 61124).....	51
Figure 4 – Examples of time to failure	75
Figure 5a – Example of time censoring.....	77
Figure 5b – Example of failure censoring.....	77
Figure 6 – Example of multiple censoring	77
Figure 7 – Example of operating times between failures for a single repaired item	79

Figure 8 – Exemple de tendance croissante des temps de bon fonctionnement d'une seule entité réparée (intensité de défaillance)	80
Figure 9 – Exemple: nombre cumulé de défaillances en fonction du temps de fonctionnement d'une seule entité réparée, avec une intensité de défaillance constante	82
Figure 10 – Types d'analyses disponibles pour les entités non réparées	90
Figure 11 – Types d'analyses disponibles pour les entités réparées	92
Figure 12 – Outils disponibles pour l'estimation	96
Figure 13 – Outils disponibles pour les essais de conformité	100
Figure 14 – Outils disponibles pour les essais de comparaison	102
Figure A.1 – Exemple de diagramme de Pareto	116
Figure A.2 – Exemple de classement des pannes	118
Figure A.3 – Exemple de mélanges des différents modes de défaillance	120
Figure A.4 – Exemple de mélange de population	122
Figure A.5 – Exemple de problèmes de diagnostic	124
Figure A.6 – Exemple de groupes de données	126
Figure C.1 – Détails de la CEI 60605-4	136
Tableau 1 – Type des plans d'échantillonnage statistiques	44
Tableau 2 – Comparaison des plans d'échantillonnage statistiques	46
Tableau 3 – Récapitulatif des cas dans un test d'hypothèse (exemple extrait du plan d'essai B.5 de la CEI 61124)	50
Tableau 4 – Synthèse des modèles appropriés pour l'analyse des données de défaillance... ..	82
Tableau 5 – Procédures pour les essais d'adéquation	84
Tableau 6 – Procédures pour les essais d'estimation ponctuelle et des intervalles de confiance des mesures de fiabilité	86
Tableau 7 – Procédures pour les essais de conformité des mesures de fiabilité	86
Tableau 8 – Procédures pour les essais de comparaison	88

	Page
Figure 8 – Example of increasing trend in times between failure of a single repaired item (failure intensity).....	81
Figure 9 – Example of cumulative number of failures versus operating time for a single repaired item with a constant failure intensity.....	83
Figure 10 – Types of analyses available for non-repaired items.....	91
Figure 11 – Types of analyses available for repaired items	93
Figure 12 – Tools available for estimation	97
Figure 13 – Tools available for compliance testing	101
Figure 14 – Tools available for comparison testing.....	103
Figure A.1 – Example of Pareto diagram	117
Figure A.2 – Example of classification of faults.....	119
Figure A.3 – Example of mixtures of different failure modes	121
Figure A.4 – Example of mixture of populations.....	123
Figure A.5 – Example of diagnostic problems.....	125
Figure A.6 – Example of clusters of data	127
Figure C.1 – Details of IEC 60605-4	137
 Table 1 – Type of statistical test plans.....	 45
Table 2 – Comparison of statistical test plans.....	47
Table 3 – Overview of cases in a hypothesis test (example from test plan B.5 in IEC 61124)	51
Table 4 – Overview of appropriate models for failure data analysis	83
Table 5 – Procedures for goodness of fit tests.....	85
Table 6 – Procedures for point and interval estimation of reliability measures	87
Table 7 – Procedures for compliance testing of dependability measures	87
Table 8 – Procedures for comparison tests.....	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60300-3-5 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette première édition de la CEI 60300-3-5 annule et remplace la première édition de la CEI 60605-1 (1978) ainsi que sa modification 1 (1982).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/722/FDIS	56/730/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.

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2004. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

**Part 3-5: Application guide –
Reliability test conditions and statistical test principles**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60300-3-5 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This first edition of IEC 60300-3-5 cancels and replaces the first edition of IEC 60605-1 (1978) as well as its amendment 1 (1982).

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

FDIS	Report on voting
56/722/FDIS	56/730/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.

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2004. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60300, qui remplace la CEI 60605-1, est considérée comme un guide d'application pour la série de normes relatives aux conditions d'essai ainsi qu'aux outils statistiques utilisés pour l'analyse des données issues des essais de fiabilité d'entités réparées ou non.

Cette norme est destinée à servir de guide lors de la sélection des normes applicables aux conditions d'essai et à l'analyse statistique. Elle constitue également un guide en matière de planification, de réalisation et d'analyse des données issues des essais de fiabilité. L'utilisation de cette norme permet à l'utilisateur de choisir d'autres normes adaptées et nécessaires à la planification, l'exécution et l'analyse des données obtenues lors d'un essai de fiabilité donné.

Cette norme fait donc référence aux outils statistiques d'analyse de l'intensité et du taux de défaillance constants et non constants et d'autres mesures telles que le rapport succès/défaillance.

Cette norme se réfère aux conditions environnementales et opérationnelles et aux méthodes statistiques des normes CEI puisqu'il convient de choisir les deux en même temps.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001

INTRODUCTION

This part of IEC 60300 replaces IEC 60605-1 and is considered as an application guide for the series of standards on test conditions as well as on statistical tools used to analyse data from reliability tests of repaired or non-repaired items.

This standard is meant as a guide to the appropriate selection of applicable standards on test conditions and statistical analysis. It is also a general guide to planning, performing and analysing data from reliability tests. By using this standard, the user will be able to select other standards that are appropriate and necessary for planning, carrying out and analysing data generated by a specific reliability test.

This standard therefore refers to statistical tools for analysing constant and non-constant failure intensity and failure rate and other measures such as success/failure ratio.

This standard refers to the environmental and operational conditions and to the statistical methods available as IEC standards, since both should be selected at the same time.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001

GESTION DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60300 donne des lignes directrices relatives à la planification et à la réalisation des essais de fiabilité et à l'utilisation de méthodes statistiques pour analyser les données d'essai.

Elle décrit les essais relatifs aux entités réparées et non réparées ainsi que les essais d'intensité de défaillance constante et non constante et de taux de défaillance constant et non constant.

Elle s'applique:

- si les essais de fiabilité sont requis dans un contrat, que ce soit spécifiquement ou par inférence;
- si un essai de fiabilité est prévu;
- pendant un essai de fiabilité;
- lors de l'analyse des données et de la préparation du rapport d'un essai de fiabilité sur la base des résultats d'essai.

La présente norme s'applique également quand un contrat ou un plan d'échantillonnage spécifie l'utilisation des normes de méthodes statistiques de la CEI, sans se référer à une norme particulière.

De nombreux essais variés sont réalisés au cours du développement, de la vérification et de la validation de la conception d'un nouveau produit (entité). L'objectif de ces essais est de mettre à jour les points faibles de la conception et d'entreprendre les actions permettant d'éliminer ces faiblesses pour améliorer la performance, la qualité, la sécurité, la robustesse, la fiabilité et la disponibilité, mais également pour réduire les coûts. Cette norme ne couvre que les cas où les méthodes statistiques sont utilisées pour analyser les données d'essai. Les lignes directrices relatives aux conditions d'essai, à la planification et à la documentation des essais pourront toutefois s'appliquer à la plupart des essais.

Les thèmes suivants sont importants et même s'ils sont abordés dans la présente norme, ils sont plus amplement développés dans leurs normes respectives: essais de disponibilité (voir la CEI 61070); essais de mesures de la maintenabilité (voir la CEI 60706) et mesures de la croissance de fiabilité (voir la CEI 61014 et la CEI 61164).

La présente norme ne couvre pas la mise à l'essai des logiciels (voir la CEI 61704), mais elle est applicable aux entités dotées d'éléments matériel et logiciel. La présente norme peut donc s'appliquer à une large gamme d'entités, y compris aux applications utilisateurs, industrielles, militaires et aérospatiales. La présente partie de la CEI 60300 couvre la vérification, la détermination, la comparaison et l'évaluation du taux succès/défaillance. Un organigramme d'aide à la planification du traitement statistique des données d'un essai de fiabilité est donné à l'article 9.

Bien que non décrites dans la présente norme, les considérations et outils statistiques peuvent être utilisés dans le cadre des essais d'environnement, des essais sous contrainte échelonnée et des essais sous contrainte.

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles

1 Scope

This part of IEC 60300 provides guidelines for the planning and performing of reliability tests and the use of statistical methods to analyse test data.

It describes the tests related to repaired and non-repaired items together with tests for constant and non-constant failure intensity and constant and non-constant failure rate.

It is applicable:

- when reliability testing is called for in a contract, either specifically or by inference;
- when planning a reliability test;
- during a reliability test;
- when analysing data from and reporting on the outcome of a reliability test.

This standard also applies when a contract or test plan specifies the use of IEC statistical standards, without specific reference to a particular standard.

Many different tests are performed during the development, design verification and design validation of a new product. The purpose of these tests is to discover weaknesses in the design and to undertake actions to eliminate these weaknesses and thereby improve performance, quality, safety, robustness, reliability and availability and reduce costs. This standard covers only the cases where statistical methods are used to analyse test data although the guidelines on test conditions, test planning and test documentation will be applicable to most tests.

The following topics are important and although discussed in this standard are more fully dealt with in their respective standards: availability testing (see IEC 61070); testing of maintainability measures (see IEC 60706) and measures of reliability growth (see IEC 61014 and IEC 61164).

This standard does not cover software testing (see IEC 61704), however it is applicable to items containing both hardware and software. This standard is therefore applicable to a wide range of products including consumer, industrial, military and aerospace applications. This part of IEC 60300 covers analysis for verification, determination, comparison and success/failure ratio evaluation. A flow chart giving guidance for planning the statistical treatment of reliability test data is shown in clause 9.

Although not described in this standard, the considerations and statistical tools can be used in connection with environmental tests, accelerated step-stress tests and over-stress tests.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 60300. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60300 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes en vigueur.

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

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60300-2:1995, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 2: Eléments et tâches du programme de sûreté de fonctionnement*

CEI 60300-3-2:1993, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 2: Recueil de données de sûreté de fonctionnement dans des conditions d'exploitation*

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

CEI 60300-3-7:1999, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 7: Déverminage sous contraintes du matériel électronique*

CEI 60605-2:1994, *Essai de fiabilité des équipements – Partie 2: Conception des cycles d'essai*

CEI 60605-4:1986, *Essai de fiabilité des équipements – Quatrième partie: Méthode de calcul des estimateurs ponctuels et des limites de confiance résultant d'essais de détermination de la fiabilité d'équipements*

NOTE En révision en ce qui concerne les estimateurs ponctuels et les intervalles de confiance pour la distribution exponentielle.

CEI 60605-6:1997, *Essai de fiabilité des équipements – Partie 6: Tests de validité des hypothèses du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante*

CEI 60812:1985, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

CEI 61025:1990, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

CEI 61070:1991, *Procédures d'essai de conformité pour la disponibilité en régime établi*

CEI 61078:1991, *Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Méthode du diagramme de fiabilité*

CEI 61123:1991, *Essai de fiabilité – Plans d'essai de conformité pour une proportion de succès*

CEI 61124:1997, *Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité d'un taux de défaillance constant et d'une intensité de défaillance constante*

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60300. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60300 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60300-2:1995, *Dependability management – Part 2: Dependability programme elements and tasks*

IEC 60300-3-2:1993, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 2: Collection of dependability data from the field*

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

IEC 60300-3-7:1999, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 7: Reliability stress screening of electronic hardware*

IEC 60605-2:1994, *Equipment reliability testing – Part 2: Design of test cycles*

IEC 60605-4:1986, *Equipment reliability testing – Part 4: Procedures for determining point estimates and confidence limits from equipment reliability determination tests*

NOTE In revision as 'point estimates and confidence intervals for the exponential distribution'.

IEC 60605-6:1997, *Equipment reliability testing – Part 6: Tests for the validity of the constant failure rate or constant failure intensity assumptions*

IEC 60812:1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 61025:1990, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61070:1991, *Compliance test procedures for steady-state availability*

IEC 61078:1991, *Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram method*

IEC 61123:1991, *Reliability testing – Compliance test plans for success ratio*

IEC 61124:1997, *Reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity*

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

CEI 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*

CEI 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*

CEI 61710:—, *Modèle de loi en puissance – Test d'adéquation et méthodes d'estimation des paramètres* ¹⁾

ISO 11453:1996, *Interprétation statistique des données – Tests et intervalles de confiance portant sur les proportions*

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

3 Définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60300, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050(191), dont certains sont reproduits ci-dessous, ou dans l'ISO 3534-1, sont applicables, de même que les définitions suivantes.

3.1.1

essai d'acceptation

essai dont l'objectif est de vérifier les mesures de sûreté de fonctionnement avant qu'une conception ou qu'un lot de production soit accepté par le client

NOTE Le client peut être un client interne ou un autre service de l'entreprise, ou un client externe.

3.1.2

censure

interruption de l'essai après un certain nombre de défaillances ou une certaine durée à la fin de laquelle certaines entités sont toujours en état de marche

3.1.3

essai de comparaison

essai destiné à comparer deux mesures de sûreté de fonctionnement

3.1.4

essai de conformité

essai destiné à déterminer si un caractère ou une autre propriété d'une entité satisfait ou non aux exigences de fiabilité fixées

[VEI 191-14-02 modifiée]

3.1.5

essai de sûreté de fonctionnement

essai destiné à estimer, à vérifier ou à comparer les mesures de sûreté de fonctionnement pour des entités provenant d'un ou de plusieurs lots de conception et/ou de production

NOTE La présente norme aborde les essais de fiabilité dans le cadre des essais de la sûreté de fonctionnement.

¹⁾ A publier.

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

IEC 61649:1997, *Goodness of fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data*

IEC 61650:1997, *Reliability data analysis techniques – Procedures for comparison of two constant failure rates and two constant failure (event) intensities*

IEC 61710:—, *Power law model – Goodness of fit and estimation methods* ¹⁾

ISO 11453:1996, *Statistical interpretation of data – Tests and confidence intervals relating to proportions*

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

3 Definitions, symbols and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 60300, the terms and definitions given in IEC 60050(191), some of which are reproduced below, or in ISO 3534-1, as well as the following definitions, apply.

3.1.1 acceptance test

test with the purpose of verifying dependability measures before a design or production lot is accepted by the customer

NOTE The customer can be an internal customer or another department of the company or external customer.

3.1.2 censoring

termination of the test after either a certain number of failures or a certain time at which there are still items functioning

3.1.3 comparison test

test to compare two dependability measures

3.1.4 compliance test

test used to show whether or not a characteristic or property of an item complies with the stated reliability requirements

[IEV 191-14-02, modified]

3.1.5 dependability test

test with the purpose of estimating, verifying or comparing dependability measures for items of one or more design and/or production lots

NOTE This standard covers reliability tests within dependability testing.

¹⁾ To be published

3.1.6

essai de détermination

essai destiné à déterminer la valeur d'un caractère ou une autre propriété d'une entité

[VEI 191-14-03 modifiée]

3.1.7

rapport de discrimination

rapport, D , ($D > 1$), caractérisant un plan d'échantillonnage par sa capacité à distinguer une mesure de sûreté de fonctionnement valable d'une mesure non valable

NOTE Le rapport de discrimination est un facteur de mérite pour le plan d'échantillonnage.

3.1.8

essai d'estimation

essai destiné à déterminer la valeur d'un caractère ou une autre propriété d'une entité

[VEI 191-14-03 modifiée]

3.1.9

défaillance

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

[VEI 191-04-01 modifiée]

3.1.10

critères de défaillance

ensemble de règles permettant de définir si un événement observé constitue une défaillance

3.1.11

taux (instantané) de défaillance

limite, si elle existe, du rapport de la probabilité conditionnelle que l'instant, T , d'une défaillance d'une entité se produise dans un intervalle de temps donné (t , $t + \Delta t$), à la durée de cet intervalle, Δt , lorsque Δt tend vers zéro, étant donné que l'entité est dans un état de disponibilité au début de l'intervalle de temps

[VEI 191-12-02 modifiée]

3.1.12

intensité (instantanée) de défaillance

limite, si elle existe, du rapport du nombre moyen de défaillances d'une entité réparée sur un intervalle de temps (t , $t + \Delta t$), à la durée de cet intervalle, Δt , lorsque l'intervalle de temps tend vers zéro

[VEI 191-12-04 modifiée]

3.1.13

coefficient de défaillance

probabilité de défaillance d'une entité, ou d'échec d'un essai, dans des conditions spécifiées

NOTE Le coefficient de défaillance observé est le rapport du nombre d'entités défaillantes ou d'essais infructueux lors de la réalisation de l'essai au nombre total d'entités à l'essai ou au nombre d'essais.

3.1.14

degré élevé de simulation

conditions d'essai où la configuration des contraintes d'environnement et de fonctionnement est aussi proche que possible de celle rencontrée par l'entité en utilisation réelle

3.1.15

hypothèse (nulle ou alternative)

énoncé(s) (statistique(s)) relatif(s) à une ou plusieurs mesures de fiabilité, ou à une répartition, devant être contrôlé(s) par un test statistique

3.1.6**determination test**

test used to establish the value of a characteristic or a property of an item

[IEV 191-14-03, modified]

3.1.7**discrimination ratio**

ratio, D , ($D > 1$) characterizing a test plan by its ability to distinguish between an acceptable and an unacceptable dependability measure

NOTE The discrimination ratio is a figure of merit for the test plan.

3.1.8**estimation test**

test used to establish the value of a characteristic or a property of an item

[IEV 191-14-03, modified]

3.1.9**failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

[IEV 191-04-01, modified]

3.1.10**failure criteria**

set of rules used to decide whether an observed event constitutes a failure

3.1.11**(instantaneous) failure rate**

limit, if this exists, of the ratio of the conditional probability that the instant of time, T , of a failure of an item falls within a given time interval, $(t, t + \Delta t)$ and the length of this interval, Δt , when Δt tends to zero, given that the item is in an up state at the beginning of the time interval

[IEV 191-12-02, modified]

3.1.12**(instantaneous) failure intensity**

limit, if it exists, of the ratio of the mean number of failures of a repaired item in a time interval $(t, t + \Delta t)$, and the length of this interval, Δt , when the length of the time interval tends to zero

[IEV 191-12-04, modified]

3.1.13**failure ratio**

probability that an item will fail or that a trial will be unsuccessful under stated conditions

NOTE An observed failure ratio is the ratio of the number of faulty items or of unsuccessful trials at the completion of testing, to the total number of test items or number of trials.

3.1.14**high degree of simulation**

test conditions where the pattern of environmental and operating stresses is as close as possible to that encountered by the product in actual use

3.1.15**hypothesis (null or alternative)**

(statistical) statement(s) about one or more reliability measures, or about a distribution, which are to be tested by means of a statistical test

3.1.16

entité

tout élément, composant, dispositif, sous-système, unité fonctionnelle, équipement ou système que l'on peut décrire individuellement

[VEI 191-01-01 modifiée]

NOTE Une entité peut, par exemple, être un système, un équipement, une unité fonctionnelle, un composant ou élément, constitué de matériel, de logiciel ou des deux, et qui peut, dans certains cas, comprendre des individus.

3.1.17

essai de durée de vie

essai destiné à estimer, vérifier ou comparer la durée de vie de classes d'entités soumises à essai

NOTE La fin d'une vie utile sera souvent définie comme la durée au terme de laquelle un certain pourcentage d'entités ont subi une défaillance pour les entités non réparées et comme la durée après laquelle l'intensité de défaillance a atteint un niveau spécifié, pour les entités réparées.

3.1.18

faible degré de simulation

conditions d'essai dans lesquelles les contraintes variables d'environnement et de fonctionnement sont aussi proches que possible de celles rencontrées dans un environnement et une configuration d'exploitation définis

NOTE La configuration de l'environnement et de la charge peuvent être choisies comme une moyenne ou comme le pire des cas. Etant donné qu'il est prévu de définir des conditions de fonctionnement reproductibles et simples et de ne pas simuler la large gamme de conditions réelles de fonctionnement en exploitation, les conditions d'essai peuvent être simplifiées. Par exemple, seuls les paramètres les plus significatifs peuvent être représentés par les conditions d'essai.

3.1.19

défaillance par mauvais emploi

défaillance d'une entité due à une utilisation qui entraîne des contraintes se situant en dehors des possibilités fixées

[VEI 191-04-04]

3.1.20

aucune panne détectée

défaillance constatée pour une entité et ne pouvant pas être reproduite ou expliquée d'après l'état de l'entité

NOTE Il peut toutefois s'agir d'une défaillance pertinente.

3.1.21

entité non réparée

entité qui n'est pas réparée après défaillance

[VEI 191-01-03 modifiée]

3.1.22

temps de fonctionnement

intervalle de temps pendant lequel une entité est en état de fonctionnement

[VEI 191-09-01]

3.1.23

essai en production

essai destiné à estimer, vérifier ou comparer les mesures de sûreté de fonctionnement d'entités provenant d'un ou de plusieurs lots de production

NOTE L'objectif d'un essai en production est souvent d'étudier l'influence du procédé de fabrication et d'assemblage sur les mesures de sûreté de fonctionnement des entités (résistance aux changements de matières premières, de composants et de procédés).

3.1.16**item**

any part, component, device, subsystem, functional unit, equipment or system that can be individually described

[IEV 191-01-01, modified]

NOTE An item may, for example, be a system, equipment, functional unit, component or element, consisting of hardware, software or both, and which may, in particular cases, include people.

3.1.17**life test**

test with the purpose of estimating, verifying or comparing the lifetime of the class of items being tested

NOTE The end of the useful life will often be defined as the time when a certain percentage of the items have failed for non-repaired items and as the time when the failure intensity has increased to a specified level for repaired items.

3.1.18**low degree of simulation**

test conditions where the varying environmental and operating stresses are as close as possible to those encountered in one defined environment and one operating scenario

NOTE The environment and load pattern may be chosen as an average or worst case. Since it is intended to define reproducible and simple operating conditions and not simulate the wide range of actual operating conditions on the field, the testing conditions may be simplified. For example, only the most significant parameters may be represented by the test conditions.

3.1.19**misuse failure**

failure due to the application of stresses during use which exceed the stated capabilities of the item

[IEV 191-04-04]

3.1.20**no fault found**

reported failure of an item which cannot be replicated or explained based on the conditions of the item

NOTE This may still be a relevant failure.

3.1.21**non-repaired item**

item which is not repaired after failure

[IEV 191-01-03]

3.1.22**operating time**

time interval during which an item is in an operating state

[IEV 191-09-01]

3.1.23**production test**

test with the purpose of estimating, verifying or comparing dependability measures for items of one or more production lots

NOTE The purpose of a production test is often to investigate the influence of the manufacturing and assembly processes on the dependability measures of the items (robustness to variations in raw materials, components and processes).

3.1.24

défaillance récurrente

deux ou plusieurs défaillances se produisant au même emplacement, ou sur la même pièce à des emplacements différents mais lors d'une même application, ou sur des pièces de même type et de même fabrication, ou au même point du cycle d'essai mais pas simultanément

3.1.25

défaillance pertinente

défaillance à prendre en compte pour interpréter des résultats d'essai ou d'exploitation ou pour calculer une caractéristique de fiabilité

NOTE Il convient d'indiquer les critères de prise en compte.

[VEI 191-04-13]

3.1.26

essai de croissance de la fiabilité

essai dont le but est d'améliorer la fiabilité en utilisant un processus d'essai, d'identification des défaillances, d'analyse des défaillances, d'action corrective, de mise en œuvre de cette action corrective sur les unités à l'essai, et de poursuivre l'essai

3.1.27

essai de fiabilité

expérience réalisée dans le but de mesurer, de quantifier ou de classer une mesure ou une caractéristique de fiabilité d'une entité

NOTE 1 Les essais de fiabilité diffèrent des essais d'environnement dont l'objectif est de démontrer que les entités soumises à l'essai peuvent résister à des conditions extrêmes de stockage, de transport et d'utilisation.

NOTE 2 Les essais de fiabilité peuvent comprendre des essais d'environnement.

3.1.28

entité réparée

entité réparable qui est effectivement réparée après défaillance

[VEI 191-01-02]

3.1.29

risque (statistique)

probabilité de prendre une mauvaise décision suite à un essai statistique. La mauvaise décision peut consister à rejeter l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie (erreur de type I, également désignée par risque du fabricant, niveau de signification, α), ou à accepter l'hypothèse nulle alors qu'elle est fausse (erreur de type II, risque du consommateur, niveau de signification, β) (voir 3.1.12)

3.1.30

défaillance secondaire

défaillance d'une entité dont la cause directe ou indirecte est une défaillance ou une panne d'une autre entité

[VEI 191-04-16]

3.1.31

essai sous contrainte échelonnée

essai consistant en plusieurs échelons de contraintes appliqués en séquences de durée égale sur une entité

NOTE L'objectif d'un essai sous contrainte échelonnée est souvent de déterminer la marge entre les pires conditions de fonctionnement et d'environnement et la résistance des entités soumises à l'essai. Le niveau de l'essai de contrainte est donc augmenté jusqu'à défaillance de l'entité soumise à l'essai. Le niveau de contrainte est souvent utilisé à la place de la durée comme mesure des résultats des essais.

3.1.24**recurrent failures**

two or more failures that occur in the same location; in the same part in different locations but similar application; in parts of identical type and manufacture; in the same point of the test cycle but not simultaneously

3.1.25**relevant failure**

failure that should be included in interpreting test or operational results or in calculating the value of a reliability performance measure

NOTE The criteria for inclusion should be stated.

[IEV 191-04-13]

3.1.26**reliability growth test**

the purpose of a reliability growth test is to improve reliability through a process of test, failure identification, failure analysis, corrective action, implementing corrective action to units under tests, and to continue the test

3.1.27**reliability test**

experiment carried out in order to measure, quantify or classify a reliability measure or property of an item

NOTE 1 Reliability testing is different from environmental testing where the aim is to prove that the items under test can survive extreme conditions of storage, transportation and use.

NOTE 2 Reliability tests may include environmental testing.

3.1.28**repaired item**

repairable item which is in fact repaired after a failure

[IEV 191-01-02]

3.1.29**risk (statistical)**

probability of a false decision based on a statistical test. The false decision may be either to reject the null hypothesis when it is true (type I error, also called producer's risk, significance level, α), or to accept the null hypothesis when it is false (type II error, consumer's risk, significance level β). (See 3.1.12)

3.1.30**secondary failure**

failure of an item, caused either directly or indirectly by a failure or a fault of another item

[IEV 191-04-16]

3.1.31**step-stress test**

test consisting of several increasing stress levels applied sequentially for periods of equal time duration to an item

NOTE The purpose of a step-stress test is often to determine the margin between worst case operating and environmental conditions and the strength of the items under test. The test stress level is therefore increased until the item under test fails and the stress level is then often used instead of time as the measure for the test result.

3.1.32

stochastique

de nature aléatoire

3.1.33

stratification

division d'une population en sous-populations mutuellement exclusives et complètes (les strates), estimées plus homogènes que la population totale quant aux caractéristiques d'investigation

3.1.34

proportion de succès

probabilité pour qu'une entité accomplisse une fonction spécifiée ou qu'un essai soit satisfaisant dans des conditions spécifiées

NOTE La proportion de succès obtenue est la proportion entre le nombre d'entités non défectueuses ou les essais réussis à la fin de l'essai, et le nombre total d'entités à l'essai ou le nombre d'essais.

3.1.35

conditions d'essai

tout(s) facteur(s) ou action(s), à l'exception des caractéristiques inhérentes aux entités à l'essai elles-mêmes, pouvant affecter l'occurrence des défaillances de l'entité soumise à l'essai. Ces conditions d'essai comprennent les conditions de fonctionnement, les conditions d'environnement et la maintenance préventive

3.1.36

cycle d'essai

répétition périodique, au cours d'un essai, de plusieurs conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance, bien définies et reproductibles. Les conditions de fonctionnement sont modifiées dans le temps pour simuler les variations dans le temps des conditions de fonctionnement et d'environnement lors de l'utilisation réelle

3.1.37

plan d'échantillonnage

instruction(s) donnée(s) à la ou aux personnes réalisant l'essai. Ce programme comprend le programme d'échantillonnage statistique (nombre d'entités soumises aux essais, risque lié à la décision, rapport de discrimination, etc.). Il spécifie de plus les conditions d'essai, l'appareillage et les procédures d'essai pour la réalisation, l'étude, le compte rendu et l'analyse des données d'essai

3.1.38

spécification d'essai

prescriptions relatives à l'essai, notamment dans le but d'estimer ou de vérifier les mesures de fiabilité ou de comparer deux entités de conception différente, ainsi que les spécifications éventuelles ou les limites dans le temps, l'appareillage d'essai ou le nombre d'entités soumises à l'essai. La spécification d'essai peut également spécifier si les entités sont réparées ou non réparées ou si l'essai est fait en exploitation ou en laboratoire

3.1.39

durée de fonctionnement avant défaillance

durée cumulée des temps de fonctionnement d'une entité depuis la première mise en état de disponibilité jusqu'à l'apparition d'une défaillance, ou depuis un rétablissement jusqu'à l'apparition de la défaillance suivante

[VEI 191-10-02]

3.1.32**stochastic**

nature of random outcomes

3.1.33**stratification**

division of a population into mutually exclusive and exhaustive sub-populations (called strata), which are thought to be more homogeneous with respect to the investigative characteristics than the total population

3.1.34**success ratio**

probability that an item will perform a required function or that a trial will be successful under stated conditions

NOTE An observed success ratio is the ratio of the number of non-faulty items or of successful trials at the completion of testing, to the total number of test items or number of trials.

3.1.35**test conditions**

any factor(s) or action(s), apart from the inherent properties of the test items themselves, which might affect the occurrence of test item failures. The test conditions include operating conditions, environmental conditions and preventive maintenance

3.1.36**test cycle**

periodic repetition of several well-defined and reproducible operating, environmental and maintenance conditions during a test. The operating conditions are varied with time to simulate the time variation of operating and environmental conditions in actual use

3.1.37**test plan**

instruction(s) to the person(s) performing the test. It includes the statistical test plan (number of items under test, decision risk, discrimination ratio, etc.). It further specifies test conditions, test equipment and procedures for the performing, surveying, reporting and analysis of the test data

3.1.38**test specification**

requirements for the test, for example to estimate or verify reliability measures or compare items of two different designs, together with possible specifications or restriction in time, test equipment or number of items under test. The test specification can further state if the items are repaired or non-repaired or whether the test is a field test or a laboratory test

3.1.39**time to failure**

total time duration of operating time of an item, from the instant it is first put in an up state, until failure or, from the instant of restoration until the next failure

[IEV 191-10-02]

3.1.40

compression temporelle

méthode d'essai où ni les périodes de non fonctionnement de l'entité en exploitation ni ses périodes de contrainte environnementale faible ne sont reproduites au cours de l'essai. Les périodes de fonctionnement et les périodes de contrainte élevée sont reproduites dans le cycle d'essai. Un essai dont les cycles ont une durée définie correspondra donc à une durée calendaire plus longue en exploitation

3.1.41

temps entre défaillances

durée entre deux défaillances consécutives d'une entité réparée

[VEI 191-10-03]

3.1.42

tendance

tendance à la hausse ou à la baisse, après élimination de l'erreur aléatoire et des effets cycliques, quand les valeurs observées sont rangées selon l'ordre des observations

3.2 Abréviations

MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement (Mean operating time between failures)
MTTF	Durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance (Mean time to first failure)
ANOVA	Analyse de la variance (Analysis of variance)
HPP	Processus homogène de Poisson (Homogeneous Poisson process)
NHPP	Processus non homogène de Poisson (Non-homogeneous Poisson process)
PWA	Ensemble à câblage imprimé (Printed wiring assembly)
PWB	Carte à câblage imprimé (Printed wiring board)
PCB	Carte à circuits imprimés (Printed circuit board)
PCA	Ensemble à circuits imprimés (Printed circuit assembly)

3.1.40**time compression**

test method where the non-operational periods of the item in the field as well as its low environmental load periods are not reproduced during the test. The operating periods and the periods of high environmental load are reproduced in the test cycle. A test with test cycles of a given duration will therefore correspond to a longer calendar time in the field

3.1.41**time between failures**

time duration between two consecutive failures of a repaired item

[IEV 191-10-03]

3.1.42**trend**

upward or downward tendency, after exclusion of the random error and cyclical effects, when observed values are plotted in the order of observations

3.2 Abbreviations

MTBF Mean operating time between failures

MTTFF Mean time to first failure

ANOVA Analysis of variance

HPP Homogeneous Poisson process

NHPP Non-homogeneous Poisson process

PWA Printed wiring assembly

PWB Printed wiring board

PCB Printed circuit board

PCA Printed circuit assembly

3.3 Légendes des figures

Pour les besoins de la présente norme, les légendes suivantes sont utilisées:

	Temps de fonctionnement observé
	Temps de fonctionnement présumé/estimé
	Début du fonctionnement
	Début de la période d'opération
	Arrêt du fonctionnement par défaillance
	Peuvent être utilisés pour décrire les différents modes de défaillance
	sauf  et 
	Arrêt du fonctionnement sans défaillance

4 Considérations générales

4.1 Remarques introductives et considérations légales

En utilisant la présente norme, l'utilisateur sera en mesure de choisir d'autres normes appropriées nécessaires à la planification, à la réalisation et à l'analyse des données obtenues à la suite d'un essai de fiabilité spécifique.

La présente norme fait référence aux conditions d'environnement et de fonctionnement ainsi qu'aux méthodes statistiques disponibles en tant que normes de la CEI. Il convient en effet de les choisir simultanément.

Les méthodes sont applicables à tous les types d'équipements et de systèmes contenant, par exemple, des dispositifs électroniques, électriques, électromécaniques, mécaniques, pneumatiques et hydrauliques. Ces équipements peuvent être réparés ou non lors de leur utilisation et au cours des essais.

Les méthodes s'appliquent à une ou plusieurs des phases du cycle de vie du produit: par exemple, la conception et le développement (modèle de laboratoire, sous-ensemble ou prototype), préproduction, production normale et utilisation en exploitation.

Les méthodes peuvent être utilisées pour les essais en laboratoire ainsi que pour les essais en exploitation. Elles peuvent également s'appliquer aux entités défaillantes par usure au cours de la période de fonctionnement.

Lorsqu'il est fait référence au terme «défaillance» dans la présente norme, cet événement peut être remplacé par réparation ou tout autre événement approprié.

Lorsqu'il est fait référence au terme «temps» dans la présente norme, cette variable peut être remplacée par distance, cycles ou autres quantités appropriées.

3.3 Legends for figures

For the purposes of this standard, the following legends are used:

	Observed operation time
	Assumed/estimated operation time
	Start of operation
	Start of observation period
	End of operation by failure
	Can be used to depict different failure modes except  and 
	End of operation without failure

4 General considerations

4.1 Introductory remarks and legal considerations

By using this standard, the user will be able to select other standards that are appropriate and necessary for planning, carrying out and analysing data generated by a specific reliability test.

This standard refers to the environmental and operational conditions and to the statistical methods available as IEC standards, since both should be selected at the same time.

The methods are applicable to all types of equipment and systems containing, for example, electronic, electrical, electromechanical, mechanical, pneumatic and hydraulic devices. The equipment may be repaired or not repaired in use and during the testing.

The methods are applicable to one or more of the product life cycle phases: for example design and development (laboratory model, subassembly or prototype), pre-production, normal production and field use.

The methods can be used for laboratory tests as well as for field tests and are also applicable to items where wear-out occurs during the operating period.

Wherever 'failure' is referred to in this standard, the event may be replaced by repair or other events as may be appropriate.

Wherever 'time' is used in this standard, this variable may be replaced by distance, cycles or other quantities as may be appropriate.

Lorsque «intensité/taux de défaillance» est mentionné, cela renvoie à l'intensité/au taux instantané, sauf spécification contraire.

La présente partie de la CEI 60300 couvre l'analyse de la vérification, de la détermination, de la comparaison et de l'estimation du rapport succès/défaillance. L'article 9 contient un diagramme donnant des lignes directrices pour la planification du traitement statistique des données d'essais de fiabilité.

Même s'ils ne sont pas décrits dans la présente norme, les considérations et les outils statistiques peuvent être utilisés parallèlement aux essais environnementaux, aux essais accélérés sous contrainte échelonnée et aux essais de surcontrainte.

Considérations légales

En cas de contradiction entre la présente norme et la ou les spécifications ou le contrat pertinents, il convient d'appliquer les spécifications.

Plusieurs aspects de la présente norme nécessitant l'accord du client, du fabricant et d'une agence d'essai indépendante (le cas échéant), il convient que tous les contrats ou les plans d'échantillonnage fassent référence à cette norme et à toute autre norme traitant des procédures d'essais spécifiques à employer.

En outre:

- si une sélection de procédures d'essais spécifiques, de la façon de réaliser les essais ou de toute autre adaptation de la norme est prévue pour les besoins du projet, il convient que le contrat ou la spécification d'essai mentionne expressément la partie qui effectuera cette sélection ainsi que les domaines d'application de cette sélection;
- si l'homologation des procédures d'essais, de la façon de réaliser les essais ou de toute autre adaptation s'avère nécessaire, il convient que cette homologation soit spécifiée en annexe du contrat ou de la spécification d'essai; et
- si un point nécessitant une homologation n'a pas été résolu, il convient qu'il soit spécifiquement identifié dans le contrat ou le plan d'échantillonnage et que des dispositions adaptées comprenant les délais d'homologation et des procédures de règlement de litiges soient spécifiées.

Dans tous les cas, il convient que le contrat ou le sous-contrat applicable identifie la partie responsable de la réalisation de l'essai, la partie responsable pour les conséquences de l'incapacité à réaliser les essais de façon appropriée ou pour les conséquences de la non conformité du système aux spécifications, le domaine d'application ou les limites de cette responsabilité ainsi que la nature ou les limites des solutions disponibles pour la partie lésée, la présence ou la participation du client lors du programme d'essai.

4.2 Objectifs des essais de fiabilité

Il est recommandé que le processus de décision lors de l'ingénierie de conception soit fondé sur des informations mesurables et reproductibles. Dans la plupart des cas, cela nécessitera la réalisation de certains essais.

Le but des essais de fiabilité est de produire des données objectives et reproductibles relatives à la performance d'une entité. Cet objectif nécessite que les conditions d'essai décrites dans un plan d'échantillonnage soient aussi reproductibles que possible et que les entités soumises à l'essai soient représentatives (voir 4.5).

Wherever failure rate/intensity is mentioned then this means instantaneous rate/intensity unless otherwise stated.

This part of IEC 60300 covers analysis for verification, determination, comparison and success/failure ratio evaluation. A flow chart giving guidance for planning the statistical treatment of reliability test data is shown in clause 9.

Although not described in this standard, the considerations and statistical tools can be used in connection with environmental tests, accelerated step-stress tests and over-stress tests.

Legal considerations

If a conflict should arise between this standard and the relevant contract or specification(s), the latter should apply.

Since this standard requires several issues to be agreed upon between the customer, the manufacturer, and an independent test agency (if any), all contracts or test plans should refer to this standard and any other standards which deal with specific test procedures to be employed.

In addition:

- where selection of specific test procedures, the manner in which tests are to be performed, or any other tailoring of the standard for purposes of the project is intended, the party given the discretion, and the areas in which discretion is to be exercised should specifically be mentioned in the contract or test specification;
- where specific test procedures, the manner of performance of testing, or other tailoring has to be agreed to, the agreements should be stated in an annex to the contract or test specification; and
- where any matter requiring agreement has not been resolved, such areas should be specifically identified in the contract or test plan, and suitable provisions including deadlines for agreement and dispute resolution procedures should be stated.

In all instances, the applicable contract or subcontract should identify the party responsible for performing the testing, the party liable for consequences of failure to perform the testing appropriately or the consequences of the system failing to comply with the specifications, the scope of or limitations of such liability, and the nature of or limitations on remedies available to the damaged party, witnessing of or participation in the testing program by the customer.

4.2 Objectives of reliability testing

An engineering design process decision should be based on measurable and reproducible information. This will in most cases involve some sort of testing.

The aim of reliability testing is to give objective and reproducible data on the reliability performance of an item. This requires that the test conditions described in a test plan be as reproducible as possible, and that the items tested be representative (see 4.5).

Les objectifs des essais de fiabilité peuvent être détaillés comme cela est indiqué ci-après:

- l'estimation des mesures de fiabilité;
- l'identification des points faibles de l'entité et l'accomplissement des tâches destinées à l'amélioration du produit;
- la vérification des calculs et des prévisions réalisés lors de la phase de conception de l'entité (par exemple, vérifier que les marges de conception sont adaptées);
- la recherche des facteurs à l'origine des défaillances de l'entité afin de procéder aux actions nécessaires à leur élimination;
- l'estimation de l'influence des procédés technologiques sur la fiabilité;
- l'élaboration d'une maintenance optimisée du système;
- l'amélioration de la robustesse, de la tolérance à la défaillance et de la sécurité du produit;
- l'amélioration de la performance et de la qualité du produit;
- la réduction du coût initial et du coût de maintenance du produit;
- l'analyse des conditions (opérationnelles) d'utilisation et leur influence sur la fiabilité;
- la justification des mesures de fiabilité pour la documentation technique;
- l'estimation du coût de certaines phases du cycle de vie.

Il convient qu'une spécification d'essai de fiabilité comprenne les éléments suivants:

- les conditions réelles d'exploitation;
- le but et les objectifs des essais;
- la formulation de l'objectif de l'essai;
- la sélection planifiée des entités à essayer et du type d'essai;
- la spécification des prescriptions relatives aux caractéristiques et aux paramètres des entités à essayer (voir la CEI 60300-3-4);
- les dispositions d'essai;
- le recueil et le traitement des données d'essai;
- l'estimation des résultats d'essai et leur utilisation;
- la vérification de la méthodologie d'essai.

Il convient de noter que les essais de fiabilité ne constituent qu'un des éléments possibles que peut comporter un plan de fiabilité (voir la CEI 60300-2). L'objectif d'un tel plan est d'améliorer l'efficacité des activités liées à la fiabilité lors de la conception, du développement et de la fabrication d'un nouvel équipement.

4.3 Classification des essais de fiabilité

4.3.1 Classification selon un objectif général

D'un point de vue statistique, les essais de fiabilité peuvent être classés selon l'objectif général:

- l'estimation des mesures de fiabilité de l'entité, (désignée parfois par le terme «détermination»);
- la conformité des mesures de fiabilité spécifiées, par exemple dans un contrat ou une spécification;
- la comparaison de deux conceptions ou de deux entités du point de vue de la fiabilité.

The detailed purposes of reliability tests can be as follows:

- evaluating reliability measures;
- discovering the "weak" points of the item and undertaking the tasks directed to improving the product;
- checking calculations and predictions made during the item design phase (for example to verify that design margins are adequate);
- revealing factors causing failures of the item to establish some activities aiming at the elimination of these factors;
- estimation of influence of technological processes on the reliability;
- elaboration of optimized system maintenance;
- making the product more robust, failure tolerant and safer;
- improving the performance and quality of the product;
- reducing the initial cost and life-cycle cost of the product;
- analysis of conditions of use (operational conditions) and their influence on the reliability;
- justification of reliability measures for technical documentation;
- evaluation of the cost of some phases of the life cycle.

A reliability test specification should embrace:

- real life conditions;
- goal/objectives of tests;
- formulation of the test purpose;
- planned selection of test items and type of test;
- specification of requirements regarding the test item characteristics and parameters (see IEC 60300-3-4);
- test arrangements;
- collection and processing of test data;
- evaluation of test results and their utilization;
- verification of the test methodology.

It should be noted that reliability testing is only one of several possible elements of a reliability program (see IEC 60300-2). The objective of the latter is to improve the effectiveness of reliability related activities in the design, development and production of new equipment.

4.3 Classification of reliability tests

4.3.1 Classification according to general purpose

From a statistical point of view, reliability tests can be classified according to their general purpose:

- estimation of reliability measures of the item (this is sometimes called determination);
- compliance of reliability measures stated, for example in a contract or specification;
- comparison of two designs or two products from a reliability point of view.

4.3.2 Classification selon le lieu de déroulement des essais

Les essais de fiabilité peuvent être classés en fonction du lieu où ils seront effectués:

- en laboratoire;
- en exploitation.

L'avantage d'un essai en laboratoire est que les mesurages et les analyses peuvent être réalisés sous des conditions contrôlées qui peuvent donc être reproduites. Lors de la planification d'essais en laboratoire, il est recommandé de prendre en compte les qualifications de l'opérateur d'essai par rapport à celles de l'opérateur en exploitation. Dans le cadre d'un essai en laboratoire, le nombre d'entités soumises à l'essai est souvent très inférieur à celui d'un essai en exploitation, et de ce fait l'échantillonnage est relativement plus important.

Lors d'un essai en exploitation, les entités soumises à l'essai se composent essentiellement d'entités utilisées par le ou les clients. L'avantage de ce dernier point réside dans le fait que les conditions de l'essai sont identiques aux conditions en exploitation (partiellement). Comme les conditions diffèrent souvent d'un client à l'autre, il est préférable d'analyser la fiabilité propre à chaque condition d'utilisation. Toutefois, si des données relatives à différentes conditions sont mises en commun, les mesures de performance de fiabilité observées représentent une moyenne de la population. La variation peut être réduite en choisissant les conditions propres à une exploitation donnée, mais dans ce cas-là, les résultats ne s'appliqueront qu'à cette exploitation. Cela consisterait par exemple à limiter la population soumise à essai à un pays ou à un lot d'entités.

Les conditions d'essai en laboratoire sont dans la plupart des cas conçues pour assurer de façon plus sûre que les limites d'essai ne soient pas dépassées. Des décisions d'essai et l'identification des problèmes sont possibles plus tôt, ce qui laisse plus de temps pour entreprendre les actions correctives.

Les essais en exploitation fournissent cependant des résultats plus réalistes et nécessitent moins de moyens d'essai. Le coût direct d'un essai en exploitation peut souvent être inférieur à celui d'un essai en laboratoire. Les entités soumises à l'essai peuvent être exploitées normalement. L'impossibilité de réaliser des essais en exploitation dans des conditions contrôlées attentivement peut toutefois représenter un inconvénient majeur. La reproductibilité d'un essai en exploitation est généralement inférieure à celle d'un essai en laboratoire.

Les méthodes d'essais en laboratoire et en exploitation sont très similaires quant aux prescriptions et à la réalisation des essais de fiabilité.

Si plusieurs sites sont disponibles pour l'essai de fiabilité en exploitation, le choix du ou des sites d'essai dépend des facteurs de base relatifs aux essais en général.

- Si l'assurance que le niveau de fiabilité obtenu n'est pas inférieur à une valeur spécifique est expressément requise, il convient de choisir les sites dont les conditions énoncées dans les spécifications applicables sont les plus sévères.
- Pour l'estimation des paramètres de performance de la fiabilité applicables aux conditions d'utilisation normales ou pour l'optimisation du programme de maintenance, il convient de choisir les sites dont les conditions sont les plus typiques.
- Si l'on désire obtenir des informations comparatives relatives à la fiabilité, il convient que les sites aient une condition identique ou nominalement identique, sauf dans le cas où la fiabilité est comparée dans des conditions différentes.
- La disponibilité, les compétences et les connaissances du personnel travaillant sur les sites d'essai.

4.3.2 Classification according to the test place

Reliability tests can be classified according to the place where the tests are performed:

- laboratory testing;
- field testing.

The advantage of a laboratory test is that measurements and assessments can be made under controlled conditions, therefore they can be reproduced. In the planning of laboratory tests, it is recommended that the qualifications of the test operator compared to those of the operator in the field be considered. In a laboratory test, the number of items under test is often much lower than in a field test, therefore the sampling is relatively more important.

In a field test, the items under test are basically the items operated by the customer(s). This has the advantage that the operating conditions are identical to the conditions in (part of) the field. Since the conditions often differ from customer to customer it is preferable to analyse reliability for each condition of use. However, when data from different conditions are pooled, the observed reliability performance measures are an average for the population. The variation may be reduced by selecting them from only a part of the field, but in that case the results only apply to that particular part. An example would be to limit the test population to one country or one batch of items.

Laboratory test conditions in many cases can be designed to ensure with greater certainty that test limits are not exceeded. Earlier test decisions and problem identification is possible, permitting more timely corrective action.

Field tests, on the other hand, provide more realistic test results and require fewer test facilities. The direct cost of a field test may often be lower than that of a corresponding laboratory test. The test items may be operated normally. The inability to perform field tests under closely controlled conditions may, however, represent a significant disadvantage. The reproducibility of a field test is generally lower than that of a laboratory test.

Laboratory and field test methods are very similar with respect to the requirements and performance of the reliability test.

If there are several sites available for the field reliability testing, the choice of test site(s) depends on the basic reasons for the testing.

- If a high assurance is required that the achieved reliability level is not below a specified value, sites with the most severe conditions contained in the applicable specifications should be chosen.
- For estimation of the reliability performance parameters applicable to normal use conditions or for optimization of the maintenance planning, sites with the most typical conditions should be chosen.
- If comparative reliability information is requested, the sites should have the same or nominally identical condition, unless reliability under different conditions is being compared.
- Availability, competence and knowledge of personnel on test sites.

Il est recommandé de surveiller en continu les conditions de fonctionnement et d'environnement au cours de la période d'essai. Si ce n'est pas possible au cours de l'exploitation normale d'une entité réparable, il convient que cette surveillance soit réalisée sur la base d'un échantillonnage dans le temps et/ou que les observations relevées par les opérateurs soient utilisées.

4.3.3 Classification selon le délai requis pour l'obtention des résultats

Les essais de fiabilité peuvent également être classés selon le délai imparti pour l'obtention des informations désirées, en relation avec les conditions d'essais appliquées:

- essais normaux – essais sous conditions de contraintes nominales;
- essais accélérés – essais pour lequel les contraintes appliquées sont supérieures aux valeurs nominales, ou compressées dans le temps ou cycliques, par exemple, les essais de compression temporelle, les essais sous contraintes échelonnées.

4.4 Plans d'échantillonnage statistiques

Il convient que les plans d'échantillonnage décrivent le nombre d'entités soumises à essai, la manière de traiter les entités défectueuses (réparées, remplacées, retirées) et les critères de fin de l'essai. Il existe deux programmes d'essai de base pouvant être réalisés avec ou sans le remplacement/la réparation des entités soumises à essai:

- les essais séquentiels tronqués;
- les essais tronqués/censurés.

Noter qu'il convient que tous les plans d'échantillonnage statistiques couverts par la présente norme contiennent les éléments suivants, lorsque cela est approprié:

- a) le nombre d'entités soumises à l'essai au début de l'essai;
- b) si les entités sont remplacées au cours de l'essai;
- c) le nombre d'entités restant à la fin de l'essai;
- d) les conditions dans lesquelles l'essai a été arrêté (tronqué ou censuré).

Les plans d'échantillonnage sont obligatoirement fondés sur des considérations statistiques, car les mesures de fiabilité sont de nature statistique.

4.5 Spécification d'essai

Lors de la préparation de l'essai, il convient de considérer en détail toutes les questions méthodologiques, techniques et financières ainsi que les questions relatives au personnel d'essai. La fiabilité revêtant un aspect de performance ainsi qu'un aspect temporel, il convient que les informations suivantes concernant les entités soumises à l'essai soient spécifiées lors de la planification des essais:

- les critères de défaillance;
- l'intervalle de temps couvert par l'essai;
- l'intensité de défaillance constante ou non constante / le taux de défaillance constant ou non constant (supposé ou vérifié);
- l'âge en durée calendaire, les conditions de stockage et le conditionnement avant essai;
- les conditions d'environnement au cours de l'essai;
- les conditions de fonctionnement et le cycle de fonctionnement;
- la maintenance préventive requise et autorisée.

The operating and environmental test conditions should preferably be monitored continuously during the test period. If this is not possible during the normal field use of a repairable item, monitoring should be done on a time sampling basis and/or the reported observations of the operators should be used.

4.3.3 Classification according to time of receiving the results

Reliability tests can be classified still further according to the time required for obtaining the desired information in conjunction with applied test conditions:

- normal test – test under nominal stress conditions;
- accelerated tests – test with applied stresses higher than the nominal values, or compressed in time or cycles, for example, time compressed tests, step-stress test.

4.4 Statistical test plans

Reliability test plans should describe the number of test items, the way of dealing with failed (repaired, replaced, removed) items and the criteria for ending the test. There are two basic test plans that can be performed with or without replacement/repair of tested items:

- truncated sequential tests;
- time/failure terminated tests.

Note that all statistical test plans covered in this standard should specify the following as appropriate:

- a) number of items under test at the beginning of the test;
- b) whether items are replaced during the test;
- c) the number of items surviving at the end of the test;
- d) conditions under which the test was terminated (time truncated or failure terminated).

The test plans are necessarily based on statistical considerations, because reliability measures are statistical in nature.

4.5 Test specification

At the time of test preparation, all methodological, technical and financial questions as well as those related to the testing personnel should be considered in detail. Since reliability consists of a performance aspect as well as a time aspect, the following information concerning the test items should be stated during test planning:

- failure criteria;
- time period covered by the test;
- constant or non-constant failure intensity / constant or non-constant failure rate (assumed or verified);
- age in calendar time, storage conditions and pre-test conditioning;
- environmental conditions during the test;
- operating conditions and operating cycle;
- required and allowed preventive maintenance.

Le choix de la population dans laquelle sont prélevées les entités est généralement effectué sur une base calendaire, en fonction des conditions techniques et du facteur économique. Il ne sera possible d'évaluer que qualitativement le degré de représentativité des entités soumises à l'essai.

En pratique, les essais de conformité à la fiabilité sont souvent réalisés sur des modèles en préproduction ou en développement afin qu'une décision puisse être prise au début du cycle de production. Les entités en développement et en préproduction ne sont souvent pas représentatives des lots de production, ce qui peut entraîner la prise d'une mauvaise décision.

Il convient que l'échantillonnage des entités soumises à l'essai soit représentatif de la population afin de pouvoir fournir des informations et des jugements sur cette population. Cela peut être réalisé en sélectionnant au hasard les entités soumises à essai. Si l'échantillon n'est pas représentatif de la population, les résultats obtenus peuvent alors être trompeurs.

Aucune action n'est autorisée sur les entités soumises à l'essai à partir du moment de l'échantillonnage et jusqu'au commencement de l'essai, sauf spécification contraire dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité. Il convient qu'aucune intervention n'ait lieu sur les sous-ensembles, les composants, etc. des entités soumises à essai, au cours de la période d'essai, sauf pour les opérations de maintenance autorisées et les modifications notées en 6.4.

Si la procédure d'essai est interrompue pour des besoins de maintenance préventive ou corrective ou pour des raisons administratives ou autres (imprévues), il convient, sauf spécification contraire, que l'essai soit repris après un délai aussi court que possible, et dans le cas d'essais cycliques, à un point du cycle correspondant au point d'interruption.

Le cas échéant, il convient que le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité définisse les interruptions admissibles au cours de l'essai, la durée maximale de ces interruptions et, pour les essais cycliques, les phases admissibles pour la reprise des essais. Pendant les interruptions d'un essai en laboratoire, il convient que les entités soient stockées dans des conditions de laboratoire types, sauf spécification contraire figurant dans le plan d'échantillonnage.

Dans certains essais, le temps d'essai cumulé est utilisé. Si l'intensité/le taux de défaillance n'est pas constant(e), cela peut influencer les résultats de l'essai de façon significative. Si le nombre d'entités soumises à l'essai est peu important et si le temps de fonctionnement au cours de l'essai est relativement élevé, des défaillances après une longue période de fonctionnement (défaillances dues à l'usure) peuvent être observées lors de l'essai. Toutefois, si le même temps de fonctionnement cumulé est obtenu avec un nombre plus important d'entités à l'essai, la probabilité d'usure sera relativement moins élevée. En ce qui concerne les défaillances précoces, c'est la proposition inverse qui est vraie.

Il convient que les réparations et les retraits d'entités (retrait des entités en cours d'essai) soient décrits et enregistrés dans la procédure d'essai ou dans le fichier d'essai. Ces éléments sont en effet capitaux pour l'analyse statistique.

Si l'on pense que le nombre de défaillances précoces des entités réparées sélectionnées pour l'essai pourrait être élevé, il convient de prendre en compte toute intensité de défaillance non constante lors de l'analyse statistique. Si les défaillances précoces ne sont pas pertinentes pour l'essai, il est possible de procéder à un déverminage de fiabilité sous contraintes avant de commencer l'essai de fiabilité.

The choice of the population from which the items are sampled is usually made on the basis of schedules, technical conditions and economy. It will only be possible to estimate how representative the test items are from a qualitative point of view.

In practice, reliability compliance tests are often performed based on development or pre-production models in order to reach a decision early in the production cycle. Often development and pre-production items are not representative of the production lots, and this may result in an incorrect decision.

The sample of test items should be selected to be representative of the population in order to provide information or judgement about the population. This may be ensured by the procedure of selecting the test items at random. If the sample is not representative of the population, then the results obtained can be misleading.

No action is allowed on the test items from the time of sampling until the test starts, unless otherwise specified in the detailed reliability test plan. The original sub-assemblies, components, etc. in the test items should be left alone during the test period, except for allowed maintenance and modifications as noted in 6.4.

If an interruption is made in the test procedure in order to carry out preventive or corrective maintenance or for administrative or any other (unforeseen) reason, the test should be resumed with a minimum of delay and for cycled test conditions, at a point in the cycle corresponding to the point of interruption, unless otherwise specified.

If applicable, the detailed reliability test plan should state the permitted interruptions allowed in the test, the maximum duration of such interruptions and for cycled test conditions, the time phases of allowed resumption. During interruptions of a laboratory test, the items should be stored under standard laboratory conditions, unless otherwise stated in the test plan.

In a number of tests, accumulated test time is used. If the failure intensity/failure rate is not constant, this may influence the test result significantly. If the number of items on the test is small and the operating time during the test relatively long, the failures occurring after a long operating time (wear-out failures) may be observed in the test. But if the same accumulated operating time is achieved with a larger number of test items, the probability of wear out failures will be relatively smaller. For early failures, the opposite will be the case.

Repair activities and suspended items (removing items from the test) should be described and recorded in the test procedure or test file, since they are of vital importance to the statistical analysis.

If it is suspected that repaired items selected for the test may have a high level of early failures, any non-constant failure intensity should be taken into account in the statistical analysis. If early failures are not relevant for the test, then reliability stress screening could be performed before the reliability test is started.

Pour les entités non réparées sélectionnées pour l'essai, il convient de prévoir une tolérance dans le cas d'un nombre important de défaillances précoces. Il est recommandé de prendre en compte tout taux de défaillance non constant pour l'analyse statistique. Si les défaillances précoces ne sont pas pertinentes pour l'essai, il est possible de procéder à un déverminage de fiabilité sous contraintes (voir la CEI 60300-3-7) sur le lot avant de commencer l'essai de fiabilité.

Concernant l'intensité de défaillance, le taux de défaillance, la moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) ou la durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance (MTTFF), les essais sont réalisés sous forme d'essais temporels pendant lesquels les durées de fonctionnement avant défaillance sont observées. Il convient, lorsque cela est approprié, de spécifier toute hypothèse.

Les essais de fiabilité pour les entités très fiables peuvent nécessiter la mise à l'essai d'un grand nombre d'entités (notamment pour les essais en exploitation) ou des conditions d'essai accélérées, (notamment pour les essais en laboratoire). Dans le cas d'entités redondantes, les essais peuvent s'appliquer à des sous-ensembles de telles entités. Enfin, dans certains cas, d'autres méthodes que les essais peuvent se révéler nécessaires (voir la CEI 60300-2).

4.6 Utilisation du résultat de l'essai

Il convient d'insister sur le fait que les résultats des essais sont fondés uniquement sur les entités soumises à l'essai. Il est utile que le rapport d'essai justifie le degré de représentativité de la population.

Une justification supplémentaire est nécessaire si les résultats des essais de conformité ou de détermination de la fiabilité sont extrapolés:

- à une autre population d'entités (par exemple des lots);
- à des niveaux de contrainte et des conditions d'environnement différentes des conditions d'essai;
- à une durée de fonctionnement supérieure à celle appliquée au cours de l'essai.

Afin d'évaluer le degré de validité d'une telle extrapolation, une bonne connaissance des techniques relatives aux éléments suivants est nécessaire:

- différence entre les diverses entités des populations;
- effet des niveaux de contraintes et des conditions d'environnement sur les modes de défaillances à prendre en compte;
- variation prévue de l'intensité/du taux de défaillance dans le temps.

En raison de la complexité et de la variabilité des environnements d'utilisation de la plupart des entités, on ne peut pas s'attendre à ce que les mesures de fiabilité obtenues lors des essais en laboratoire soient dans chaque cas identiques à celles obtenues en utilisation réelle.

Ces variations, entre les conditions en laboratoire et en exploitation, ne sont pas couvertes par les intervalles de confiance statistiques.

Il convient que la conclusion finale issue d'un essai de fiabilité ne se limite pas aux décisions formelles qui ont été prises. Il est utile d'analyser en détail toutes les causes et conséquences de chaque défaillance observée au cours de l'essai de fiabilité, ainsi que d'étudier toute possibilité d'entreprendre une action corrective.

For non-repaired items selected for the test, allowance should be made for a possible high level of early failures. Any non-constant failure rate should be taken into account in the statistical analysis. If early failures are not relevant for the test, then reliability stress screening (see IEC 60300-3-7) could be performed on the lot before the reliability test is started.

For failure intensity, failure rate, mean operating time between failures (MTBF) or mean time to first failure (MTTFF), the testing is performed as a time test during which the relevant times to failure are observed. Any a priori assumptions should be stated if made.

Reliability tests for very reliable items may require either a large number of test items (for example, field tests) or accelerated test conditions (for example, laboratory tests). For items with redundancies, the testing may apply to items that are sub-assemblies of the item. Finally, in some cases, methods other than testing may have to be used (see IEC 60300-2).

4.6 Utilisation of the test result

It should be emphasised that the test results are based only on the tested items. The test report should justify to what extent the sample is representative of the population.

Further justification is needed if reliability compliance or determination test results are extrapolated to:

- other population of items (for example lots);
- stress levels and environmental conditions differing from the test conditions;
- longer time of operation than applied during the testing.

In order to evaluate the extent to which such extrapolation is valid, a sound engineering knowledge is necessary of:

- the difference between the items in the populations;
- effect of stress levels and environmental conditions on the relevant failure modes;
- expected variation of the failure intensity/failure rate with time.

Due to the complexity and variability of environment of use for most items, close agreement between reliability measures obtained from laboratory tests and those experienced in actual use should not be expected in each individual case.

These variations, from laboratory to field conditions, are not covered by the statistical confidence limits.

The final conclusion drawn from a reliability test should not be limited to the formal decisions reached. The causes and consequences of each failure observed during a reliability test should be analysed in detail, and any possibility of making effective corrective action should be investigated.

5 Catégories d'essai dans le cadre de l'objectif général des essais

En gardant à l'esprit les objectifs généraux des essais, il est possible de distinguer entre les catégories d'essais suivantes (voir 4.3.1):

- les essais de conformité à la fiabilité (comprenant les essais relatifs au rapport succès/défaillance);
- les essais d'estimation de la fiabilité;
- les essais de comparaison de la fiabilité.

5.1 Essais de conformité

Avant de lancer un essai de fiabilité sur une entité, il convient d'élaborer un plan d'échantillonnage détaillé pour des essais de fiabilité contenant les éléments suivants:

- les prescriptions relatives à la conformité à la fiabilité, conformément aux considérations décrites à l'article 5, détaillées pour l'entité particulière devant être soumise à l'essai;
- les prescriptions qui en résultent, ou une liste des moyens d'essai à utiliser, (y compris les moyens pour les essais d'environnement), les moyens destinés à la surveillance des entités, les moyens de maintenance, ainsi que les moyens permettant la maîtrise du programme d'essai;
- les instructions de réalisation de l'essai et les actions à entreprendre en cas de défaillance des entités soumises à l'essai et des moyens d'essai;
- les instructions en matière de rapport d'essai et les actions à entreprendre à la lumière des décisions d'essai.

Les essais de fiabilité sur les entités peuvent être réalisés en laboratoire ou en exploitation, voir 4.3.

Le tableau 1 dresse une liste des types de plans d'échantillonnage et des applications correspondantes et énumère les prescriptions de fiabilité relatives à chaque outil d'essai de conformité publié.

Un essai progressif séquentiel peut être décrit comme suit:

- pendant l'essai, les dispositifs à l'essai sont surveillés en continu ou à de courts intervalles. La durée d'essai et le nombre de défaillances à prendre en compte sont comparés aux critères établis pour décider de l'acceptation, du rejet ou de la poursuite de l'essai.

De la même manière, un essai tronqué-censuré peut être décrit comme suit:

- pendant l'essai, les dispositifs à l'essai sont surveillés en continu ou à de courts intervalles. La durée d'essai à prendre en compte est cumulée jusqu'à ce qu'une valeur prédéterminée de la durée d'essai à prendre en compte ait été dépassée (acceptation) ou qu'un nombre prédéterminé de défaillances à prendre en compte se soit produit (rejet).

5 Test categories related to general test purpose

Keeping in mind the general test purposes, it is possible to differentiate between the following test categories (see 4.3.1):

- reliability compliance testing (including testing for success/failure ratio);
- reliability estimation testing;
- reliability comparison testing.

5.1 Compliance testing

Prior to the start of a reliability test on an item, a detailed reliability test plan should be prepared. This should contain:

- requirements for reliability compliance testing according to the considerations described in clause 5 detailed for the particular item to be tested;
- derived requirements, or a list of the test facilities to be used, (including environmental facilities), for monitoring items, maintenance facilities and for test program control;
- instructions for running the test and action to be taken when failures occur in test items and test facilities;
- instructions for reporting and action to be taken in the light of test decisions.

Reliability testing of items may be accomplished by laboratory or field testing (see 4.3).

Table 1 provides a list of the types of test plans and their associated application and reliability requirements for each compliance test tool published.

A truncated sequential test can be described by the following:

- during the test, the test items are monitored continuously or at short intervals, and the accumulated relevant test time and the number of relevant failures are compared with the criteria given to determine whether to accept, reject or continue testing.

Similarly a time/failure terminated test can be described by the following:

- during the test, the test items are monitored continuously or at short intervals, and the relevant test time is accumulated until either a predetermined amount of relevant test time has been exceeded (accept), or a predetermined number of relevant failures has occurred (reject).

Tableau 1 – Type des plans d'échantillonnage statistiques

Type du plan d'échantillonnage statistique	Application	Prescription de fiabilité	Outil
Essai progressif tronqué	Entités non réparées, réparées, remplacées, non remplacées	Taux/intensité de défaillance constant acceptable et inacceptable	CEI 61124
	Entités réutilisées, non réutilisées	Proportion de défaillance et proportion de succès	CEI 61123
Essai tronqué/censuré	Entités non réparées, réparées, remplacées, non remplacées	Taux/intensité de défaillance constant acceptable et inacceptable	CEI 61124
	Entités réutilisées, non réutilisées	Proportion de défaillance et proportion de succès	CEI 61123
Autre essai tronqué/censuré (personnalisé)	Entités non réparées, réparées, remplacées, non remplacées	Taux/intensité de défaillance constant acceptable et non acceptable	CEI 61124
	Entité réutilisées, non réutilisées	Proportion de défaillance et proportion de succès	CEI 61123
Essai censuré programmé sans réparation/remplacement	Entités non réparées, réparées, remplacées, non remplacées	Taux/intensité de défaillance constant acceptable et non acceptable	CEI 61124

Les figures suivantes donnent des directives relatives au choix du plan d'échantillonnage statistique. Plus particulièrement, la Figure 1 compare un essai progressif tronqué et un essai tronqué/censuré comportant les mêmes risques. La Figure 2 montre la durée d'essai cumulée prévue, à prendre en compte pour prendre une décision, en fonction de la valeur vraie de la moyenne des temps de bon fonctionnement de l'équipement pour les deux types de plans de base. Les figures illustrent certains des avantages et inconvénients des deux plans.

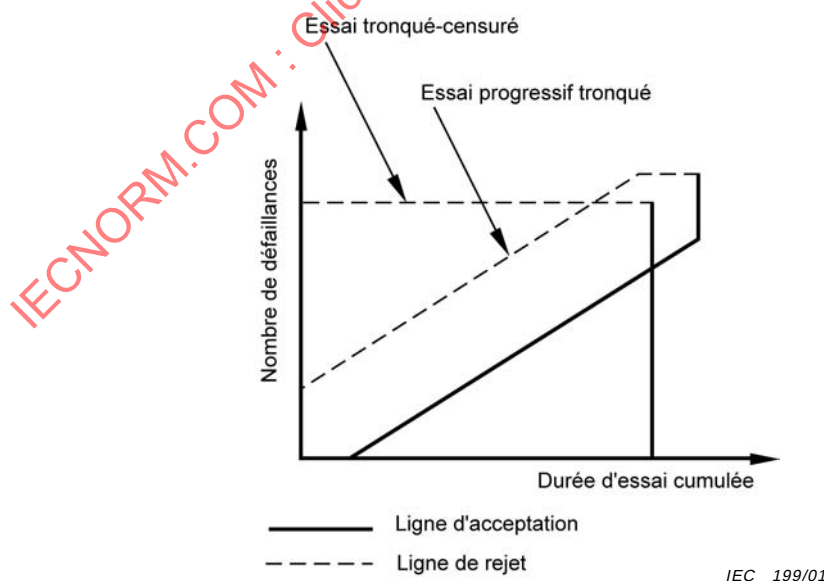


Figure 1 – Comparaison d'un essai progressif tronqué et d'un essai tronqué/censuré comportant les mêmes risques

Table 1 – Type of statistical test plans

Type of statistical test plan	Application	Reliability requirement	Tool
Truncated sequential test	Non-repaired, repaired, replaced, non-replaced items	Acceptable and unacceptable constant failure rate/intensity	IEC 61124
	Reused, non-reused items	Failure ratio/success ratio	IEC 61123
Fixed time/failure terminated test	Non-repaired, repaired, replaced, non-replaced items	Acceptable and unacceptable constant failure rate/intensity	IEC 61124
	Reused, non-reused items	Failure ratio/success ratio	IEC 61123
Alternative time/failure terminated test (customized)	Non-repaired, repaired, replaced, non-replaced items	Acceptable and unacceptable constant failure rate/intensity	IEC 61124
	Reused, non-reused items	Failure ratio/success ratio	IEC 61123
Fixed calendar time terminated test without repair/replacement	Non-repaired, repaired, replaced, non-replaced items	Acceptable and unacceptable constant failure rate/intensity	IEC 61124

The following figures give guidance on the choice of type of statistical test plan. In particular Figure 1 shows a comparison between a truncated sequential test and a time/failure terminated test with the same risks. Figure 2 shows the expected accumulated relevant test time to decision as a function of the true mean time between failures of the item for the two basic types of plans. The figures illustrate some of the advantages and disadvantages of the two plans.

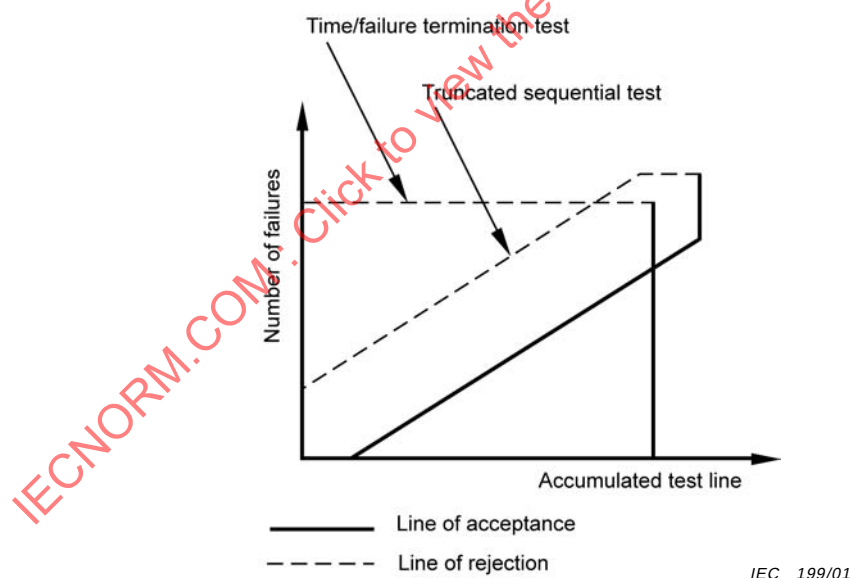


Figure 1 – Comparison between a truncated sequential test and a time/failure terminated test with the same risks

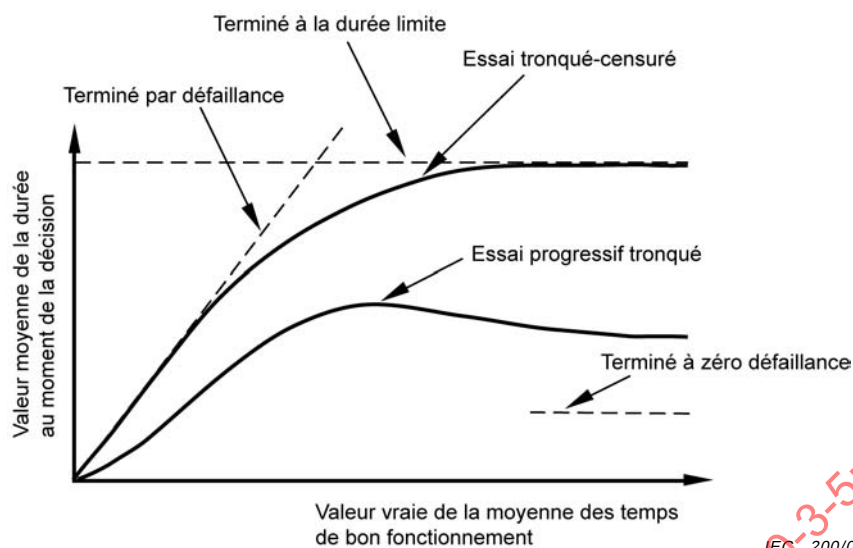


Figure 2 – Durée d'essai cumulée prévue à prendre en compte pour prendre une décision, en fonction de la valeur vraie de la moyenne des temps

Le tableau 2, basé sur les Figures 1 et 2, présente un résumé des avantages et inconvénients des essais progressifs tronqués et des essais tronqués/censurés.

Tableau 2 – Comparaison des plans d'échantillonnage statistiques

Type de plan d'échantillonnage statistique	Avantages	Inconvénients
Essai tronqué/censuré	La valeur maximale de la durée d'essai cumulée est prédéterminée. De ce fait, les exigences maximales relatives aux moyens d'essai et à la main-d'œuvre sont connues avant que l'essai ne commence.	En moyenne, le nombre de défaillances et la durée d'essai cumulée sont supérieurs à ceux de l'essai progressif tronqué équivalent
	Le nombre maximal de défaillances est déterminé avant l'essai. De ce fait, le nombre maximal d'entités à mettre en essai peut être connu dans le cas d'un seul essai sans réparation ni remplacement	Pour des entités très bonnes ou très mauvaises, la valeur maximale de la durée d'essai cumulée ou du nombre de défaillances est nécessaire à la décision, alors que celle-ci pourrait être prise en compte plus tôt avec l'essai progressif tronqué équivalent
	La valeur maximale de la durée d'essai cumulée est plus petite que pour l'essai progressif tronqué	
Essai progressif tronqué	Dans l'ensemble, le nombre de défaillances au moment de la décision est inférieur pour la durée correspondante d'un essai tronqué/censuré	Le nombre de défaillances et, par conséquent, le coût des entités varient dans une plus large mesure que pour l'essai tronqué/censuré équivalent
	L'essai admet des valeurs maximales fixées pour la durée d'essai cumulée et le nombre de défaillances	Les valeurs maximales de la durée d'essai cumulée et du nombre de défaillances peuvent dépasser celles de l'essai tronqué/censuré correspondant
	Dans l'ensemble, la durée d'essai cumulée au moment de la décision est minimale	

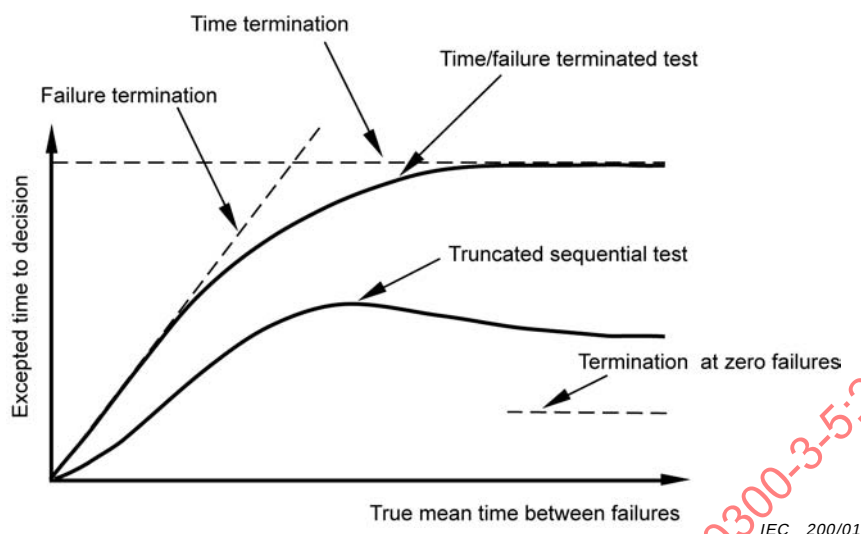


Figure 2 – Expected accumulated relevant test time to decision as a function of the true mean time between failures

Based on Figures 1 and 2, Table 2 below shows a summary of the advantages and disadvantages of both truncated sequential tests and time/failure terminated tests.

Table 2 – Comparison of statistical test plans

Type of statistical test plan	Advantages	Disadvantages
Time/failure terminated test	Maximum accumulated test time is fixed, therefore maximum requirements for test equipment and manpower are fixed before testing begins	On average, the number of failures and the accumulated test time will exceed those of a similar truncated sequential test
	Maximum number of failures is fixed prior to testing, therefore the maximum number of test items can be determined in case of testing without repair or replacement	Very good items or very bad items need to experience the maximum accumulated test time or number of failures to make a decision, which can be made sooner with a similar truncated sequential test
	Maximum accumulated test time is shorter than for a similar truncated sequential test	
Truncated sequential test	Overall, the number of failures to a decision is lower than for the corresponding fixed time/failure terminated test	The number of failures and therefore the test item costs will vary in a broader range than for similar time/failure terminated tests
	The test has fixed maxima with respect to accumulated test time and number of failures	Maximum accumulated test time and number of failures could exceed those for the equivalent time/failure terminated test
	Overall, the accumulated test time to a decision is a minimum	

5.1.1 Termes utilisés lors des essais de conformité à la fiabilité

Les essais de conformité sont utilisés si cela est requis, lorsque la conformité des performances en matière de fiabilité d'une conception est soumise à l'essai par rapport à un ou plusieurs paramètres spécifiés. Le résultat de l'essai sera ainsi «accepté» (conforme) ou «rejeté» (non conforme).

Les essais de conformité sont basés sur la théorie statistique des tests d'hypothèses.

Un test statistique est une procédure utilisée pour décider s'il convient qu'une hypothèse (nommée nulle) soit rejetée en faveur d'une autre hypothèse. Ces hypothèses sont des propositions relatives aux paramètres des modèles de probabilité supposés.

En ce qui concerne les essais de conformité, tous les plans d'échantillonnage et les critères de décision sont fondés sur une des deux caractéristiques suivantes:

- un nombre acceptable de défaillances à prendre en compte pour un nombre spécifié d'essais ou pendant une durée d'essai spécifiée pertinente (le nombre acceptable peut être égal à zéro);
- un nombre acceptable d'épreuves/une durée d'essai acceptable pour un nombre spécifié de défaillances à prendre en compte (le nombre acceptable peut être égal à zéro).

Les critères de décision permettant de décider de l'acceptation ou du rejet de la conformité sont énoncés dans le plan d'échantillonnage et déterminés par des valeurs de risque choisies et un coefficient de discrimination.

En termes d'échantillonnage, le risque est classé de type I ou de type II, selon la définition qui en est donnée dans l'ISO 3534-1 comme la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle quand elle est vraie et celle d'accepter l'hypothèse nulle quand elle est fausse. Alpha (α) et bêta (β) sont utilisés pour symboliser les risques de type I et de type II, respectivement.

En termes d'essais de conformité, le risque du fabricant correspond à la probabilité de rejet quand la valeur de mesure de fiabilité spécifiée pour l'entité est acceptable (risque de type I) et le risque consommateur correspond à la probabilité d'acceptation, quand la valeur de mesure de fiabilité spécifiée pour l'entité est inacceptable (risque de type II).

Afin de minimiser la probabilité de rejet d'une entité, il est nécessaire que le fabricant s'assure que l'entité a une meilleure valeur de mesure de fiabilité que la valeur acceptable spécifiée.

Le coefficient de discrimination, D , par rapport aux plans d'échantillonnage, correspond au rapport mesure acceptable/mesure inacceptable. Comme exemples de mesures de fiabilité, on peut citer le rapport succès/défaillance, le taux de défaillance et l'intensité de défaillance.

La puissance d'un essai ($1-\beta$) est définie comme la probabilité de ne pas rencontrer le risque de type II. Une courbe peut être tracée à partir de cette caractéristique de fonctionnement (CF). Cette courbe représente la fonction dont on obtient la probabilité, généralement désignée par P_a , de ne pas rejeter l'hypothèse nulle en termes de valeur de la mesure de fiabilité.

Une courbe CF peut être tracée dans le cadre de n'importe quel plan d'échantillonnage afin de montrer la probabilité de non rejet (acceptation des entités) pour les différentes valeurs de mesure de fiabilité réelle. ($D > 1$), alors α et β ainsi que D définissent deux points de la courbe CF. La Figure 3 illustre des courbes CF pour des plans d'échantillonnage dans le cadre d'essais tronqués/censurés définis, B.5, B.6, B.7 et B.8 où P_a est la probabilité d'acceptation (ordonnée y), m est la durée moyenne vraie entre/jusqu'à défaillance, m_0 est la

5.1.1 Terms used in reliability compliance testing

Compliance testing is used when it is required that the reliability performance of a design is tested for compliance with (a) specified parameter(s). The result of the test will therefore be "accepted" (compliant) or "rejected" (non-compliant).

Compliance testing is based on the theory of statistical hypothesis testing.

A statistical test is a procedure used to decide whether a hypothesis (called null) should be rejected in favour of an alternative hypothesis. These hypotheses are statements about parameters of the assumed probability models.

In terms of compliance testing, all test plans and decision criteria are based on one of two characteristics:

- an acceptable number of relevant failures for a specified number of trials or in a specified relevant test time (the acceptable number can be zero);
- an acceptable number of trials/acceptable test time for a specified number of relevant failures (the specified number of relevant failures can be zero).

Decision criteria for accepting or rejecting compliance are given in the test plan and are determined by selected values of risks and discrimination ratio.

In sampling terms, risk is classified by type I and type II risks which are defined in ISO 3534-1 as the probability of rejecting the null hypothesis when it is true and the probability of accepting the null hypothesis when the null hypothesis is false. Alpha (α) and Beta (β) are used to symbolize type I and type II risks respectively.

In compliance testing terms, the producer's risk is the probability of rejection when the item has an acceptable value of the specified reliability measure (type I risk) and the consumer's risk is the probability of acceptance, when an item has an unacceptable value of the specified reliability measure (type II risk).

To minimize the probability of rejection of an item, it is necessary for the producer to ensure that the item has a better value of the reliability measure than the specified acceptable value.

The discrimination ratio, D , with respect to the test plans is the ratio of the acceptable measure to the unacceptable measure. Examples of reliability measures are success/failure ratio, failure rate and failure intensity.

The power of a test ($1-\beta$) is defined as the probability of not having a type II risk. From this an operating characteristic (OC) curve can be drawn. This represents the function that gives the probability, usually designated as P_a , of not rejecting the null hypothesis in terms of the value of the reliability measure.

An OC-curve can be derived for any test plan to show the probability of non-rejection (acceptance of the items) for different values of the true reliability measure. ($D > 1$), therefore α and β together with D define two points on the OC curve. Figure 3 shows OC curves for fixed time/failure terminated test plans B.5, B.6, B.7 and B.8 where P_a is the probability of acceptance (y-axis), m is the true mean time between/to failure, m_0 is the specified

durée moyenne acceptable spécifiée entre/jusqu'à défaillance et le rapport m/m_0 correspond à l'axe des abscisses. Les valeurs de risque nominales de B.5 sont $\alpha = 10 \%$, $\beta = 10 \%$ et $D = 1,5$. Tous les détails de ce type de plan d'échantillonnage sont donnés dans la CEI 61124.

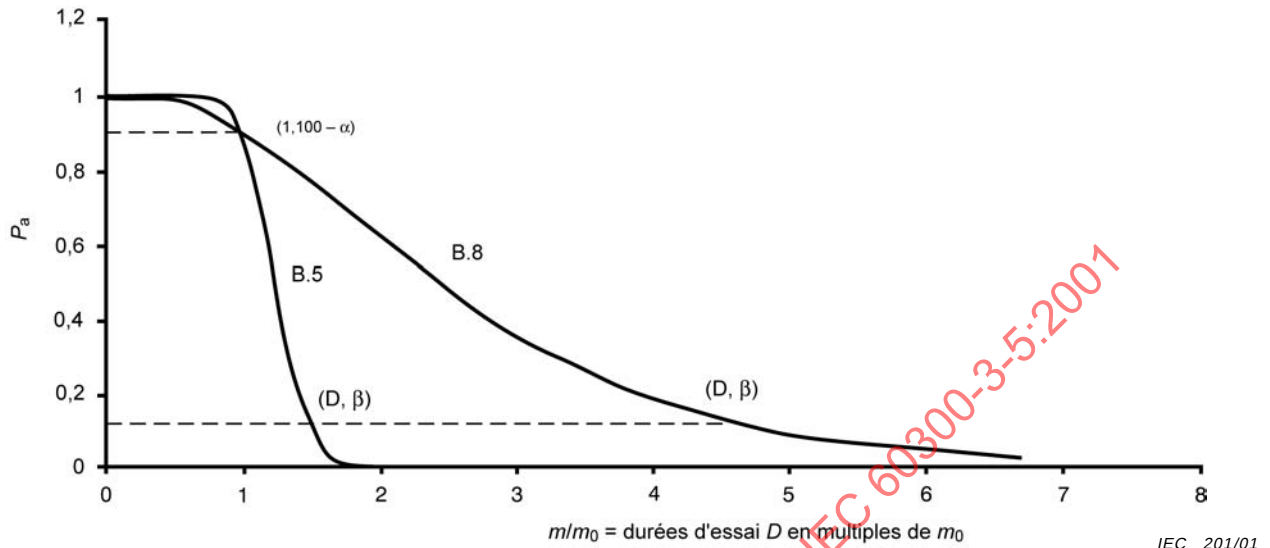


Figure 3 – Courbes de caractéristiques de fonctionnement dans le cadre des plans d'échantillonnage B.5 et B.8 (exemple extrait de la CEI 61124)

Les risques liés à la décision sont illustrés très clairement par la courbe de caractéristiques de fonctionnement du plan d'échantillonnage. Il convient que le fabricant et le consommateur parviennent à un accord sur les risques de décision devant être choisis dans le cadre d'un essai donné, en pondérant ces risques en fonction du coût total d'essais prolongés (prolongés et/ou impliquant plus d'entités) nécessaires pour les réduire ainsi que d'autres facteurs tels que l'équipement, les moyens et le temps disponibles. Des essais étendus (temps prolongé, plus d'entités) amélioreront (diminueront) le coefficient de discrimination, D , pour les mêmes valeurs de α et de β ; c'est ce qui peut être observé sur la pente la plus inclinée d'une courbe CF.

Tableau 3 – Récapitulatif des cas dans un test d'hypothèse (exemple extrait du plan d'essai B.5 de la CEI 61124)

Test d'hypothèse		Propriétés vraies (inconnues) d'une entité	
		Hypothèse nulle vraie ($T_t^*/m_0 = p_0 = 30$)	Hypothèse alternative vraie ($D \times T_t^*/m_0 = D \times p_0 = 1,5 \times 30 = 45$)
Décisions basées sur les observations	Hypothèse nulle acceptée ($r \leq c = 36$)	Décision vraie ($P_a = 100 - \beta' = 100 - 12 = 88 \%$) <i>Puissance de l'essai</i>	Décision erronée ($P_a = \alpha' = 9,9 \%$) <i>Risque du consommateur, type I</i>
	Hypothèse alternative acceptée ($r > c = 36$)	Décision erronée ($P_a = \beta' = 12 \%$) <i>Risque du producteur, type II, niveau de signification</i>	Décision vraie ($P_a = 100 - \alpha' = 100 - 9,9 = 90,1 \%$)

acceptable mean time between/to failure and the ratio m/m_0 is the x-axis. B.5 has nominal risk values of $\alpha = 10 \%$, $\beta = 10 \%$ and $D = 1,5$. Complete details of this type of test plan are found in IEC 61124.

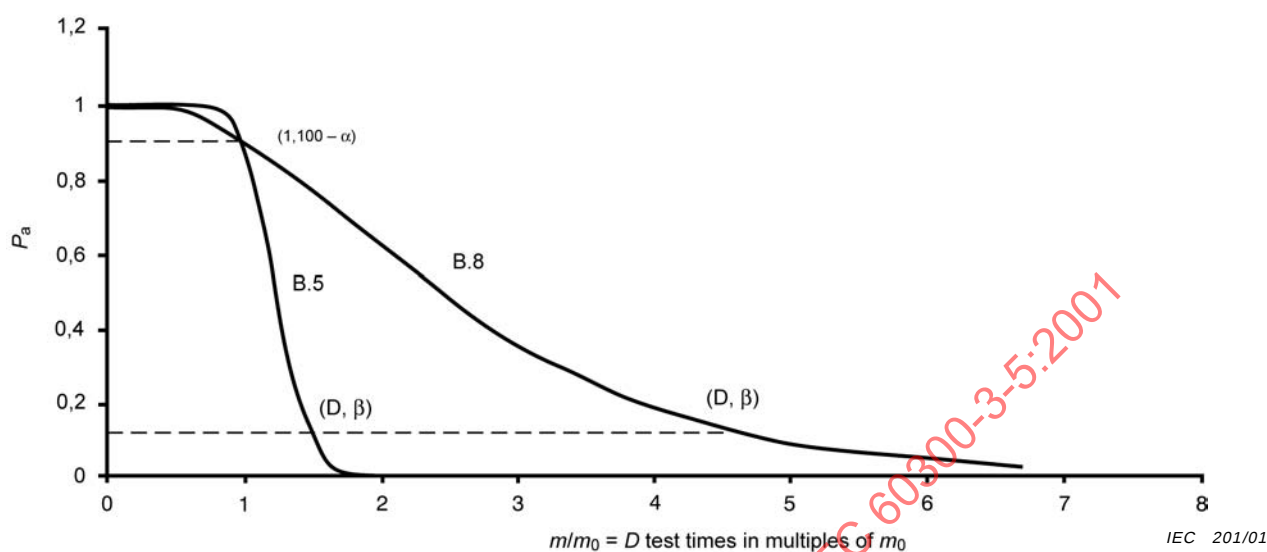


Figure 3 – Operating characteristic curves for test plans B.5 and B.8
(examples taken from IEC 61124)

The decision risks are shown clearly by the operating characteristic curve of the test plan. The producer and consumer should agree on the decision risks to be selected for a given test, balancing these risks against the total cost of extended testing (prolonged and/or with more items) required to reduce them, and other factors such as equipment, facilities and time available. Extended testing (prolonged time, more items) will improve (decrease) the discrimination ratio, D , for the same α and β , this is seen on the steeper slope of the OC curve.

Table 3 – Overview of cases in a hypothesis test
(example from test plan B.5 in IEC 61124)

Hypothesis test		True (unknown) properties of item	
		Null hypothesis true ($T_t^*/m_0 = p_0 = 30$)	Alternative hypothesis true ($D \times T_t^*/m_0 = D \times p_0 = 1,5 \times 30 = 45$)
Decisions based on observations	Null hypothesis accepted ($r \leq c = 36$)	True decision ($P_a = 100 - \beta' = 100 - 12 = 88 \%$) <i>Power of the test</i>	False decision ($P_a = \alpha' = 9,9 \%$) <i>Consumer's risk, type I</i>
	Alternative hypothesis accepted ($r > c = 36$)	False decision ($P_a = \beta' = 12 \%$) <i>Producer's risk, type II, significance level</i>	True decision ($P_a = 100 - \alpha' = 100 - 9,9 = 90,1 \%$)

5.1.2 Prescriptions relatives aux essais de conformité de la fiabilité

Il convient que toute prescription relative aux essais de conformité à la fiabilité d'une entité soit incluse dans ou référencée par le contrat ou la spécification de l'entité.

Il convient que les spécifications d'essai soient suffisamment cohérentes pour définir tous les détails des essais de conformité à la fiabilité. Si les essais de conformité à la fiabilité sont spécifiés conformément à la présente norme, les informations relatives aux entités énumérées de 5.1.2.1 à 5.1.2.4 sont requises, lorsque cela est applicable.

5.1.2.1 Entités d'essai et type d'essai

Il convient de spécifier les éléments suivants:

- a) l'identification de (type de) l'entité soumise à l'essai;
- b) le type d'essai devant être réalisé: essai en laboratoire ou en exploitation (voir 4.3.2);
- c) la population d'entités dans laquelle il convient de prélever l'échantillon d'essai, et, le cas échéant, toute procédure particulière relative à la sélection de l'entité à l'essai (voir 4.5).

5.1.2.2 Mesures de fiabilité et plans d'échantillonnage statistiques

Il convient également de spécifier

- a) les mesures de fiabilité applicables et la spécification de la valeur acceptable.
Si les mesures de fiabilité se rapportent à un système et sont déduites de mesures de fiabilité vérifiées séparément pour des sous-ensembles de l'entité, il convient que les procédures applicables à cette fin soient également spécifiées, en se référant aux CEI 61078, CEI 60812 ou CEI 61025.
- b) Le plan d'échantillonnage devant être utilisé (voir 5.1).
Il convient de spécifier le plan d'échantillonnage choisi. Avant tout, il est recommandé de sélectionner le plan dans la liste des normes applicables énumérées au tableau 1 ou alors de le justifier par un autre moyen.
- c) Les essais devant être réalisés pour valider l'hypothèse sur la distribution (voir 9.1 et 9.3).

5.1.2.3 Conditions d'essai et cycle d'essai

Il convient de spécifier les éléments suivants, le cas échéant:

- les conditions de fonctionnement et d'environnement y compris les conditions de charge et d'alimentation ainsi que les manipulations réelles en cours d'essai (voir 6.3);
- la maintenance préventive à appliquer au cours de l'essai (voir 6.4);
- le cycle d'essai pour la séquence et les combinaisons des spécifications données ci-avant (voir 6.1, 6.2 et 6.3).

5.1.2.4 Performance et défaillance de l'entité soumise à l'essai

Il convient de spécifier les éléments suivants, le cas échéant:

- les paramètres fonctionnels devant être surveillés au cours de l'essai;
- les critères de recherche pour les défaillances des entités soumises à l'essai (voir 7.1 à 7.3);
- les types de défaillances exigeant une décision de rejet immédiat (voir 7.2.2.1);
- les types de défaillances se produisant au cours de l'essai et considérées comme non pertinentes (voir 7.2.1);

5.1.2 Requirements for reliability compliance testing

Any requirement for reliability compliance testing of an item should be included in or called up by the item contract or specification.

Test specifications should be sufficiently comprehensive to define all details of the reliability compliance test. When reliability compliance testing is specified in accordance with this standard, information is required on the items listed in 5.1.2.1 to 5.1.2.4 if applicable.

5.1.2.1 Test items and type of test

The following should be specified:

- a) identification of the (type of) item to be tested;
- b) type of test to be performed; laboratory or field test (see 4.3.2);
- c) the population of the items from which the test sample should be drawn and, where appropriate, any special procedure regarding test item selection (see 4.5).

5.1.2.2 Reliability measures and statistical test plans

Also specified should be

- a) the applicable reliability measures and statement of the acceptable value.

When the reliability measures refer to a system and are to be derived from separately verified reliability measures for individual sub-items, the derivation procedure to be applied should also be specified for example by referring to IEC 61078, IEC 60812 or IEC 61025.

- b) The compliance test plan to be used (see 5.1).

The selected test plan should be specified. The plan should primarily be chosen from the applicable standards listed in Table 1 or otherwise be justified.

- c) Tests to be used for the validity of the distribution assumption (see 9.1 and 9.3).

5.1.2.3 Test conditions and test cycle

The following should be specified as applicable:

- operating and environmental conditions including load and supply conditions and actual manipulation during test (see 6.3);
- preventive maintenance to be applied during the test (see 6.4);
- test cycle for the sequence and combinations of the statements given above (see 6.1, 6.2 and 6.3).

5.1.2.4 Test item performance and failure

The following should be specified as applicable:

- functional parameters to be monitored during the test;
- investigating criteria for test item failures (see 7.1 to 7.3);
- types of failure demanding immediate reject decision (see 7.2.2.1);
- types of failure on test considered to be non-relevant (see 7.2.1);

- les durées d'essai devant être considérées comme pertinentes (voir 7.4);
- les limites relatives aux durées d'essai ou le nombre de remise à l'essai pour chaque entité;
- les conditions de réparation et de poursuite de l'essai;
- le programme de surveillance de la durée, si les paramètres fonctionnels ne peuvent pas être surveillés au cours de l'essai.

5.1.3 Essais relatifs au rapport succès/défaillance

Si une proportion de succès s'avère nécessaire, les essais impliquent que seul le nombre d'essais et le nombre correspondant de défaillances ou le nombre total d'entités et le nombre d'entités défectueuses, soient comptés et traités statistiquement.

Lors d'un essai relatif à la proportion de succès, la mesure déduite de l'essai est une variable binaire. Cela contraste par rapport à beaucoup d'autres essais de fiabilité où les mesures sont soit une variable continue, par exemple une durée ou le nombre de cycles, ou des défaillances par unité de temps.

5.2 Essais d'estimation de la fiabilité

L'objectif de l'estimation de la fiabilité est d'évaluer les valeurs d'une ou de plusieurs mesures de fiabilité pouvant être utilisées pour évaluer les coûts de garantie et prévoir la fiabilité des entités. Le but de cet essai est généralement de quantifier la fiabilité de l'entité soumise à l'essai, en utilisant des valeurs numériques pour une ou plusieurs mesures clefs. Il convient que les limites de confiance pour l'estimation soient spécifiées ainsi que les conditions d'essais et des données d'essais brutes.

Lors des essais d'estimation de la fiabilité, les estimations des mesures de fiabilité pertinentes sont obtenues à partir de l'analyse des données du cycle de vie. Il convient de spécifier les mesures de fiabilité applicables.

La définition des conditions d'essai, de la performance de l'entité à l'essai, des observations d'essais et du processus d'essai sont les mêmes pour les essais d'estimation de la fiabilité que pour les essais de conformité à la fiabilité (voir 5.1).

Les méthodes statistiques pour l'estimation de la fiabilité sont décrites à l'article 9.

Les données déjà existantes issues d'essais ou d'observations en exploitation antérieurs peuvent être acceptables pour l'estimation de la fiabilité, à condition que les données soient assez complètes, éprouvées et pertinentes.

NOTE Il est recommandé de faire une distinction entre un essai d'estimation et un essai de conformité. Cela est dû au fait qu'une estimation est basée *uniquement* sur des observations, alors que l'essai de conformité est basé également sur la valeur acceptable requise aussi bien que sur la valeur inacceptable et les risques correspondants. C'est-à-dire que l'essai de conformité donne en général plus d'informations.

5.3 Essais de comparaison de la fiabilité

Les essais de comparaison sont utilisés si la comparaison entre la performance en matière de fiabilité de deux produits fonctionnellement similaires est requise. De la même manière, si la comparaison de la performance d'une entité ayant des sous-ensembles de conceptions différentes est requise, les essais de comparaison sont également utilisés.

L'objectif des essais de comparaison est de déterminer si la fiabilité d'une entité A est supérieure à celle d'une entité B. Il n'est cependant pas nécessaire d'évaluer les mesures de performance en matière de fiabilité de A et de B.

- periods of test time to be considered as relevant test time (see 7.4);
- limitations of relevant test time or number of operations for each test item;
- conditions for repairs and continuation of the test;
- time monitoring schedule, when functional parameters cannot be monitored during the test.

5.1.3 Testing for success/failure ratio

When a success ratio is required, the testing implies that only the number of trials and corresponding number of failures or the total number of items and number of failed items are to be counted and treated statistically.

In a success ratio test, the measurement derived from the test is a binary variable. This is in contrast to many other reliability tests where the measures are either a continuous variable, for example, time or cycles or failures per time unit.

5.2 Reliability estimation testing

The purpose of reliability estimation is to estimate values of one or more reliability measures that may be used for estimating warranty costs and predicting the reliability of items. The purpose of the test is usually to quantify the reliability of the item tested, using numerical values for one or a few key measures. Confidence limits for the estimation should be stated along with the test conditions and raw test data.

In reliability estimation testing, estimates of the reliability measures of interest are obtained from the analysis of life-time data. The applicable reliability measures should be stated.

The definition of test conditions, test item performance, test observations and of the test procedures are the same for reliability estimation testing as they are for item reliability compliance testing (see 5.1).

The statistical methods for reliability estimation testing are described in clause 9.

Existing data from earlier tests or field observations may be acceptable for reliability estimation, provided the data is sufficiently complete, well established and relevant.

NOTE It is recommended to distinguish between an estimation test and a compliance test. This is due to the fact that estimation is based only on the observations, while the compliance test is further based on the required acceptable value as well as the unacceptable value and the corresponding risks. This means that the compliance test will normally contain more information.

5.3 Reliability comparison testing

Comparison tests are used when comparison between the reliability performance of two functionally similar products is required. Similarly, when comparison between the reliability performance of an item with two different sub-item designs is required, comparison tests are also used.

The purpose of comparison testing is to determine whether item A has a higher reliability than item B, it is not necessary to estimate the reliability performance measures of A and B.

Lors d'un essai de comparaison, il convient que les conditions d'essais soient représentatives des conditions d'utilisation. L'avantage d'un essai de comparaison réside toutefois dans le fait que l'entité A et l'entité B seront influencées par les mêmes conditions d'essai. Cela est particulièrement important si les essais ayant un faible degré de simulation, les essais accélérés ou les essais à compression temporelle sont utilisés. Même si la relation exacte entre les conditions d'essai et les conditions réelles d'utilisation n'est pas connue, les résultats de l'essai de comparaison peuvent être utilisés dans la mesure où les modes de défaillance sont pertinents.

Il convient qu'un plan d'échantillonnage détaillé, pour les essais de fiabilité en laboratoire ou en exploitation, soit préparé de la même manière que dans le cadre d'un essai de conformité. Les méthodes statistiques pour la comparaison de la fiabilité sont énoncées à l'article 9.

La définition des conditions d'essais, de la performance de l'entité soumise à l'essai, des observations d'essai et des procédures d'essai est la même pour la comparaison de la fiabilité que pour les essais de conformité (voir 5.1).

L'analyse des défaillances est toujours nécessaire.

6 Conditions d'essai

6.1 Principes généraux de sélection des conditions d'essai

Il convient de prendre en considération les facteurs principaux qui suivent lors de la sélection des conditions d'un essai de fiabilité d'entités:

- la raison essentielle pour laquelle est prescrit ou effectué un essai de fiabilité;
- les conditions d'environnement de l'utilisation;
- les variations prévues des conditions d'utilisation pour l'entité soumise à l'essai;
- la probabilité que les différents facteurs de contraintes composant les conditions d'utilisation soient sources de défaillances;
- le coût relatif des essais basés sur des conditions d'essai différentes;
- les moyens d'essai disponibles;
- le temps d'essai disponible;
- les valeurs prédites des mesures de fiabilité en fonction des conditions d'essai.

Si la raison des essais est de montrer que la fiabilité de l'entité n'est pas inférieure à un certain niveau pouvant s'avérer critique (notamment sur le plan de la sécurité), il convient que les conditions d'essai n'excluent aucune des conditions d'utilisation importantes en situation extrême.

Si le niveau de fiabilité applicable aux conditions normales d'utilisation doit être démontré ou déterminé, par exemple pour l'optimisation de la planification de la maintenance, il convient que les conditions d'essai représentent très fidèlement les conditions d'utilisation. Si le but est de comparer différentes versions d'une entité avec des résultats d'essai discriminants, des conditions d'essai reproductibles seront souvent essentielles avec des niveaux de contrainte proches des conditions limites d'utilisation. Dans tous les cas, il convient que la gravité des différents facteurs de contrainte ne dépasse pas les valeurs de contrainte limites que l'équipement est censé supporter, sauf dans le cas d'essais sous contraintes échelonnées. Il faut noter que les essais sous contraintes échelonnées ne sont pas couverts par la présente norme. Toutefois, les méthodes statistiques énumérées peuvent s'appliquer à ces essais, si la durée est remplacée par un niveau de contrainte.

In a comparison test, the test conditions should also be relevant for the conditions of use but the advantage of a comparison test is that the same test conditions will influence item A and item B. This is especially important when tests with a low degree of simulation, accelerated or time compressed tests are used. Even if the exact relation of the test conditions to the conditions of actual use are unknown, the results of the comparison test can be used, provided the failure modes are relevant.

A detailed reliability test plan for laboratory or field test should be prepared in the same way as for compliance test. The statistical methods for reliability comparison are described in clause 9.

The definition of test conditions, test item performance, test observations and test procedures is the same for reliability comparison as for reliability compliance testing (see 5.1).

Failure analysis is still required.

6 Test conditions

6.1 General principles of selecting test conditions

The following major factors should be taken into consideration, when selecting reliability test conditions for items:

- the basic reason for requiring or performing a reliability test;
- environmental conditions in use;
- the expected variations in the conditions of use for the tested item;
- the likelihood that the different stress factors represented in the conditions of use will induce failures;
- the relative cost of tests based on different test conditions;
- test facilities available;
- test time available;
- the predicted values of the reliability measures as a function of test conditions.

If the reason for testing is to show that the item reliability is not smaller than a particular, possibly critical (say regarding safety) level, the test conditions should not exclude any important extreme use condition.

If the level of reliability applicable to the normal conditions of use is to be demonstrated or determined, such as for optimization of maintenance planning, the test conditions should be highly representative of use conditions. If the reason is to compare different versions of an item with discriminative test results, reproducible test conditions will often be essential with stress levels approaching the limiting conditions of use. In any case, the severity of the different stress factors should not exceed the limiting stress values which the item is specified to withstand, except for step-stress tests. Note that step-stress tests are not covered by this standard, although the statistical methods listed may be applied when undertaking such tests, if time is replaced by stress level.

Lorsqu'il convient de prendre en compte plusieurs conditions de fonctionnement, d'environnement ou de maintenance au cours de l'essai, les conditions d'essai sont généralement une répétition périodique d'un cycle d'essai approprié. Il convient que le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité inclue une représentation graphique montrant les instants, durée, intervalles de temps et relations de chacune des conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance préventive introduites dans le cycle d'essai.

Lorsqu'il est nécessaire que l'essai reproduise très fidèlement plusieurs conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance, il convient qu'un cycle d'essai soit conçu spécialement pour l'essai. La procédure permettant de développer ce cycle d'essai avec un degré de simulation important est décrite dans la CEI 60605-2. S'il est nécessaire que les essais soient conformes à des prescriptions particulières, par exemple des installations de surveillance de fonctions spécifiques ou un degré de compression temporelle, la CEI 60605-2 peut également être utilisée pour élaborer un cycle d'essai spécifique.

Si l'essai de fiabilité est réalisé pour un ensemble défini de conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance, choisi pour refléter une des nombreuses conditions pouvant être rencontrées en exploitation, les cycles d'essai types ayant un degré de simulation peu élevé, comme cela est énuméré dans la série CEI 60605-3, peuvent être utilisés afin de simuler les conditions types d'utilisation.

En général, il convient que l'accélération de l'essai par l'augmentation du niveau de contrainte par rapport à l'utilisation en exploitation ne soit pas pratiquée sauf quand des essais de comparaison ou des essais sous contraintes échelonnées sont nécessaires.

L'accélération des conditions d'essai de fonctionnement pour la compression de la durée calendaire peut être envisagée pour les entités dans le cas où les mesures de fiabilité dépendent principalement du nombre de cycles d'essai.

Il convient que les expositions d'environnement de l'essai soient, dans la mesure du possible, fondées sur les conditions préférentielles spécifiées dans la série CEI 60068.

6.2 Conditions avant essai et maintenance corrective

Il convient que les éléments suivants soient spécifiés, lorsque cela est applicable:

- a) les essais, les réglages, les étalonnages et le temps de fonctionnement, par exemple, le déterminisme de fiabilité sous contraintes des entités à l'essai avant de procéder à l'essai de fiabilité (voir 6.1);
- b) les procédures de maintenance corrective devant être appliquées, y compris tout remplacement autorisé d'entités défectueuses non réparables et réparables (voir 6.4.2);
- c) la préexposition destinée à mettre les entités dans une condition spécifiée, par exemple la simulation du stockage et/ou du transport.

6.3 Spécification des conditions de fonctionnement et d'environnement de l'essai

6.3.1 Conditions de fonctionnement

Il convient que les catégories suivantes de conditions de fonctionnement soient précisées dans le plan d'échantillonnage détaillé pour l'essai de fiabilité, dans la mesure où elles sont applicables.

Where several operating, environmental and maintenance conditions should be taken into account during the test, test conditions are generally a periodic repetition of an appropriate test cycle. The detailed reliability test plan should include a diagram showing the occurrences, duration, time intervals and interrelationships of the operating, environmental and preventive maintenance conditions of the test cycle.

Where the test needs to reproduce closely several operating, environmental and maintenance conditions, a test cycle should be designed especially for the test. The procedure for setting up such a test cycle with a high degree of simulation is described in IEC 60605-2. Where the test needs to fulfil special requirements, for example special functions monitoring facilities or a high degree of time compression, IEC 60605-2 can also be used to tailor a special test cycle.

Where the reliability test is made under one well-defined set of operating, environmental and maintenance conditions chosen to reflect one of the various conditions that may be encountered in the field, the standardized test cycles with low degree of simulation as listed in the IEC 60605-3 series can be used to simulate typical conditions of use. In other cases one of the more extreme environmental conditions may be selected.

In general, acceleration of the test by increasing the stress level with respect to field use should not be undertaken except when comparison tests or step-stress tests are needed.

Acceleration of the operating test conditions for calendar time compression may be considered for items, where the reliability measures are dependent mainly on the number of operating cycles.

The environmental test exposures should, whenever possible be based on preferred conditions specified in the IEC 60068 series.

6.2 Pre-test conditions and corrective maintenance

The following should be specified as applicable:

- a) tests, adjustments, calibrations and operating time, for example, reliability stress screening of the test items prior to the reliability test (see 6.1);
- b) corrective maintenance procedures to be applied, including any permitted replacement of failed non-repairable or repairable items (see 6.4.2);
- c) pre-exposure to bring test items in a specified condition, i.e. simulated storage and/or transportation.

6.3 Specification of operating and environmental test conditions

6.3.1 Operating conditions

The following categories of operating conditions should be described in the detailed reliability test plan, as far as they are applicable.

6.3.1.1 Modes de fonctionnement

Des entités complexes peuvent avoir plusieurs modes de fonctionnement bien définis et différents. Le profil de mission pour l'entité au cours de son utilisation en exploitation définit la proportion de temps pour chaque mode, ainsi que le passage d'un mode à un autre. Les passages d'un mode à un autre peuvent être exécutés sous le contrôle direct de l'opérateur ou automatiquement.

Exemples d'entités ayant plusieurs modes de fonctionnement: un poste radio utilisé comme récepteur d'ondes courtes ou comme amplificateur audio, un équipement de mesure utilisé comme voltmètre numérique, un système radar fonctionnant en poursuite manuelle ou automatique.

6.3.1.2 Signaux d'entrée

Il convient de spécifier les caractéristiques exigées pour les signaux d'entrée ainsi que des tolérances acceptables pour tous les paramètres mesurables des signaux pouvant avoir une influence sur le fonctionnement de l'entité à l'essai. Cela est particulièrement important dans le cas où l'interface avec le matériel d'essai est complexe, pour rendre possible la distinction entre les défaillances de l'entité en essai et les défaillances du matériel d'essai lui-même. Les signaux d'entrée constituent une partie prédominante de la spécification relative à l'environnement qu'il convient de spécifier sous la forme, par exemple, de valeurs nominales ou extrêmes, selon ce qui est approprié.

6.3.1.3 Conditions de contrainte

Les contraintes de charge, électriques et mécaniques, forment en général une part considérable des contraintes imposées aux entités à l'essai et il convient par conséquent qu'elles soient spécifiées avec soin. Les charges électriques peuvent être caractérisées par leur impédance d'entrée et par tout comportement transitoire. Les charges d'ordre mécanique peuvent avoir un caractère statique ou dynamique. La puissance effective de sortie de l'entité est un élément des conditions de charge qu'il convient de spécifier et de mettre en oeuvre lors de l'essai. Les conditions de charge peuvent être spécifiques comme des valeurs nominales ou maximales, le cas échéant.

6.3.1.4 Manipulation de l'entité

Des actions de l'opérateur sur les commandes, etc. sont souvent nécessaires pour simuler l'utilisation en exploitation. Par ailleurs, l'excès et le caractère insuffisamment maîtrisé des interventions imposent à l'entité des contraintes pour lesquelles elle n'a pas été prévue. Il convient de définir les consignes et les limitations dans le plan détaillé d'échantillonnage de fiabilité. Si une manipulation brutale est prévue dans le cadre de l'essai, il convient que cela soit clairement spécifié.

6.3.1.5 Alimentation

Il convient de spécifier les caractéristiques exigées pour l'alimentation en puissance extérieure, par exemple tension, fréquence, forme d'onde, transitoires ou harmoniques, ainsi que les tolérances correspondantes. Le cas échéant, il est également recommandé de définir les caractéristiques exigées pour les autres types d'alimentation, tels que l'alimentation en eau, en huile, en réfrigérant ou en air comprimé.

Pour les dispositifs utilisant un système de refroidissement alimenté de l'extérieur, les contraintes effectives sont déterminées en tout ou en partie par les caractéristiques du système de refroidissement. Le cas échéant, il convient que les prescriptions relatives aux paramètres du système de refroidissement, débit, température d'entrée, humidité, propreté, etc. soient précisées dans le plan d'échantillonnage détaillé de fiabilité.

6.3.1.1 Functional modes

Complex items may have several well defined but different functional modes. The operational profile for the items during actual field use defines the percentage of time spent in each mode, and also the pattern of transition from one mode to another. The transitions may be executed by direct operator control or automatically.

Examples of a repairable item with several operational modes include: a radio set operated as a VHF receiver or as an audio amplifier, measuring equipment operated as a digital voltmeter or as a counter, a radar system operated by manual or automatic tracking.

6.3.1.2 Input signals

The requirements on the input signal characteristics should be specified with tolerance limits on all measurable signal parameters that can influence the operation of the item in the test. This is particularly important in the case of a complex test equipment interface, to make it possible to distinguish between failure of the item under test and a failure of the test equipment itself. Input signals are a major part of the environment specification and should be specified as, for example, nominal or extreme values, as relevant.

6.3.1.3 Load conditions

The electrical and mechanical load conditions generally form a considerable part of the stresses imposed upon the test item, and should therefore be carefully specified. Electrical loads may be characterized by their input impedance and any transient behaviour. Mechanical loads may be either static or dynamic in character. The actual power output of the item as part of the load conditions should be specified and used in the testing. Load conditions can be specific as, for example, nominal or maximum values, as relevant.

6.3.1.4 Manipulation or handling of the item

Handling of operator controls, etc. is often necessary in order to simulate field use. Excessive and uncontrolled handling might, on the other hand, impose unintended stresses on the items. Such requirements and the restrictions should be stated in the detailed reliability test plan. If rough handling is intended to be an element of the test, it should be carefully specified.

6.3.1.5 Supporting supplies

Required characteristics, for example, voltage, frequency, waveform, transients or harmonics, of external electrical power supplies should be specified, along with corresponding tolerances. The requirements concerning other supplies, such as water, oil, cooling or pressurized air, should be stated where applicable.

For items using artificial cooling from an external supply, the actual temperature stresses are completely or partially determined by the cooling system characteristics. The requirements on the cooling system parameters, flow rate, inlet temperature, humidity, cleanliness, etc. should be stated in the detailed reliability test plan.

6.3.2 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement en exploitation sont généralement des séquences de plusieurs facteurs d'environnement de niveaux variables. Toutefois, la simulation précise de l'environnement en exploitation est en général économiquement impossible; elle peut en outre, ne pas présenter un grand intérêt du point de vue de l'essai. Dans le cas d'essais en exploitation, il est très important d'enregistrer les conditions d'essai.

Pour les essais en laboratoire, les facteurs d'environnement peuvent être appliqués séparément ou combinés, ou introduits en séquence. Il convient, dans la mesure du possible, que les conditions d'environnement soient basées sur la sévérité préférentielle, spécifiée dans la série CEI 60068. Il est également utile que le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité définisse les conditions d'environnement à appliquer, de préférence en spécifiant la séquence et les transitions entre les essais normalisés et en fournissant les renseignements à inclure dans la spécification particulière, récapitulés dans les essais appropriés de la CEI 60068-2. Il convient en outre de fournir l'ensemble des informations relatives aux essais qui ne sont pas issues directement ou indirectement de celles qui sont données dans la série CEI 60068.

Des recommandations détaillées pour le choix des conditions de fonctionnement et d'environnement lors de l'essai sont données dans la CEI 60605-2.

Dans la plupart des applications, les conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance seront utilisées dans une grande variété de combinaisons, de séquences et de sévérité. Certains groupes d'applications sont toutefois assez similaires et fréquents pour justifier l'utilisation de cycles d'essai normalisés pour les essais de conformité et les essais d'estimation en laboratoire. Ces conditions d'essai normalisées (préférentielles) sont spécifiées en détail dans la série CEI 60605-3 et il convient de les utiliser lorsque cela est approprié. Dans le cas d'un essai sur site, il est particulièrement important de consigner les conditions d'essai.

6.4 Spécification des conditions de maintenance

6.4.1 Maintenance préventive

Une politique de maintenance préventive peut être prévue pour les essais de fiabilité de types d'entités pour lesquelles la spécification prescrit la mise en place d'opérations de maintenance selon un processus régulier au cours du fonctionnement réel. Il est recommandé que, en aucun cas, les actions de maintenance préventive effectuées au cours de l'essai ne diffèrent dans le principe de ce qui est pratiqué en exploitation, et il convient que la maintenance préventive ne dépasse pas, en importance, celle qui est effectuée en exploitation.

Les opérations types de maintenance préventive sont le remplacement, le réglage, l'alignement, la lubrification, le nettoyage, la remise en condition, etc.

Il convient que le programme d'essais définisse au moins les éléments suivants:

- les opérations préventives à effectuer et leurs limites;
- les intervalles de temps entre opérations de maintenance préventive, ou le moment adéquat pour effectuer ces opérations, ou tout autre critère indiquant la nécessité d'une opération de maintenance préventive.

Le programme peut inclure un contrôle de fonctionnement et les remplacements nécessaires d'éléments redondants, dans la mesure où cette procédure est applicable lors de l'utilisation en exploitation.

6.3.2 Environmental conditions

The environmental conditions during field use usually consist of combinations and sequences of many environmental factors of varying severity. The precise control of the use environment during field testing is, however, normally not economically possible, and may not be important from a testing point of view. In the case of field tests, it is especially important to record the test conditions.

For laboratory testing, the environmental factors may be applied singly, in combination or in sequence. The environmental test exposure should, whenever possible be based upon preferred test severity specified in the IEC 60068 series. The detailed reliability test plan should state the environmental test conditions to be used, preferably by specifying the sequence of and transitions between the standardized test conditions and giving the information required in the relevant specification as listed in the appropriate tests of IEC 60068-2. Complete information on tests not included in or deviating from IEC 60068 should also be given.

Detailed guidance for the selection of the operating and environmental test conditions are given in IEC 60605-2.

In most applications, the operating, environmental and maintenance conditions of use will be used in a great variety of combinations, sequences and severity. Some groups of applications are, however, similar and frequent enough to justify the use of standardized test cycles for laboratory compliance and estimation testing. These standardized (preferred) test conditions are specified in detail in the IEC 60605-3 series and should be used whenever relevant. In the case of field test, it is especially important to record the test conditions.

6.4 Specification of maintenance conditions

6.4.1 Preventive maintenance

A preventive maintenance policy may be included in the reliability test carried out on those types of items where the specification requires maintenance action to be implemented as a normal routine during actual use. In any case, the preventive maintenance action during the test should not differ in principle from that applied in actual field use, and the amount of preventive maintenance undertaken during the test should neither exceed nor be less than that specified in actual use.

Typical categories of preventive maintenance action are part replacement, adjustment, alignment, lubrication, cleaning, resetting, etc.

The test programme should, where appropriate, at least define the following:

- the preventive maintenance actions to be taken and their limitations;
- the preventive maintenance intervals, times or other criteria governing the need for preventive maintenance.

The programme may include a functional check and necessary replacement of redundant elements in so far as this is a specified procedure in field use.

Il convient que les intervalles de temps entre opérations de maintenance ou autres critères soient définis dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité et notés avant le début de l'essai. Les intervalles de temps ou les époques peuvent être spécifiés en termes de durée de fonctionnement, de durée calendaire ou de durée d'essai (ou nombre de cycles). Il convient qu'ils soient spécifiés en tenant compte des relations de phases nécessaires avec les autres cycles d'événements ou d'actions de l'essai de fiabilité. Il est recommandé de noter les opérations de maintenance effectuées dans le journal des essais.

6.4.2 Maintenance corrective

Il convient que le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité indique la politique de remplacement devant être utilisée pour les entités réparables, c'est-à-dire le niveau (sous-unité, sous-ensembles, pièces, etc.) auquel les réparations ou les remplacements sont autorisés au cours de l'essai.

Il est recommandé de procéder aux actions décrites ci-dessous si une défaillance est observée sur une entité.

- a) Il convient que la défaillance de l'entité à l'essai soit correctement enregistrée et confirmée, dans la mesure du possible. S'il n'est pas possible de confirmer la cause de cette défaillance, les étapes suivantes peuvent s'avérer n'être que partiellement applicables.
- b) Il convient de déterminer l'emplacement de la défaillance et de lancer l'analyse de la défaillance ainsi que les essais de diagnostic, opérations nécessaires afin d'identifier la cause de la défaillance.
- c) Il convient de procéder à une première estimation pour déterminer la classe de défaillance. Il convient que la classification finale soit reportée jusqu'à ce que le rapport de l'analyse de la défaillance soit disponible.
- d) Il convient de procéder à une estimation afin de prévoir toute nouvelle défaillance éventuelle.
- e) Sur la base des étapes a) à d), il convient de prendre une décision quant à l'étendue des réparations nécessaires, le cas échéant.
- f) Il convient de procéder à la réparation si nécessaire. Il est recommandé de stocker les entités défectueuses non réparables en l'état en vue d'une analyse détaillée ultérieure.
- g) Si le type d'essai le permet, il convient de réintégrer à l'essai sans délai l'entité réparée.

Après les opérations de maintenance et avant l'arrêt de l'essai, il est autorisé de soumettre à l'essai la performance de l'entité sur le moyen d'essai. Le cas échéant, il convient que le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité spécifie, pour tous les sous-ensembles ou composants remplaçables de l'entité réparable soumise à l'essai, la durée de fonctionnement (ou le nombre de cycles) qu'il convient d'utiliser pour vérifier l'efficacité de la réparation.

Il convient que les défaillances et le moment auquel elles sont survenues au cours de cette période soient enregistrés et inscrits dans un rapport mais que cette période ne soit pas considérée comme une durée d'essai à prendre en compte sauf spécification contraire dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité.

Si un diagnostic incorrect est fait et si le remplacement d'un sous-ensemble ou d'un composant n'élimine pas la défaillance, il convient de réinstaller, si possible, l'entité d'origine et de poursuivre la procédure d'identification des pannes.

The preventive maintenance interval times or other criteria should be stated in the detailed reliability test plan and noted before the test is carried out. The intervals or times may be specified in terms of operating time, calendar time or relevant test time (for example number of cycles). They should be specified in a proper phase relationship to other cycled events or activities of the reliability test. The actually performed maintenance should be recorded in the test log.

6.4.2 Corrective maintenance

The detailed reliability test plan should indicate the replacement policy to be used for repairable items, i.e. the level (sub-units, sub-assemblies, parts, etc.) at which repairs or replacements are allowed during the test.

The following actions should be taken when a test item failure is observed.

- a) The test item failure should be adequately recorded and confirmed as far as possible. If it is not possible to confirm the cause of the failure, the following steps may only be partly applicable.
- b) The failure location should be determined and necessary failure analysis and diagnostic tests be started in order to find the failure cause.
- c) A first assessment should be made to determine the class of failure. The final classification should be deferred until the report from the failure analysis of items is available.
- d) An assessment should be made to trace possible secondary failures.
- e) Based on steps a) to d) a decision should be made on the extent of the repair needed, if any.
- f) The repair should be performed, if required. Failed non-repairable items, should be, if possible, stored in their failed condition for subsequent detailed analysis.
- g) If the type of test so permits, the repaired test item should be put back in the test without delay.

Following corrective maintenance and prior to the resumption of the test, it is permissible to test the performance of the test item in the test facility. The detailed reliability test plan should, where relevant, specify, for all replaceable sub-assemblies or components of the repairable item under test, the period of operation (or number of cycles), which should be used to verify the effectiveness of the repair.

Failures and time during this period should be recorded and reported but not considered as relevant test time, unless otherwise specified in the detailed reliability test plan.

If an incorrect diagnosis is made and if the replacement of a sub-assembly or a component does not eliminate the failure, the original item should be reinstalled, if possible, and the fault-finding procedure continued.

7 Collecte des données et classification des défaillances

Selon le type d'essai de fiabilité réalisé, il convient d'observer les défaillances de l'entité à l'essai au cours de l'essai ou le nombre de défaillances significatives constatées à la fin de l'essai. Il convient que la surveillance des performances de l'entité à l'essai, les définitions des défaillances, ainsi que la durée d'essai à prendre en compte soient donc clairement définies dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité. La CEI 60300-3-2 et les paragraphes suivants énoncent des règles et des recommandations à ce propos.

Il convient que les données devant être collectées comprennent les détails d'installation, dans le cas où elles risquent d'affecter la fiabilité de l'entité réparée. Il convient que les rapports décrivent également en détail les conditions de fonctionnement et d'environnement au cours de la période d'essai.

7.1 Contrôle de la performance de l'entité à l'essai

Il convient que les étapes suivantes pour la surveillance de la performance de l'entité à l'essai soient clairement définies dans le plan d'échantillonnage détaillé des essais de fiabilité.

7.1.1 Paramètres de fonctionnement

Il convient que les paramètres d'essai de fonctionnement devant être surveillés au cours de l'essai soient clairement spécifiés. Les limites de ces paramètres sont souvent utilisées comme critères de défaillances (voir 7.2).

Il peut s'avérer nécessaire que tout ou partie des paramètres spécifiés aient à être surveillés. Dans certains cas, il peut être utile de surveiller d'autres paramètres, dans la mesure où les tendances peuvent indiquer des défaillances imminentes.

Si la redondance est employée dans l'entité à soumettre à l'essai, il convient d'envisager la surveillance des paramètres de fonctionnement des sous-ensembles redondants.

7.1.2 Méthode de mesurage

Il convient que la méthode de mesurage et la précision des mesures requises soient spécifiées pour chaque paramètre surveillé. Il est, éventuellement, recommandé de donner la méthode à utiliser pour l'estimation de l'erreur de mesure.

7.1.3 Intervalle de temps entre opérations de contrôle

Il convient de surveiller les paramètres de fonctionnement clefs, dans la mesure du possible, afin d'enregistrer les erreurs intermittentes. Lorsque la surveillance ne peut pas être effectuée de manière permanente, l'intervalle de temps entre les opérations de surveillance et les points du cycle d'essai auxquels il convient d'effectuer ces opérations doivent être spécifiés.

Il convient que l'intervalle de temps entre les opérations de surveillance soit suffisamment court pour ne pas influencer les résultats d'essai, et de préférence ne pas dépasser la période de la durée du cycle d'essai.

7.2 Types de défaillances

Pour chaque paramètre à surveiller, il convient que les limites correspondant à un fonctionnement acceptable soient spécifiées. Il convient de considérer qu'une défaillance s'est produite lorsqu'une quelconque de ces limites, y compris les données de sortie, a été franchie, d'une manière permanente ou intermittente, dans l'environnement spécifié. Il est recommandé d'analyser toute défaillance conformément aux paragraphes suivants.

7 Data collection and failure classification

Depending on the type of reliability testing being performed, either the relevant test item failures should be observed throughout the test or the number of relevant failures observed at the termination of the test. The monitoring of test item performance and the definitions of failures and relevant test time should therefore be clearly stated in the detailed reliability test plan. IEC 60300-3-2 and the following subclauses give rules and guidance on this.

The data to be collected should include installation details, where these might affect the repaired item reliability. The reports should also describe in detail the operating and environmental conditions during the test period.

7.1 Monitoring of test item performance

The following steps for monitoring test item performance should be clearly stated in the detailed reliability test plan.

7.1.1 Functional parameters

The functional test item parameters to be monitored during the test should be specified. Limits for such parameters are often a criterion of failure (see 7.2).

It may be required that all or only some of the specified parameters need to be monitored additionally. In some cases, it may be useful to monitor additional parameters since trends can indicate imminent failures.

Where redundancy is employed within the item to be tested, the monitoring of functional parameters of the redundant sub-assemblies should be considered.

7.1.2 Measuring method

The measuring method and the measuring accuracy required should be specified for each monitored parameter. Procedures for estimating the total measuring error should be given, if relevant.

7.1.3 Monitoring interval

Key functional parameters should, if possible, be continuously monitored in order to record intermittent failures. If monitoring cannot be made continuously, the time interval between monitoring and the points in the test cycle at which monitoring should be done, should be specified.

The time interval between monitoring should be short enough to avoid substantially biasing the test results, preferably not longer than the test cycle time period.

7.2 Failure types

For each parameter to be monitored, the limits for acceptable performance should be specified. A failure should be considered to have occurred when any one of these limits including output data is exceeded permanently or intermittently under the specified environment. All failures should be analysed in accordance with the following subclauses.

Les indications de défaillance provoquées par un mesurage erroné ou les défaillances présentes dans les moyens de mesurage externes ne sont pas considérées comme des défaillances de l'entité à l'essai.

Si plus d'un paramètre est allé au-delà des limites spécifiées, il convient que chacune de ces déviations soit considérée comme une défaillance des entités à l'essai s'il n'a pas été prouvé que ces défaillances sont dues à une seule et même cause (défaillance seconde), auquel cas elles sont combinées et considérées comme une seule défaillance de l'entité à l'essai.

Si deux ou plusieurs causes de défaillance indépendantes sont présentes, il convient que chacune des défaillances résultantes soit considérée individuellement comme une défaillance de l'entité soumise à l'essai.

Il convient que chaque défaillance de l'entité à l'essai soit classée comme étant à prendre en compte ou à ne pas prendre en compte. Il y a lieu de considérer toute défaillance qui ne peut pas être classée d'une manière nette comme appartenant à la catégorie des défaillances à ne pas prendre en compte, conformément à 7.2.1 ou à toute disposition complémentaire figurant dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité, comme défaillances à prendre en compte. Cela comprend toute panne non identifiée, sauf spécification contraire dans le plan d'échantillonnage.

Lors de l'analyse statistique et de la prise de décision, il convient de prendre en compte toutes les défaillances observées au cours ou à la fin de l'essai.

7.2.1 Catégories de défaillances à ne pas prendre en compte

Une défaillance de l'entité à l'essai peut être considérée comme défaillance à ne pas prendre en compte seulement si les circonstances dans lesquelles elle se produit mettent clairement en évidence qu'elle se range dans l'une des catégories définies de 7.2.1.1 à 7.2.1.3 ci-dessous. Il convient que la preuve du classement soit justifiée et figure dans le rapport de l'essai.

Le plan d'échantillonnage détaillé des essais de fiabilité peut définir des catégories supplémentaires de défaillances à ne pas prendre en compte, valables pour un cas particulier.

7.2.1.1 Défaillances secondaires

Les défaillances secondaires sont considérées comme défaillances à ne pas prendre en compte. La défaillance primaire correspondante est classée comme défaillance à prendre en compte ou à ne pas prendre en compte en fonction de la spécification d'essai. Il est à noter qu'une défaillance secondaire peut se produire un certain temps après la défaillance primaire. Il convient que la durée de ce délai soit acceptée par le client et l'organisme responsable de l'essai.

7.2.1.2 Défaillances dues à un mauvais emploi

Les défaillances dues à un mauvais emploi qui se produisent au cours de l'essai peuvent être dues à des conditions d'essai involontaires, par exemple à des niveaux de contrainte supérieures à ceux spécifiés pour l'entité à l'essai, à une manipulation brutale par le personnel d'essai ou de maintenance, etc. Les défaillances dues à un mauvais emploi sont considérées comme des défaillances à ne pas prendre en compte sauf accord contraire entre les parties.

NOTE Si l'entité est supposée résister aux erreurs de fonctionnement et de manipulation, il convient que cela soit spécifié par les parties.

Failure indications caused by erroneous measurement or failures in external measuring equipment are not considered test item failures.

If more than one parameter has deviated beyond its specified limits, each of these deviations should be considered as one failure of the tested items if it has not been proved that they are due to the same failure cause (secondary failure), in which case they are combined and considered as one test item failure.

If two or more independent failure causes are present, each of the resultant failures should be considered together as one test item failure.

Each test item failure should be classified as a relevant or a non-relevant failure. All test item failures that cannot be clearly classified as non-relevant failures according to 7.2.1 or to any additional rule given in the detailed reliability test plan should be considered as relevant test item failures. This includes no fault found unless specified in the test plan.

All relevant test item failures observed during or at the termination of the test should be taken into account in the statistical analysis and in decision-making.

7.2.1 Classes of non-relevant failures

A test item failure may be regarded as a non-relevant failure only if the circumstances at the occurrence provide clear evidence for the failure to be classified according to one of the classes defined in 7.2.1.1 to 7.2.1.3 below. The evidence should be documented and included in the test report.

Additional classes of non-relevant failure applicable in a particular case may be defined in the detailed reliability test plan.

7.2.1.1 Secondary failures

Secondary failures are considered non-relevant. The corresponding primary failure is classified relevant or non-relevant according to the test specification. Note that a secondary failure may occur after a time delay following the occurrence of the primary failure. The duration of the time delay should be approved by the customer and the test agency.

7.2.1.2 Misuse failures

Misuse failures during testing may be due to unintentional test conditions, for example severity exceeding those specified for the item under test, rough handling by test or repair personnel, etc. Misuse failures are considered to be non-relevant unless agreed upon by the parties.

NOTE If equipment is required to be robust against operation and handling errors, this should be considered by the parties.

7.2.1.3 Défaillances éliminées par une correction de la conception

Un type de défaillances observé dans les premiers temps de l'essai peut conduire à une modification de la conception ou à une autre mesure appliquée à toutes les entités de la population. Dans la mesure où l'on peut faire la preuve qu'une telle action corrective est efficace, les défaillances de ce type peuvent être reclassées comme défaillances à ne pas prendre en compte pour l'essai déjà effectué, si cela est accepté.

NOTE Il convient de spécifier les critères permettant de déterminer qu'une défaillance est non pertinente.

7.2.2 Catégories particulières de défaillance

Le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité peut définir d'autres catégories particulières de défaillances de l'entité à l'essai, fondées notamment sur les conséquences sur la performance de l'entité à l'essai, sur l'emplacement de la défaillance par rapport aux unités redondantes et aux unités non essentielles de l'entité, ou sur les coûts et délais de réparation. Les types de défaillances définis dans la CEI 60050(191) peuvent être utiles dans ce cadre.

7.2.2.1 Défaillances entraînant une décision de rejet immédiat

Dans certains cas particuliers d'essais de conformité à la fiabilité, il peut être opportun de définir les défaillances des entités à l'essai dont l'apparition, quel que soit le nombre, entraîne une décision de rejet immédiat qui prime les critères normaux d'acceptation et de rejet. Dans ce cas, il convient que la définition de telles défaillances soit incluse dans le plan d'échantillonnage détaillé de l'essai de fiabilité.

Par exemple, il convient que les défaillances de l'entité susceptibles d'entraîner des conditions incertaines ou dangereuses pour les personnes qui utilisent ou maintiennent les entités ou qui en dépendent, ou les défaillances susceptibles de causer un dommage important à l'entité soient classées dans cette catégorie.

7.2.2.2 Défaillances répétitives

Des défaillances répétitives peuvent révéler une lacune dans la conception de l'entité ou signaler l'emploi de composants de qualité insuffisante. Les défaillances répétitives donnent des indications précieuses sur l'usure ou les autres dégradations possibles qui se traduisent par un taux de défaillance croissant.

Lorsque se produisent des défaillances répétitives, il est nécessaire de procéder à des investigations particulières dans le but d'en découvrir la cause. Il convient également de réexaminer les hypothèses relatives à la distribution des durées jusqu'à défaillance (voir 8.4).

7.2.2.3 Défaillances des entités redondantes

Dans le cas d'une entité redondante, les défauts entraînant une défaillance du système peuvent, après accord entre le client et le fabricant, être classés séparément de celles qui n'entraînent qu'un niveau réduit de redondance. Il convient que le type de défaillance et ses conséquences pour l'entité soient pris en compte dans le programme d'échantillonnage. Il est utile que ce programme spécifie dans quelle mesure les défaillances des entités et des sous-ensembles (niveau réduit de redondance) sont classées comme des défaillances à prendre en compte.

NOTE Le même type de défaillance peut entraîner une défaillance du système ou un niveau réduit de redondance, en fonction de l'état de l'entité.

7.2.1.3 Failure eliminated by design correction

A type of failure observed early in the test may result in a design change or other remedy, implemented after the test on all items in the population. If such a corrective action is proven to be effective, the failures of this type may, upon agreement, be reclassified as non-relevant for the test already performed.

NOTE The criteria for classifying a failure as non-relevant should be specified.

7.2.2 Special classes of failure

The detailed reliability test plan may define additional special classes of test item failures, based for example on the effect upon the performance of the tested item, on the location of the failure with respect to redundant units or non-essential units in the item, or on repair costs and time. The types of failures defined in IEC 60050(191) may be useful for this purpose.

7.2.2.1 Failures demanding immediate reject decision

In particular cases for reliability compliance tests, it may be appropriate to define those test item failures the occurrence of which, regardless of number, should result in an immediate reject decision that overrides the normal accept/reject criteria. In this situation, the definition of such failures should be included in the detailed reliability test plan.

For example, test item failures which are likely to result in hazardous or unsafe conditions for persons using, maintaining or relying on the tested item, or failures which are likely to cause extensive material damage should be included in this category.

7.2.2.2 Recurrent failures

Recurring failures may imply a weakness in the design of the item or indicate the use of items of inferior quality. Recurring failures are an important indication of possible wear-out or other degradation that results in an increasing failure rate.

When failures recur, special investigations should be initiated in order to establish the cause, and assumptions regarding the distribution of times to failure should be re-examined (see 8.4).

7.2.2.3 Failures in redundant items

In a redundant item the faults causing system failure may, upon agreement between customer and manufacturer, be classified separately from those causing only a reduced level of redundancy. The type of failure and its consequences for the item should be considered in the test plan. The test specification should state to what extent item failures and sub-assembly failures (reduced level of redundancy) are classified as relevant failures.

NOTE The same type of failure may cause system failure or reduced redundancy depending on the condition of the item.

7.3 Analyse des défaillances

Il convient que chaque défaillance soit analysée afin de pouvoir au moins déterminer dans quelle mesure cette défaillance peut être classée comme défaillance à prendre en compte ou comme défaillance à ne pas prendre en compte.

Il est recommandé que l'analyse des défaillances permette, dans la mesure du possible, d'identifier l'origine de la défaillance primaire ainsi que les autres facteurs impliqués.

L'objectif de cette analyse plus détaillée est de former une base pour les actions correctives, par exemple les modifications de la conception ou des procédés de fabrication.

Afin de faciliter l'analyse des défaillances, il convient que toutes les informations pertinentes relatives à chaque défaillance soient enregistrées dans les résultats ou le fichier d'essais, et que toutes les pièces ou les modules échangés soient conservés pour subir un contrôle mécanique.

Il convient que l'analyse des défaillances confirme que les modes de défaillance observés lors de l'essai sont à prendre en compte dans le cadre de l'utilisation prévue et attendue en exploitation de l'entité à l'essai. Cela est particulièrement important lors des essais de comparaison et des essais accélérés; par exemple, les essais sous contraintes échelonnées.

Les modes de défaillances qui ne sont pas pertinents pour l'utilisation prévue et attendue en exploitation des entités en essai peuvent, après accord, être reclassés comme défaillances à ne pas prendre en compte pour l'essai concerné. Si aucune panne n'est identifiée au cours de l'analyse des défaillances, il convient que l'événement soit compté comme une défaillance à prendre en compte, sauf accord contraire entre les parties. Les défaillances de logiciels dans une entité combinant logiciel/matériel peuvent nécessiter des techniques d'analyse de défaillance particulières.

7.4 Durée d'essai à prendre en compte

La durée d'essai à prendre en compte est la durée utilisée conjointement avec le nombre de défaillances à prendre en compte de l'entité à l'essai pour montrer la conformité aux prescriptions de fiabilité ou pour calculer la valeur d'une caractéristique de fiabilité.

La durée d'essai à prendre en compte à enregistrer au cours de l'essai peut être la durée à prendre en compte pour chaque entité prise individuellement ou la durée accumulée par toutes les entités à l'essai comme cela est spécifié dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité. Il convient que toute durée de déverminage, de maintenance et d'indisponibilité des entités à l'essai soit exclue. Lorsque la surveillance se fait par intervalles, il convient que toute défaillance soit considérée comme s'étant produite au milieu de l'intervalle de temps concerné.

Le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité peut prescrire un minimum et/ou un maximum pour la durée d'essai à prendre en compte pour chaque entité soumise à l'essai.

Dans le cas d'entités constituées de deux ou de plusieurs sous-ensembles distincts, il convient que la durée d'essai à prendre en compte enregistrée pour l'entité tienne compte de la durée d'essai pertinente pour chacun des sous-ensembles.

Il convient que la durée d'essai à prendre en compte soit spécifiée dans le plan d'échantillonnage des essais de fiabilité. Si l'essai est basé sur la durée de fonctionnement de l'entité à l'essai, il est recommandé d'installer un indicateur de temps écoulé ou un compteur de cycles sur chaque entité réparable lors de l'essai. Il convient que les lectures de l'horloge soient enregistrées à chaque observation d'une défaillance et d'une action de maintenance. Si cela n'est pas possible, une autre base temporelle, telle que la durée d'utilisation du véhicule (par exemple, durée de vol pour un équipement embarqué) peut être utilisée avec ou sans application d'un facteur de correction approprié.

7.3 Failure analysis

Each failure should be analysed at least to the extent that the failure can be classified clearly as relevant or non-relevant.

The failure analysis should, as far as possible, identify the primary failure cause and also the other likely contributing factors.

The purpose of this more thorough failure analysis is to form a basis for corrective action, for example, design changes and changes in production processes.

In order to facilitate failure analysis, all relevant information about each failure should be recorded in the test results or file, and all exchanged parts or modules retained for physical examination.

The failure analysis should confirm that the failure modes observed in the test are relevant for the intended and expected use of the tested item in the field. This is especially important in comparison tests and accelerated tests; for example step-stress tests.

Failure modes that are not relevant for the intended and expected use of the tested items in the field may, upon agreement, be reclassified as non-relevant for the test concerned. Where no fault had been found during the failure analysis, this event should be counted as a relevant failure, unless agreed otherwise between the parties. Software failures in a combined software/hardware item may require special failure analysis techniques.

7.4 Relevant test time

The relevant test time is the time used in connection with the number of relevant test item failures to show compliance with reliability requirements or to calculate the value of the reliability performance characteristic.

The relevant test time to be recorded during the testing may be the individual relevant time for each test item or the relevant time accumulated by all test items as specified by the detailed reliability test plan. Any reliability stress screening, maintenance time and down time of the test items should be excluded. When monitoring at intervals, any failure should be considered to have occurred at the middle of the time interval concerned.

The detailed reliability test plan may prescribe a minimum and/or a maximum relevant test time on each individual test item.

For test items consisting of two or more separate sub-items, the relevant test time recorded for the test item should take into account the relevant test time on any of its sub-assemblies.

The relevant test time should be defined in the detailed reliability test plan. If the test is based on test item operating time, an elapsed time indicator or cycle counter installed in every repairable item on test is recommended. Clock readings should be recorded at each failure observation and maintenance action. Where this is impractical, another time basis, such as vehicle usage time (for example flight time for airborne equipment) may be used with or without the application of an appropriate corrective factor.

8 Analyse des données d'essais

Le traitement statistique des données d'essai dépend du type de censure employé au cours de l'essai. Il convient qu'il soit spécifié dans le plan d'échantillonnage et que les activités correspondantes soient documentées dans le mode opératoire d'essai (voir 4.4).

8.1 Entités non réparées

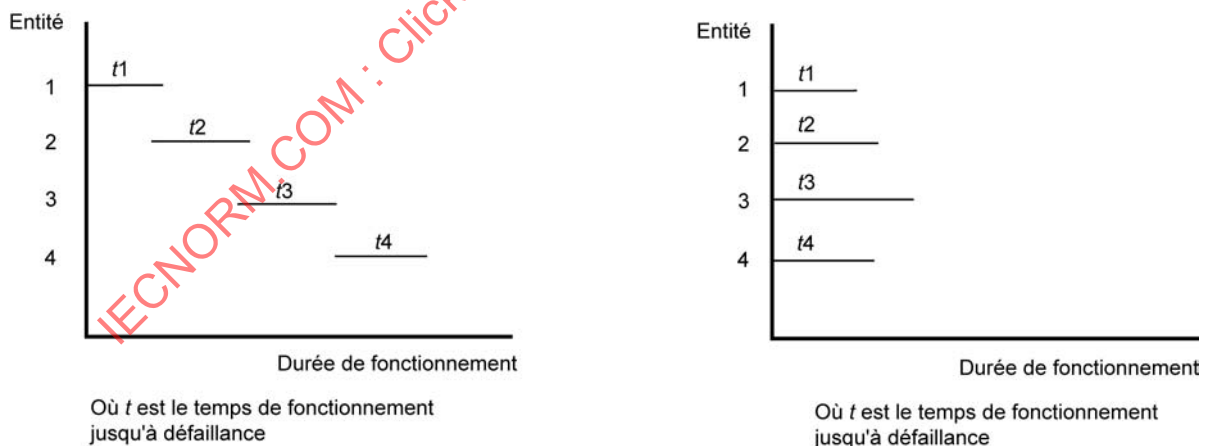
Les entités non réparées peuvent être retirées de l'essai si elles sont défectueuses, ou être remplacées dans la mesure autorisée par le plan d'échantillonnage. Il convient d'enregistrer, dans le protocole d'essai ou dans le fichier d'essai, le moment où chaque entité connaît une défaillance. Cependant, il importe que tout remplacement partiel d'un sous-ensemble de l'entité soit considéré comme une réparation de l'entité correspondante.

8.2 Entités réparées

Les entités réparées sont réparées lorsqu'elles sont défectueuses et peuvent alors poursuivre l'essai. Si le nombre de réparations autorisées est prédéterminé, il convient de le spécifier dans le plan d'échantillonnage. Il convient que le moment où se produit la défaillance sur chacune des entités réparées soit enregistré dans les résultats d'essai ou dans le fichier d'essai, ainsi que les informations relatives aux réparations effectuées et aux composants ou modules qui ont été échangés. Il convient de conserver les composants ou les modules défectueux en vue d'une analyse de défaillance.

8.3 Structures des données de défaillance (censure)

La définition du temps avant défaillance est la même, que les entités aient démarré successivement (voir Figure 4a) ou simultanément (voir Figure 4b), ou une combinaison des deux configurations. Si la durée avant défaillance de toutes les entités à l'essai a pu être observée, les données sont dites complètes. Si on dispose seulement d'un calendrier (par exemple entités sur site), on peut définir un facteur d'utilisation pour donner la durée de fonctionnement.



IEC 202/01

Figure 4 – Exemples de temps avant défaillance

Si aucune défaillance ne survient sur les entités après la période d'essai, les observations sont dites censurées. Si un essai est terminé à un moment spécifié, T , avant défaillance de l'ensemble des entités, alors les données sont censurées par le temps comme l'illustre la Figure 5a). Si un essai est terminé après un nombre spécifié de défaillances, les données sont censurées par une défaillance comme cela est illustré à la Figure 5b).

8 Test data analysis

The statistical treatment of the test data depends on the type of censoring employed during the test. It should therefore be stated in the test plan, and the activities documented in the test procedure (see 4.4).

8.1 Non-repaired items

Non-repaired items can be removed from the test as they fail or be replaced if allowed by the test plan. The time when each item fails should be recorded in the test protocol or test file. However, any partial replacement of a sub-assembly of the item should be considered as a repair of the corresponding item.

8.2 Repaired items

Repaired items are repaired as they fail and are allowed to continue in the test. If the number of allowed repairs is predetermined, this should be stated in the test plan. The time when each repaired item fails should be recorded in the test results or test file, together with information on repairs performed and information on components or modules that were exchanged. The failed components or modules should be retained for failure analysis.

8.3 Failure data structures (censoring)

The definition of time to failure is the same regardless of whether items are started successively (see Figure 4a) or at the same time (see Figure 4b), or some mixture of these two cases. When the times to failure of all items on test are observed, the data is said to be complete. If only calendar time (for example items in the field) is known then a duty factor can be given to give operational time.

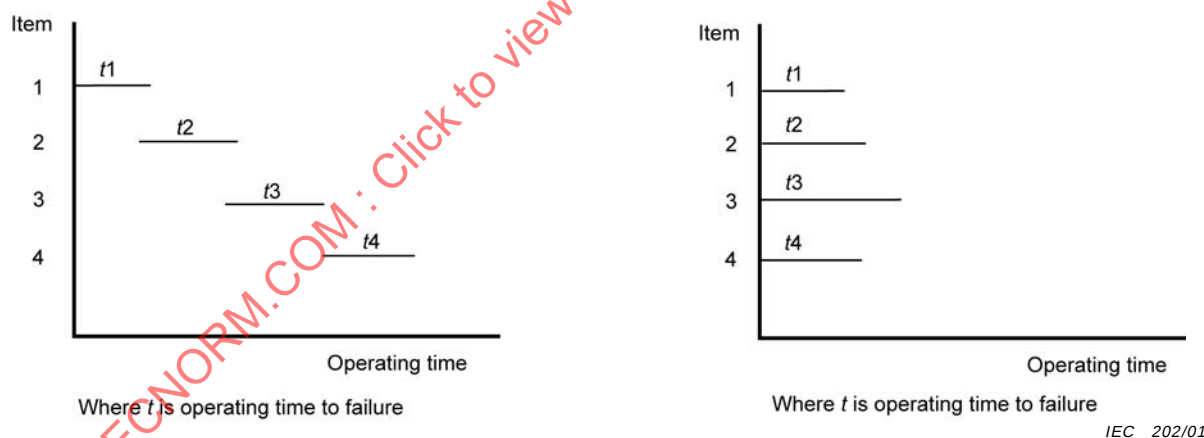


Figure 4 – Examples of time to failure

If items remain unfailed after the duration of the test, then the observations are said to be censored. If a test is terminated at a specified time, T , before all items have failed, then the data are time censored as shown in Figure 5a). If a test is terminated after a specified number of failures have occurred, then the data are failure censored as shown in Figure 5b).

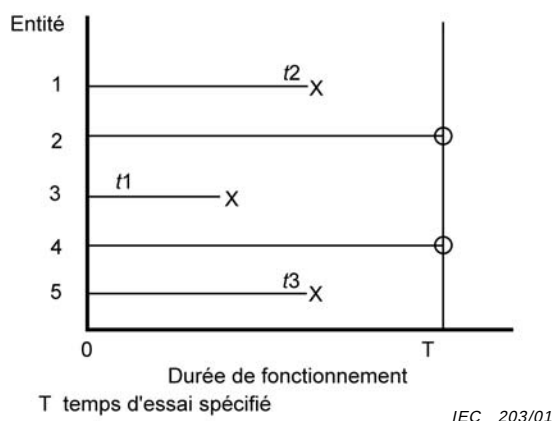


Figure 5a – Exemple de données censurées par le temps

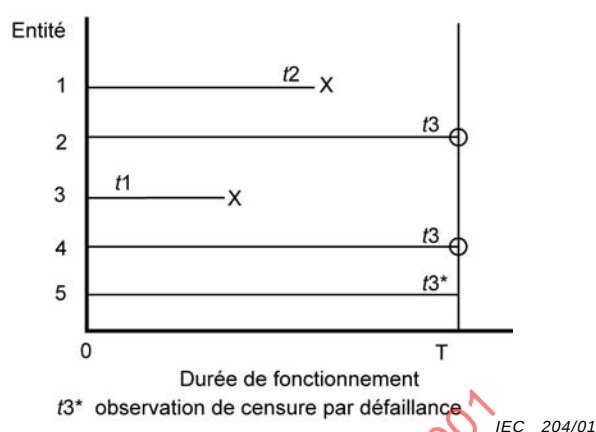


Figure 5b – Exemple de censure par défaillance

Les données censurées par le temps et par une défaillance sont dites censurées simplement. Les données censurées multiples sont obtenues lorsque les entités sont mises en service ou retirées de l'essai à des moments différents. Elles sont mises en service indéfiniment et l'analyse est réalisée de temps à autre aussi longtemps que certaines continuent à fonctionner sans défaillance. Les entités nécessitant une assistance technique en sont un exemple (voir Figure 6).

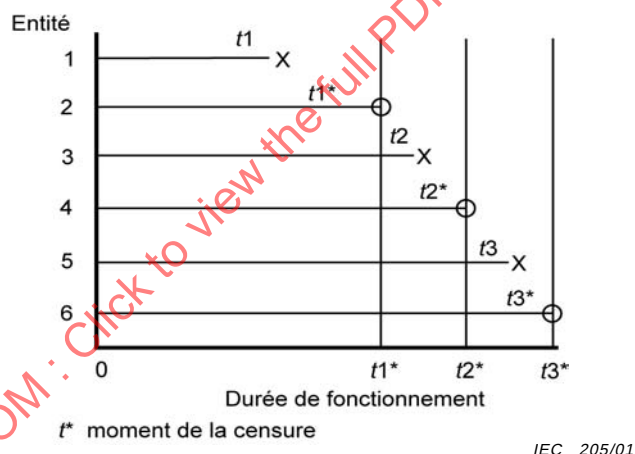


Figure 6 – Exemple de censure multiple

Les entités retirées de l'essai pour d'autres raisons qu'une défaillance sont appelées entités retirées de l'essai.

En cas de défaillance, une entité révisée pour recouvrer l'ensemble de ses fonctions par toute méthode autre que le remplacement de l'entité entière, est appelée entité réparée. Etant donné qu'une entité réparée peut subir plus d'une défaillance, il est important de relever les temps de bon fonctionnement de l'entité. La Figure 7 illustre un exemple des temps de bon fonctionnement et des temps de réparation pour une entité réparée.

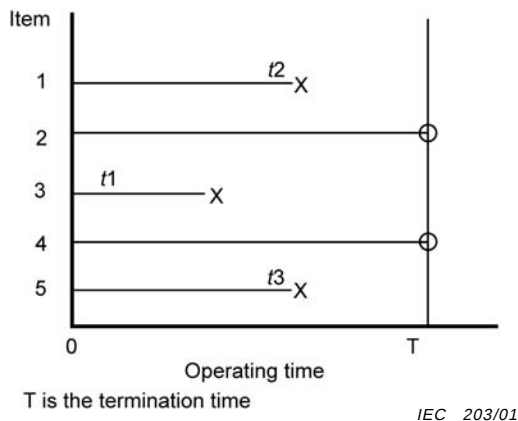


Figure 5a – Example of time censoring

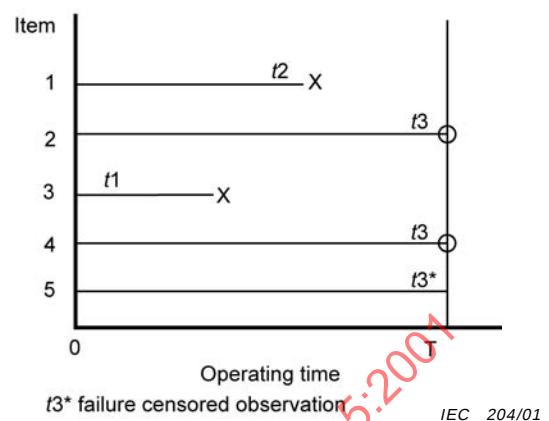


Figure 5b – Example of failure censoring

Failure and time censored data are both said to be singly censored. Multiple censored data occurs when items are put into service or removed from the test at different instances. They are run indefinitely and analysis is performed from time to time while some items remain unfailed and continue in service. An example of this would be items that have entered field service (see Figure 6).

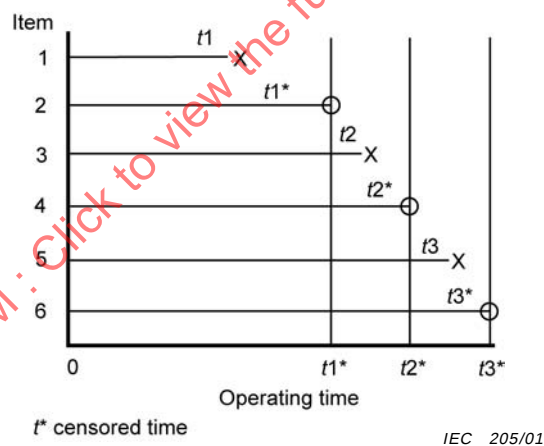


Figure 6 – Example of multiple censoring

Items that are withdrawn from the test for other reasons than failure are called suspended items.

Upon failure, an item that is restored to performing all of its required functions by any method except replacement of the entire item is called repaired. Since a repaired item can fail more than once, the times between failures of the item are of interest. Figure 7 shows an example of times between failures and repair times for a repaired item.

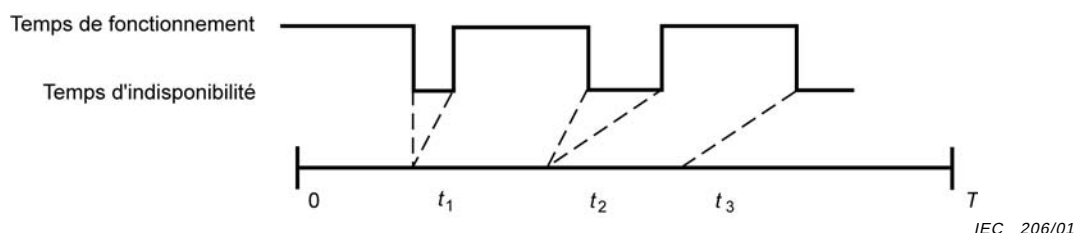


Figure 7 – Exemple des temps de fonctionnement entre les défaillances pour une seule entité réparée

Lorsque les entités sont classées défailtantes ou non défailtantes à la fin de l'essai, la proportion de succès, donnée par le nombre d'entités en fonctionnement pendant l'essai divisé par le nombre total d'entités à l'essai, peut être enregistré.

Il convient d'identifier le type de données avant de choisir la méthode d'analyse. Cela signifie que l'ingénieur doit déterminer le type d'entité devant être soumise à l'essai, c'est-à-dire réparée ou non réparée, le type d'essai auquel l'entité sera soumise et si l'essai sera tronqué ou censuré.

8.4 Modèles de défaillance

8.4.1 Nature statistique

La plupart des quantités qui sont observées dans le cadre d'une estimation de la sûreté de fonctionnement, sont des variables aléatoires. Cela signifie que chaque défaillance ne sera pas prévue mais que la probabilité de ses occurrences, pendant un intervalle donné, peut être estimée. La valeur réelle de cette probabilité peut ne jamais être connue, mais elle peut être estimée sur la base des observations faites.

Des exemples types de ces variables aléatoires sont: temps avant la défaillance, temps de bon fonctionnement, nombre de défaillances dans un intervalle de temps, nombre de défaillances par nombre d'essai/d'entités.

Afin de faire une utilisation efficace des observations, les données sont généralement décrites par un modèle pouvant représenter la réalité de façon idéale. Quelques modèles simples sont mentionnés dans les paragraphes suivants.

8.4.2 Taux de défaillance

En théorie, le taux de défaillance se rapporte à tout type d'entité réparée ou non réparée. En pratique cependant, le taux de défaillance est essentiellement utilisé pour les entités non réparées, comme les composants et les pièces. Le taux de défaillance est associé à une répartition de la durée avant défaillance.

Le taux de défaillance peut être défini comme le nombre de défaillances par unité de temps rapporté au nombre d'entités à l'essai. Le taux de défaillance ne peut pas être déterminé sur une seule entité, mais sur toute une population.

NOTE Dans les précédentes CEI 60605-1, CEI 60605-4, et CEI 60605-6, l'expression «taux de défaillance» couvrait aussi le concept «d'intensité de défaillance». Il est néanmoins important de faire la distinction entre ces deux concepts, particulièrement lorsque le taux de défaillance/intensité de défaillance n'est pas constant (voir les exemples cités en B.8 de l'annexe B).

Si les durées de fonctionnement avant défaillance sont réparties de façon exponentielle, alors le taux de défaillance est constant. Si une tendance est supposée ou vérifiée quant au taux de défaillance (augmentation ou diminution), les durées avant défaillance peuvent être réparties selon la méthode de Weibull et les méthodes stipulées dans la CEI 61649 peuvent s'appliquer.

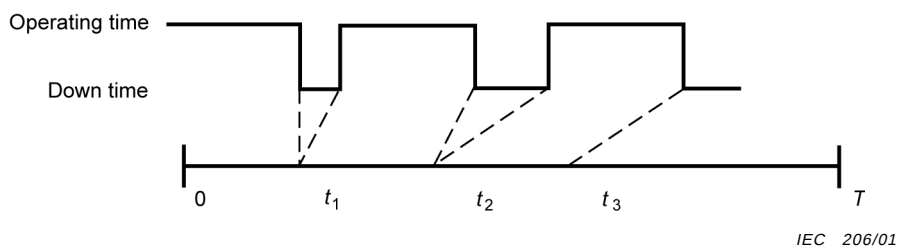


Figure 7 – Example of operating times between failures for a single repaired item

When items are classified as failed or non-failed at the end of the test then the success ratio, given by the number of functioning items under test divided by the total number of tested items, can be recorded.

The type of data should be identified before choosing the analysis method. This means that the engineer should ascertain what type of item is to be tested, i.e. repaired or non-repaired, which type of test it will undergo and whether the test will be time or failure terminated.

8.4 Failure models

8.4.1 Statistical nature

Most of the quantities, which are observed in connection with dependability evaluation, are random variables. This means that each failure will be unforeseen but the probability of its occurrence, during a given interval, may be estimated. The true value of this probability may never be known, but it may be estimated on the basis of observations.

Typical examples of such random variables are: time to failure, time between failures, number of failures in a time interval, number of failures among a number of trials/items.

In order to use the observations efficiently, the data is usually described by a model that can represent reality in an idealized way. Some simple models are mentioned in the following subclauses.

8.4.2 Failure rate

In principle, failure rate relates to any kind of item, repaired or non-repaired per unit of time for a stated number of items at risk. In practice, however, failure rate is primarily used for non-repaired items, such as components and parts. Failure rate is associated with a distribution of time to failure.

Failure rate can be estimated as the number of failures per unit of time per number at risk. Failure rate cannot be estimated on a single item, only on a population.

NOTE In the previous edition of IEC 60605-1, in IEC 60605-4 edition 1 and in IEC 60605-6 edition 1, "failure rate" also covered the concept "failure intensity". It is, however, important to distinguish between the two concepts, especially when the failure rate/failure intensity is not constant (see examples in B.8).

If the times to failure are exponentially distributed then the failure rate is constant. If a trend in the failure rate (increasing or decreasing) is assumed or verified the times to failure may be Weibull distributed and the methods of IEC 61649 are applicable.

8.4.3 Intensité de défaillance

L'intensité de défaillance ne concerne que les entités réparées, par exemple un système. Cela signifie qu'il est possible d'évaluer l'intensité de défaillance d'une entité simple réparée sur la base des temps de bon fonctionnement successifs. L'intensité correspond au nombre de défaillances par unité de temps (par exemple un an) (voir exemple de l'annexe B).

Dans ce cas, les défaillances de chaque entité se produisent en séquence. Ce processus est alors désigné par le terme de processus ponctuel stochastique. Il est important de conserver le suivi de la séquence des temps de bon fonctionnement.

Si les temps de bon fonctionnement sont répartis de façon exponentielle, alors l'intensité de défaillance est constante. Dans ce cas, le nombre de défaillances par unité de temps peut être modélisé par un processus homogène de Poisson (HPP).

Dans les nombreux cas où une tendance de l'intensité de défaillance est notée, la loi en puissance peut être appliquée. Cela conduit à un modèle à partir duquel la tendance peut être estimée.

NOTE Si une tendance existe (intensité de défaillance croissante ou décroissante) le processus non homogène de Poisson (NHPP) peut être appliqué.

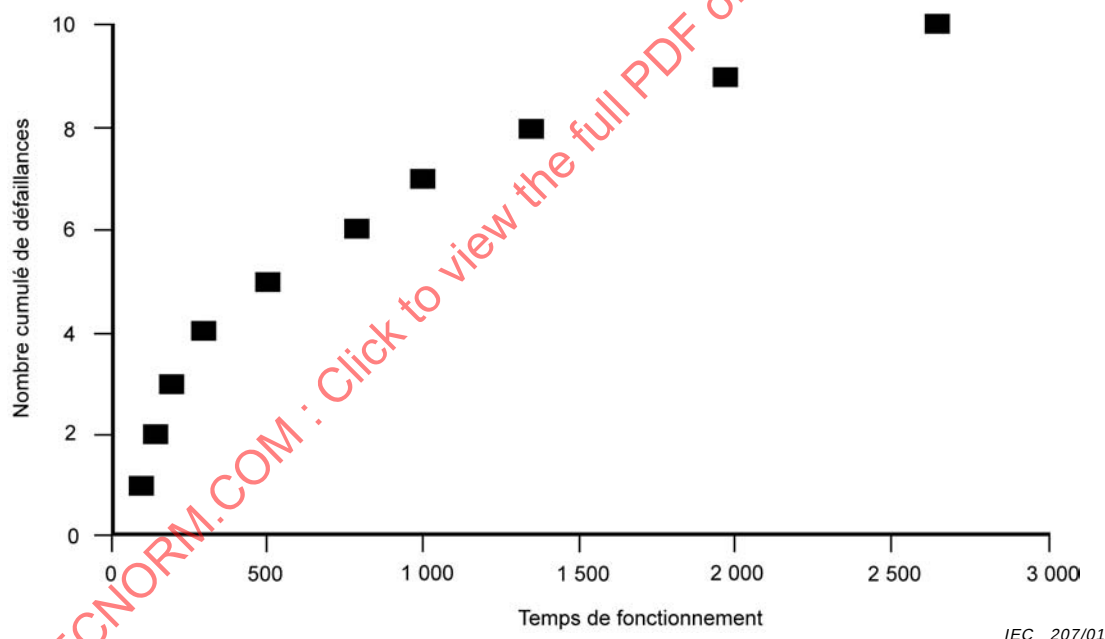


Figure 8 – Exemple de tendance croissante des temps de bon fonctionnement d'une seule entité réparée (intensité de défaillance)

La Figure 8 illustre le nombre cumulé de défaillances en fonction du temps de fonctionnement d'une entité réparée. Les temps de bon fonctionnement successifs augmentent avec le temps de fonctionnement, c'est-à-dire que l'intensité de défaillance diminue avec le temps de fonctionnement. La pente depuis l'origine jusqu'à n'importe quel point du graphique est l'intensité de défaillance moyenne estimée, tandis que la pente d'une tangente à la courbe en ce point correspond à l'intensité de défaillance instantanée estimée.

8.4.3 Failure intensity

Failure intensity refers solely to repaired items, for example, a system. This means that the failure intensity of a single repaired item can be estimated using successive times between failures. It is estimated by the number of failures per unit of time (for example one year) (see example in annex B).

In this case, the failures of each item occur in a sequence and this is known as a stochastic point process. It is important to keep track of the sequence of times between failures.

If the times between failures are exponentially distributed, then the failure intensity is constant. The times between failures may therefore be modelled by an exponential distribution. In this case, the number of failures per unit time can be modelled by a homogenous Poisson process (HPP).

In many cases where a trend in the failure intensity exists, the power law may apply. This leads to a model from which the trend can be estimated.

NOTE If a trend exists (increasing or decreasing failure intensity) the so-called non-homogeneous Poisson process (NHPP) may apply.

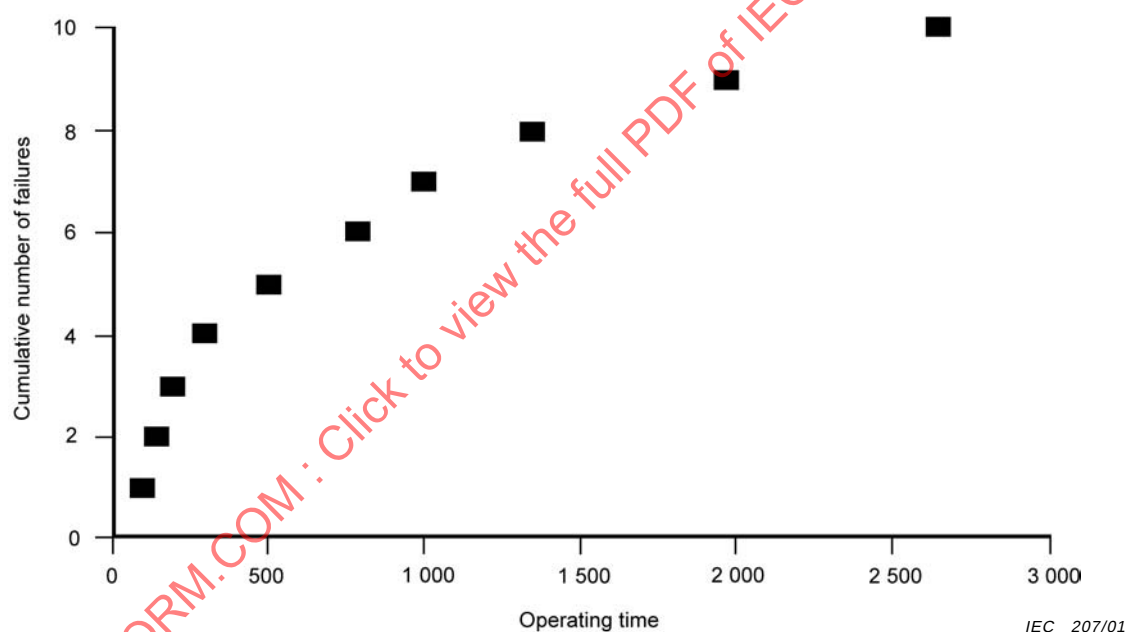


Figure 8 – Example of increasing trend in times between failure of a single repaired item (failure intensity)

Figure 8 shows the cumulative number of failures versus the operating time for a repaired item. The times between successive failures increase with the operating time, i.e. the failure intensity decreases with operating time. The slope from the origin to any point in the graph is the estimated mean failure intensity, while the slope of a tangent to the curve at the point is the estimated instantaneous failure intensity.

De même, la Figure 9 illustre aussi le nombre cumulé des défaillances en fonction du temps de fonctionnement d'une entité réparée. Cependant, dans ce cas, les temps de bon fonctionnement ne connaissent aucune évolution, c'est-à-dire que l'intensité de défaillance est constante et qu'aucune tendance n'est donc constatée.

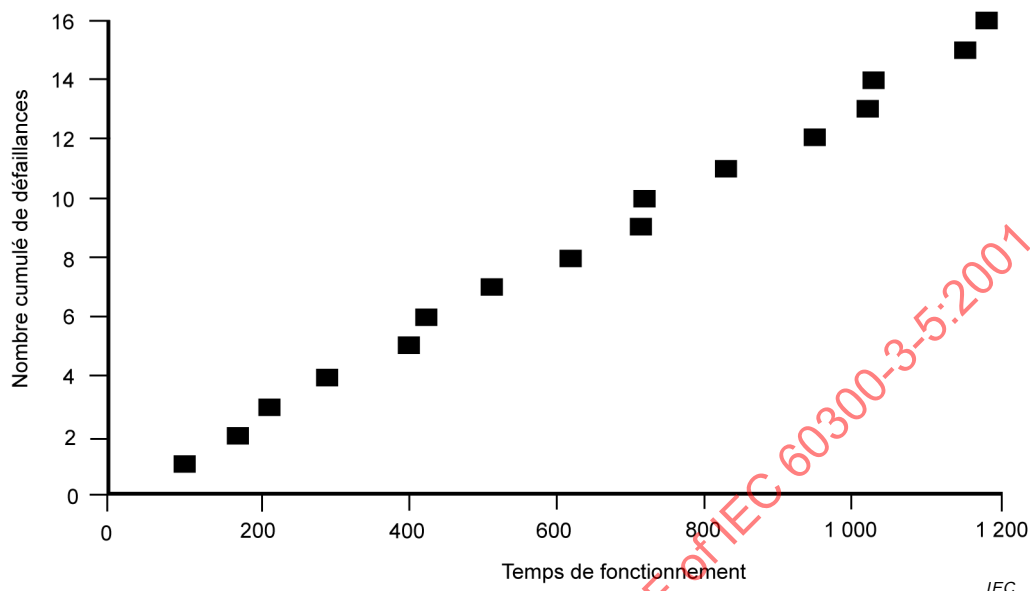


Figure 9 – Exemple: nombre cumulé de défaillances en fonction du temps de fonctionnement d'une seule entité réparée, avec une intensité de défaillance constante

8.4.4 Remarques de conclusion

Les données relatives aux temps de bon fonctionnement d'une entité non réparée sont modélisées par une répartition. Les données relatives à la durée avant défaillance d'une entité réparée sont également modélisées par répartition. Cependant, les données relatives aux temps de bon fonctionnement d'une entité réparée sont modélisées à l'aide d'un processus ponctuel. Le tableau 4 ci-après résume les articles précédents.

Tableau 4 – Synthèse des modèles appropriés pour l'analyse des données de défaillance

Entité	Mesure	Taux/ Intensité	Données	Modèle	Commentaire
Non réparée	Taux de défaillance	Constant	Temps (de fonctionnement) avant défaillance; nombre de défaillances	Temps avant défaillance avec répartition exponentielle	
		Non constant	Temps (de fonctionnement) avant défaillance; nombre de défaillances	Temps avant défaillance avec répartition de Weibull	
Réparée	Intensité de défaillance	Constante	Temps (de fonctionnement) entre deux défaillances; nombre de défaillances	Processus ponctuel; les temps entre défaillances peuvent suivre une répartition exponentielle	Un certain nombre de défaillances peuvent suivre un processus homogène de Poisson
		Non constante	Temps (de fonctionnement) entre défaillances consécutives; nombre de défaillances	Processus ponctuel; les temps entre défaillances peuvent suivre la loi en puissance	Un certain nombre de défaillances peuvent suivre un processus non homogène de Poisson

Similarly, Figure 9 also shows the cumulative number of failures versus the operating time for a repaired item. However, in this case, the times between successive failures do not have any trend, i.e. the failure intensity is constant, and therefore no trend is present.

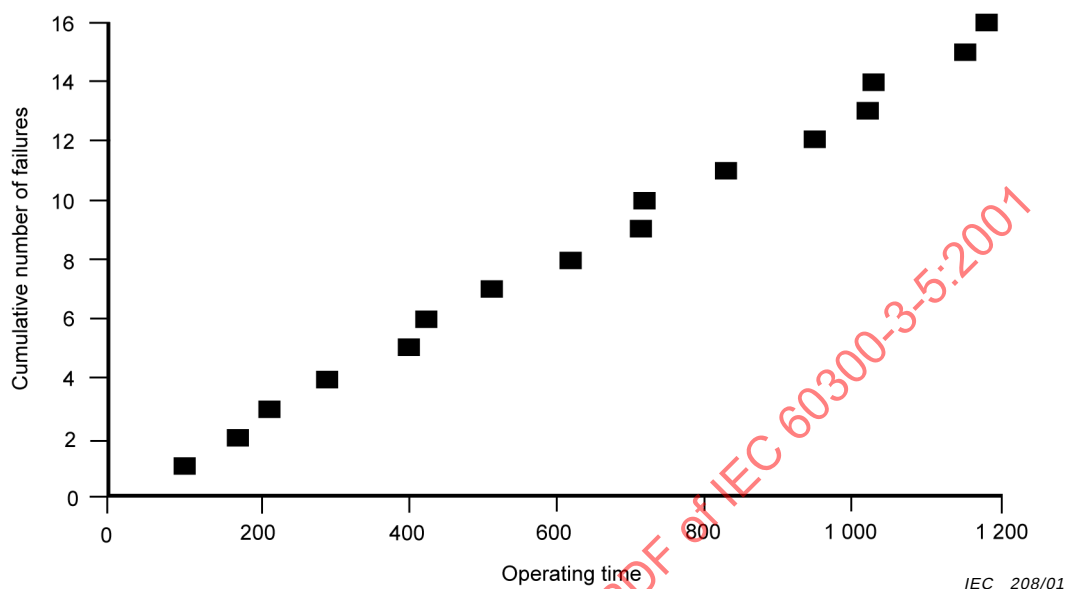


Figure 9 – Example of cumulative number of failures versus operating time for a single repaired item with a constant failure intensity

8.4.4 Concluding remarks

Time to failure data of a non-repaired item is modelled by a distribution. Data on time to first failure of a repaired item is also modelled by a distribution. However, data on times between successive failures of a repaired item is modelled using a point process. Table 4 gives a summary of the previous clauses.

Table 4 – Overview of appropriate models for failure data analysis

Item	Measure	Rate/Intensity	Data	Model	Comment
Non-repaired	Failure rate	Constant	(Operating) time to failure; number of failures	Times to failure are exponentially distributed	
		Non-constant	(Operating) time to failure; number of failures	Times to failure may follow a Weibull distribution	
Repaired	Failure intensity	Constant	(Operating) time between failures; number of failures	Point process; times between failure may be exponentially distributed	Number of failures may follow a homogenous Poisson process
		Non-constant	(Operating) time between consecutive failures; number of failures	Point process; times between failure may follow the power law	Number of failures may follow a non-homogenous Poisson process

9 Outils statistiques et procédure d'analyse

9.1 Description des outils

Les outils statistiques traités par la présente norme sont regroupés en quatre grandes catégories, comme cela est indiqué ci-dessous:

- procédures pour les tests d'adéquation;
- procédures d'estimation ponctuelle et des intervalles de confiance des mesures de fiabilité;
- procédures d'essais de conformité des mesures de fiabilité;
- procédures d'essais de comparaison.

Les tableaux 5 à 8 donnent une brève description des outils statistiques disponibles sous forme de normes.

Tableau 5 – Procédures pour les essais d'adéquation

Modèle	Outil	Données requises	Résultat
Taux de défaillance constant	CEI 60605-6	La procédure numérique requiert un minimum de 10 observations de temps avant défaillance	Acceptation ou rejet
	CEI 60605-4 CEI 60605-6	La procédure graphique requiert un minimum de quatre observations de temps avant défaillance, il convient que les données soient censurées simplement ou complètement	
Intensité de défaillance constante	CEI 60605-6	Un minimum de six temps entre les défaillances est requis pour une entité simple réparée observée pendant une période de temps donné	Acceptation ou rejet
Weibull	CEI 61649	Les temps avant défaillance des entités non réparées étant connus, un minimum de 10 observations de temps avant défaillances est requis; il convient que les données soient censurées simplement ou complètement	Acceptation ou rejet
	CEI 60605-4	La procédure graphique requiert un minimum de quatre temps avant défaillance	
Modèle de la loi en puissance	CEI 61164 CEI 61710	Les données pour une entité obtenues à partir d'un essai tronqué ou d'un essai censuré sont requises Il convient que les observations se présentent soit sous la forme d'un temps d'essai cumulé, soit sous la forme de défaillances groupées en intervalles dans un temps d'essai	Acceptation ou rejet

9 Statistical tools and analysis procedure

9.1 Description of tools

The statistical tools covered by this standard fall into four broad categories, as shown below:

- procedures for goodness of fit tests;
- procedures for point and interval estimation of reliability measures;
- procedures for testing of compliance of reliability measures;
- procedures for comparison tests.

The Tables 5 to 8 provide a short description of statistical tools available as standards.

Table 5 – Procedures for goodness of fit tests

Model	Tool	Data requirements	Output
Constant failure rate	IEC 60605-6	Numerical procedure requires a minimum of 10 observations of time to failure	Accept or reject
	IEC 60605-4 IEC 60605-6	Graphical procedure requires a minimum of four observations of time to failure, data should be complete or singly censored	
Constant failure intensity	IEC 60605-6	A minimum of six times between failures is required for a single repaired item that has been observed for a length of time	Accept or reject
Weibull	IEC 61649	Known times to failure of non-repaired items, a minimum of 10 observations of time to failure are required; data should be complete or singly censored	Accept or reject
	IEC 60605-4	Graphical procedure requires a minimum of four times to failure	
Power law model	IEC 61164 IEC 61710	Data for a repaired item from a time or a failure terminated test are required Observations should be either accumulated test time or failures grouped in intervals in a test time	Accept or reject

Tableau 6 – Procédures pour les essais d'estimation ponctuelle et des intervalles de confiance des mesures de fiabilité

Modèle	Outil	Données requises	Résultat
Exponentiel	CEI 60605-4	Le nombre de défaillances et le temps cumulé d'essai à prendre en compte sont requis	Taux de défaillance, temps moyen avant défaillance, intervalles de confiance et intensité de défaillance
Weibull	CEI 61649 CEI 60605-4	La procédure numérique requiert des observations de temps avant défaillance pour des entités non réparées La procédure graphique requiert des observations de temps avant défaillance	Estimations par point des paramètres d'échelle et de forme, intervalles de confiance correspondants, limite de confiance inférieure pour la fonction de fiabilité Paramètre de forme, paramètre d'échelle, durée de vie caractéristique
Modèle de la loi en puissance	CEI 61164 CEI 61710	Les données relatives au temps pour les groupes de défaillances à prendre en compte ou pour chaque défaillance à prendre en compte	Intensité de défaillance, paramètres d'échelle et de forme, temps de bon fonctionnement entre les défaillances (MTBF), intervalles de confiance des paramètres de forme et du MTBF courant
Binomial	CEI 60605-4 ISO 11453	Nombre de défaillances / succès et nombre d'épreuves requis	Proportion de succès, intervalle de confiance

Tableau 7 – Procédures pour les essais de conformité des mesures de fiabilité

Modèle	Outil	Données requises	Résultat
Proportion de succès ou de défaillance	CEI 61123	Une proportion de succès ou de défaillance et un nombre acceptable de défaillances sont requis	Acceptation ou rejet
Taux ou intensité de défaillance constant(e)	CEI 61124	Le nombre observé de défaillances à prendre en compte et le temps d'essai à prendre en compte cumulé ou le temps d'essai calendaire à prendre en compte sont requis	Acceptation ou rejet
Disponibilité en régime établi	CEI 61070	Les temps de disponibilité et d'indisponibilité pour une entité unique réparée sont requis. Il convient que tous les temps de disponibilité aient la même répartition exponentielle. La période de maintenance préventive n'est pas comprise dans le temps d'indisponibilité	Acceptation ou rejet

Table 6 – Procedures for point and interval estimation of reliability measures

Model	Tool	Data requirements	Output
Exponential	IEC 60605-4	The number of relevant failures and accumulated relevant test time are required	Failure rate, mean time to failure, confidence limits and failure intensity
Weibull	IEC 61649	Numerical procedure requires observations of time to failure of non-repaired items	Point estimates of scale and shape parameters, confidence intervals for shape and scale, lower confidence limit for reliability function
	IEC 60605-4	Graphical procedure requires observations of time to failure	Shape parameter, scale parameter, characteristic life
Power law model	IEC 61164 IEC 61710	Time data for groups of relevant failures or time data for every relevant failure	Failure intensity, scale and shape parameters, mean operating time between failures (MTBF), confidence intervals on shape parameter and on current MTBF
Binomial	IEC 60605-4 ISO 11453	Number of failures / successes and number of trials required	Success ratio, confidence interval

Table 7 – Procedures for compliance testing of dependability measures

Model	Tool	Data requirements	Output
Success or failure ratio	IEC 61123	Success or failure ratio and acceptable number of failures are required	Accept or reject
Constant failure rate or intensity	IEC 61124	Observed number of relevant failures and either accumulated relevant test time or relevant calendar test time is required	Accept or reject
Steady state availability	IEC 61070	Up times and down times for one single repaired item are required. All up times should have the same exponential distribution. Preventive maintenance time is not included in down time	Accept or reject

Tableau 8 – Procédures pour les essais de comparaison

Modèle	Outil	Données requises	Résultat
Taux de défaillance constant	CEI 61650	La somme des temps avant défaillance et le nombre de défaillances à prendre en compte sont requis	Acceptation ou rejet
Intensité de défaillance constante	CEI 61650	Le temps d'essais à prendre en compte cumulé calculé comme le temps de fonctionnement, et le nombre de défaillances à prendre en compte sont requis	Acceptation ou rejet

9.2 Description des relations entre les outils

La Figure 10 représente, sous forme d'organigramme, la procédure d'analyse des entités non réparées ou réparées dont l'intensité de défaillance est constante. Cette même figure montre les quatre principales catégories d'outils statistiques, c'est-à-dire l'adéquation, la détermination (estimation), la comparaison et la conformité, en soulignant les relations entre ces outils et le type de répartition approprié.

Lorsque la décision de modéliser les données par une répartition a été prise, l'organigramme présente les outils disponibles pour les essais d'estimation, de conformité, de comparaison et d'adéquation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001

Table 8 – Procedures for comparison tests

Model	Tool	Data requirements	Output
Constant failure rate	IEC 61650	Sum of times to failure and number of relevant failures are required	Accept or reject
Constant failure intensity	IEC 61650	Accumulated relevant test time calculated as operating time, and the number of relevant failures are required	Accept or reject

9.2 Description of the relationship between tools

Figure 10 shows a flowchart for the analysis procedure for non-repaired items or repaired items that exhibit a constant failure intensity. It shows the four main categories of statistical tools, i.e. goodness of fit, determination (estimation), comparison and compliance, highlighting the relationships between these tools and the relevant type of distribution.

Having decided the data should be modelled by a distribution, the flowchart shows which tools are available for the purpose of estimation, compliance, comparison and goodness of fit testing.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001

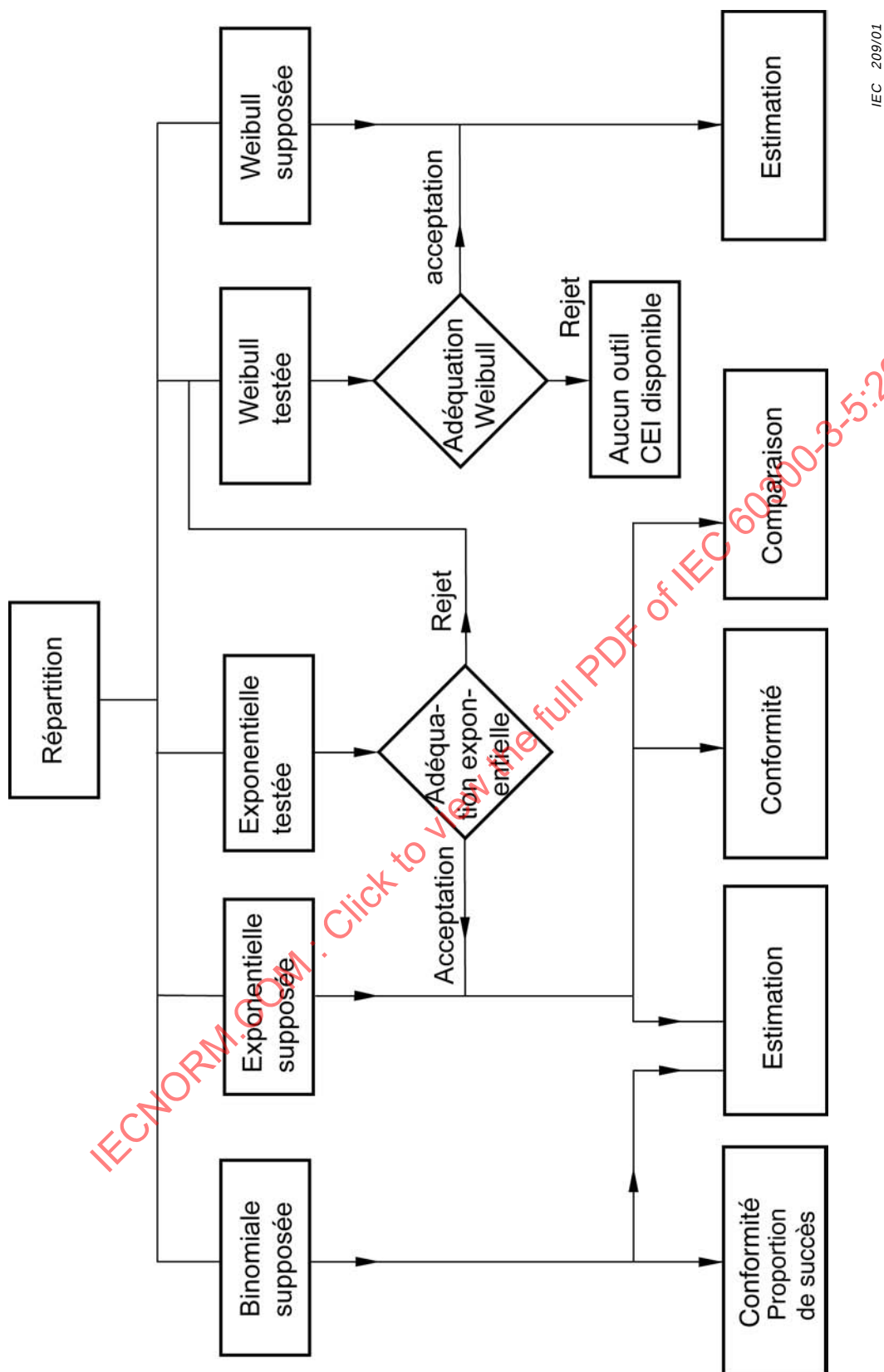
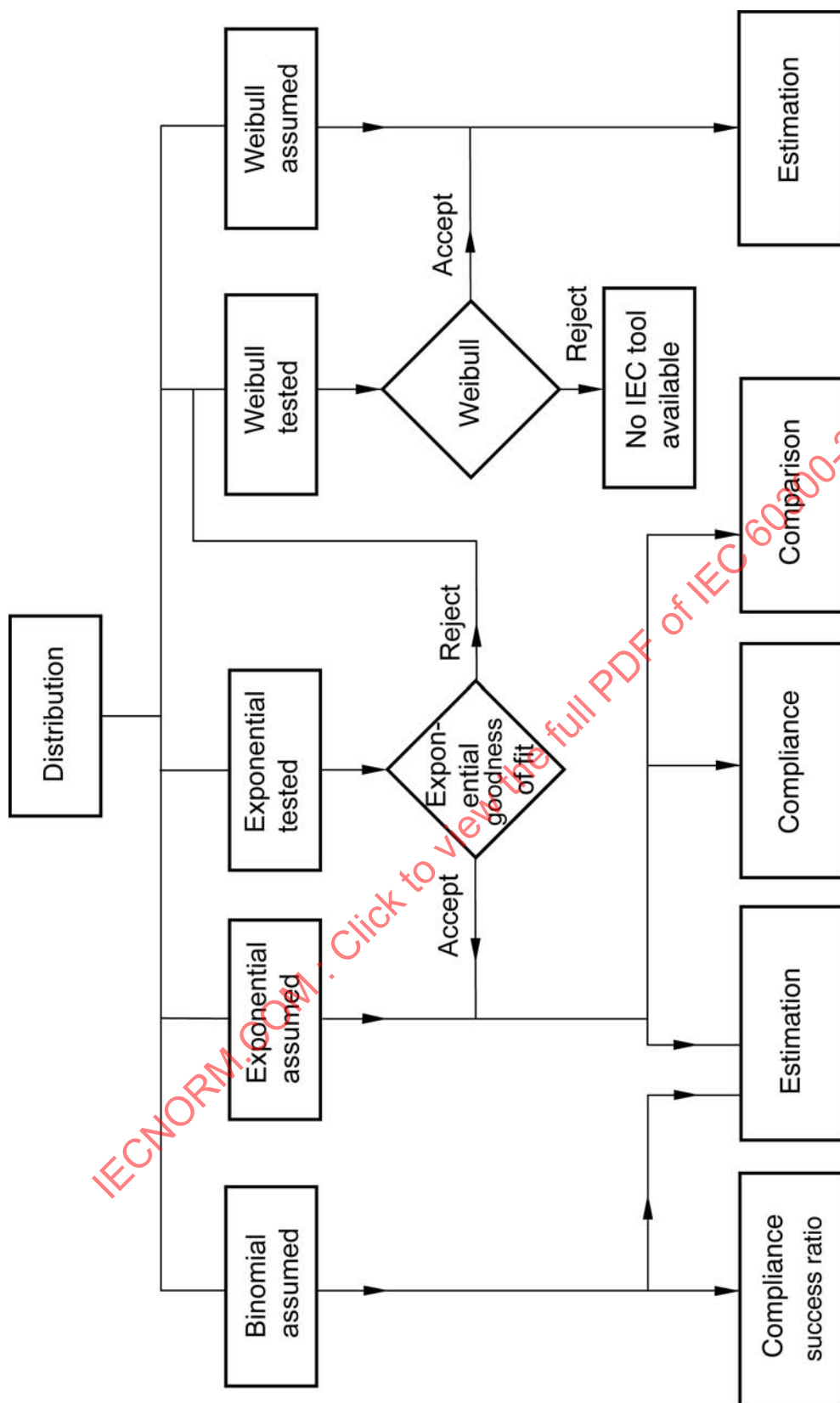


Figure 10 – Types d'analyses disponibles pour les entités non réparées



IEC 209/01

Figure 10 – Types of analyses available for non-repaired items

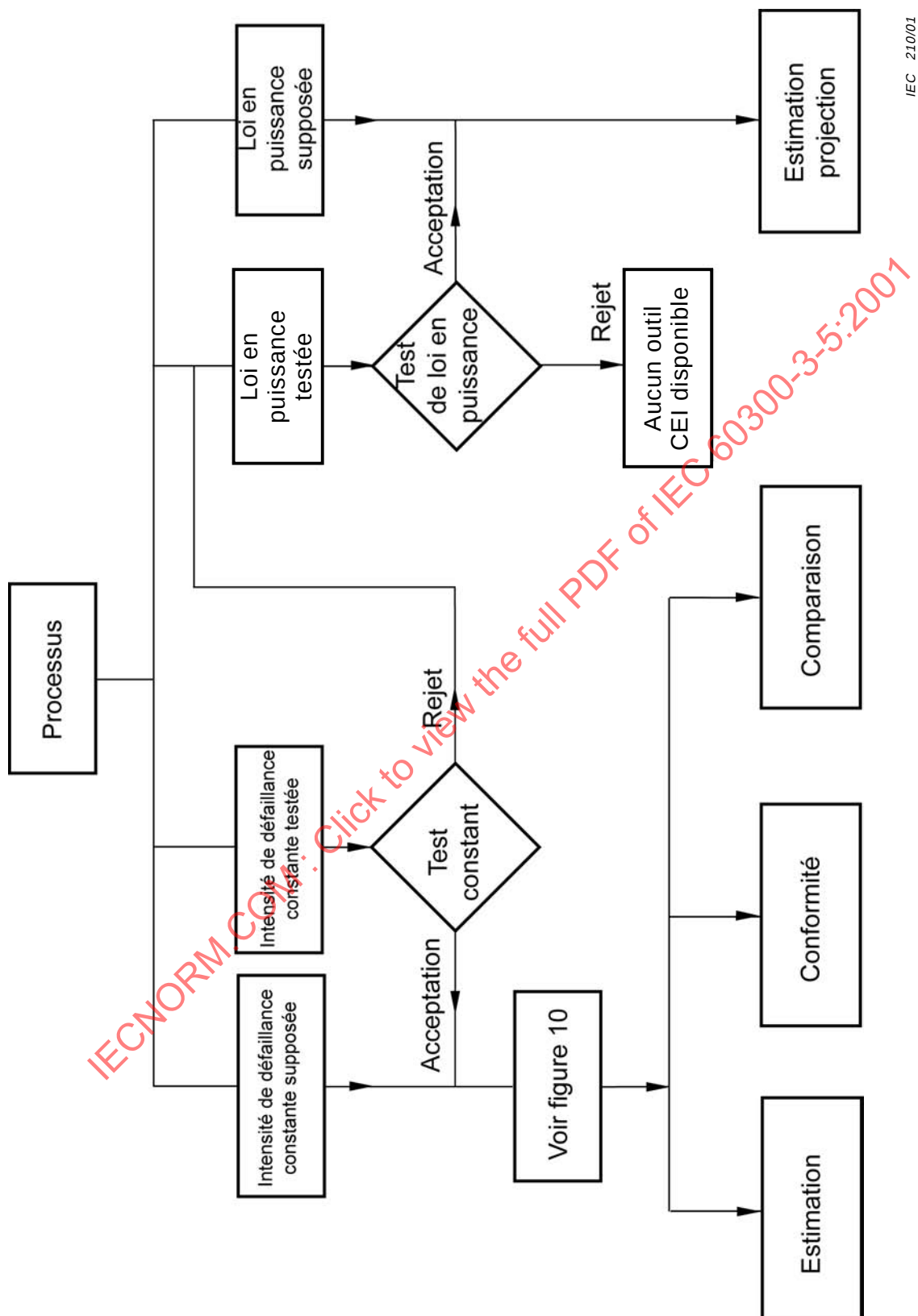


Figure 11 – Types d'analyses disponibles pour les entités réparées

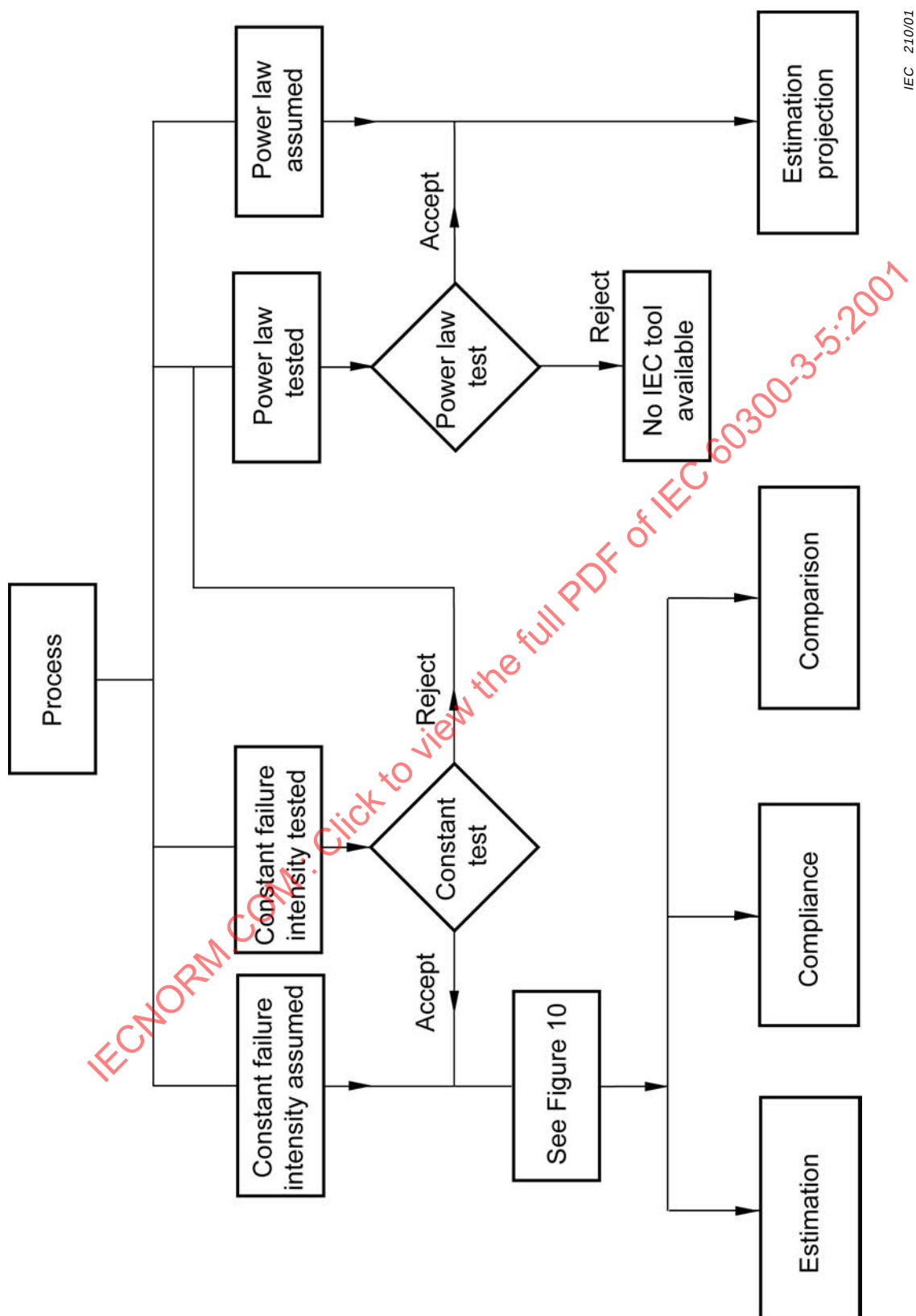


Figure 11 – Types of analyses available for repaired items

La Figure 11 représente l'organigramme relatif aux entités réparées et se rapporte donc à la modélisation de l'intensité de défaillance. Il convient que l'utilisateur se réfère à l'organigramme et aux outils de la Figure 10 si on suppose que l'intensité de défaillance est constante. De même, si après un test statistique l'hypothèse de l'intensité de défaillance constante n'est pas rejetée, alors il convient que l'utilisateur se réfère à l'organigramme et aux outils de la Figure 10.

Les deux figures montrent qu'il existe des outils pour les quatre catégories uniquement dans le cas d'un taux de défaillance constant et d'une intensité de défaillance constante. A l'heure actuelle, il n'existe pas d'outils de comparaison ou de conformité pour la répartition de Weibull.

9.3 Procédure d'analyse

Les figures suivantes indiquent quel outil est applicable pour les essais de fiabilité: essais d'estimation, de conformité et de comparaison.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001

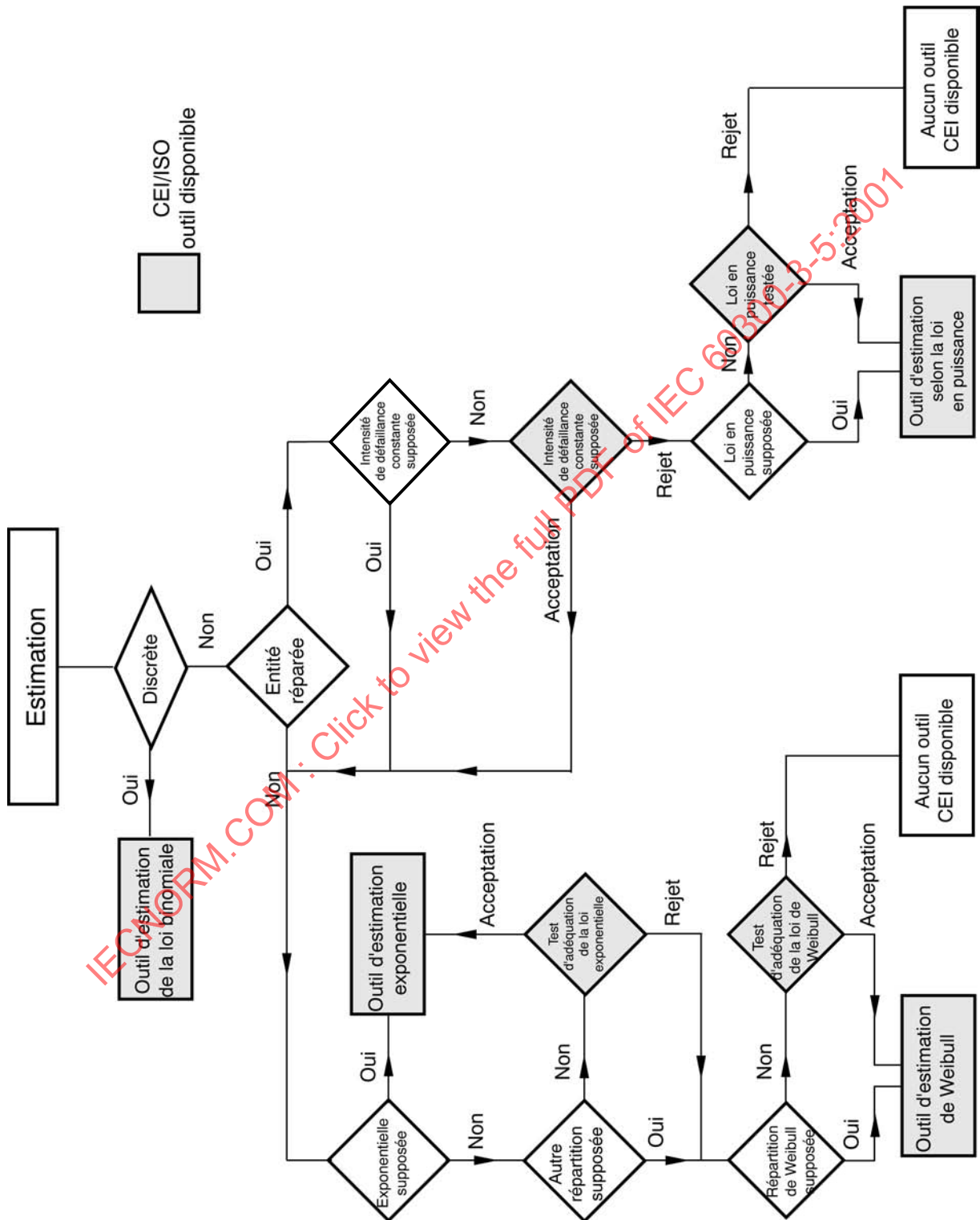
Figure 11 shows the flowchart for repaired items and thus refers to failure intensity modelling. The user should refer to the flowchart and tools in Figure 10 if constant failure intensity can be assumed. Similarly, if after statistical testing, the hypothesis of constant failure intensity is not rejected, then the user should refer to the flowchart and tools in Figure 10.

Both figures show that there are tools for all four categories of the constant failure rate and constant failure intensity cases only. There is at present no tool for comparison or compliance for the Weibull distribution.

9.3 Analysis procedure

The following figures provide guidance on which tool is applicable for reliability tests: estimation, compliance and comparison testing.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-5:2001



IEC 211/01

Figure 12 – Outils disponibles pour l'estimation

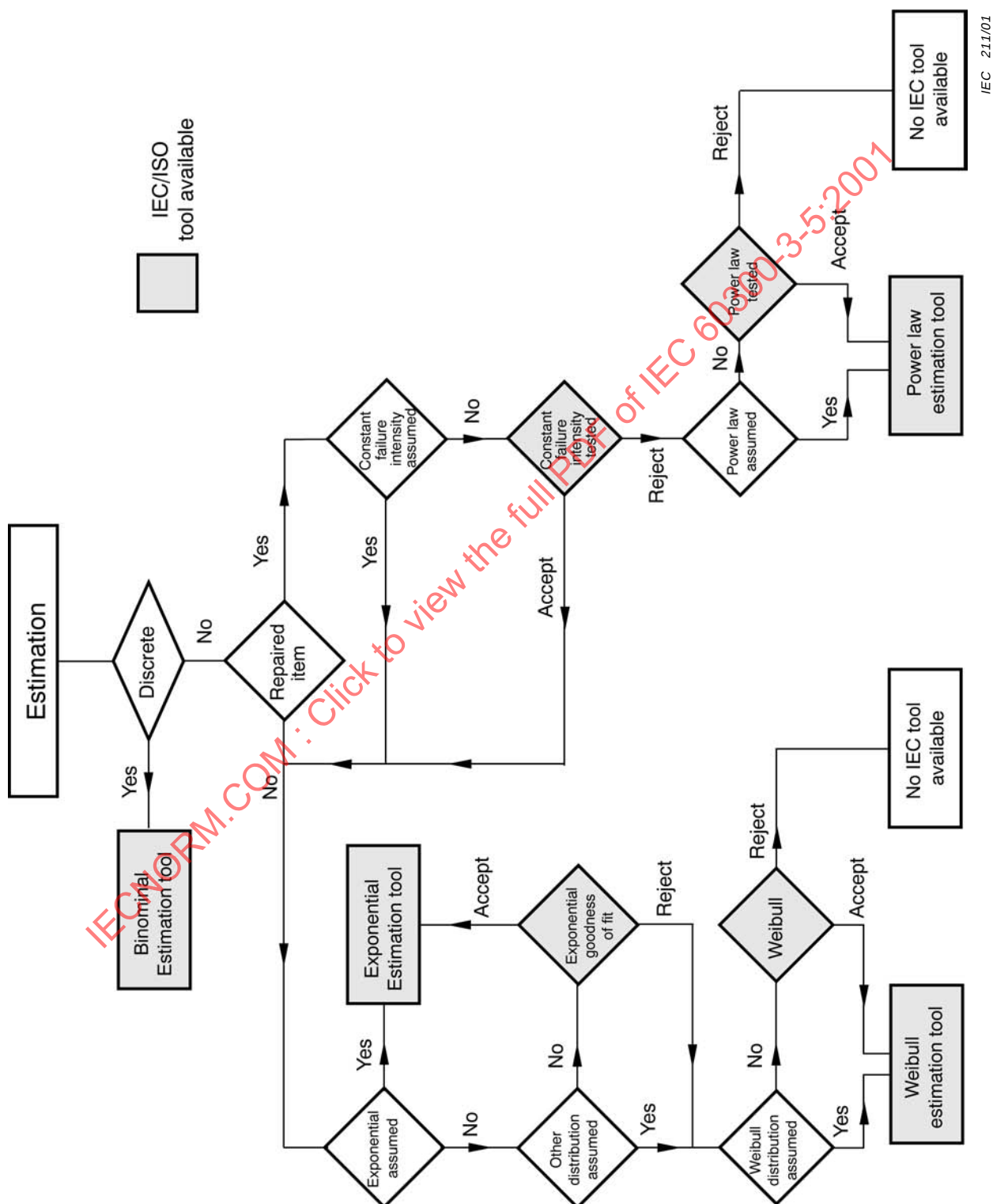


Figure 12 – Tools available for estimation

Sur la base de la Figure 12, les outils requis pour déterminer la fiabilité d'une entité non réparée sont les suivants:

Outil	Numéro de norme
Tests de validité de l'hypothèse du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante	CEI 60605-6
Estimation ponctuelle et intervalles de confiance pour la distribution exponentielle	CEI 60605-4
Test d'adéquation pour la répartition de Weibull	CEI 61649
Estimation ponctuelle et intervalles de confiance pour la répartition de Weibull	CEI 61649
Estimation ponctuelle et intervalles de confiance pour la répartition binomiale	ISO 11453

De même, pour déterminer la fiabilité d'une entité réparée, les outils appropriés incluent les outils cités ci-dessus ainsi que les outils suivants:

Outil	Numéro de norme
Test de l'intensité de défaillance constante	CEI 60605-6
Estimation des paramètres du modèle de la loi en puissance	CEI 61164

Lorsque les données disponibles consistent en un nombre de défaillances ou de succès sur un nombre total d'essais, alors la distribution binomiale est la plus appropriée. L'ISO 11453 décrit en détail comment évaluer les mesures de fiabilité de la répartition binomiale.

From Figure 12, to determine reliability of a non-repaired item, the tools that would be required include:

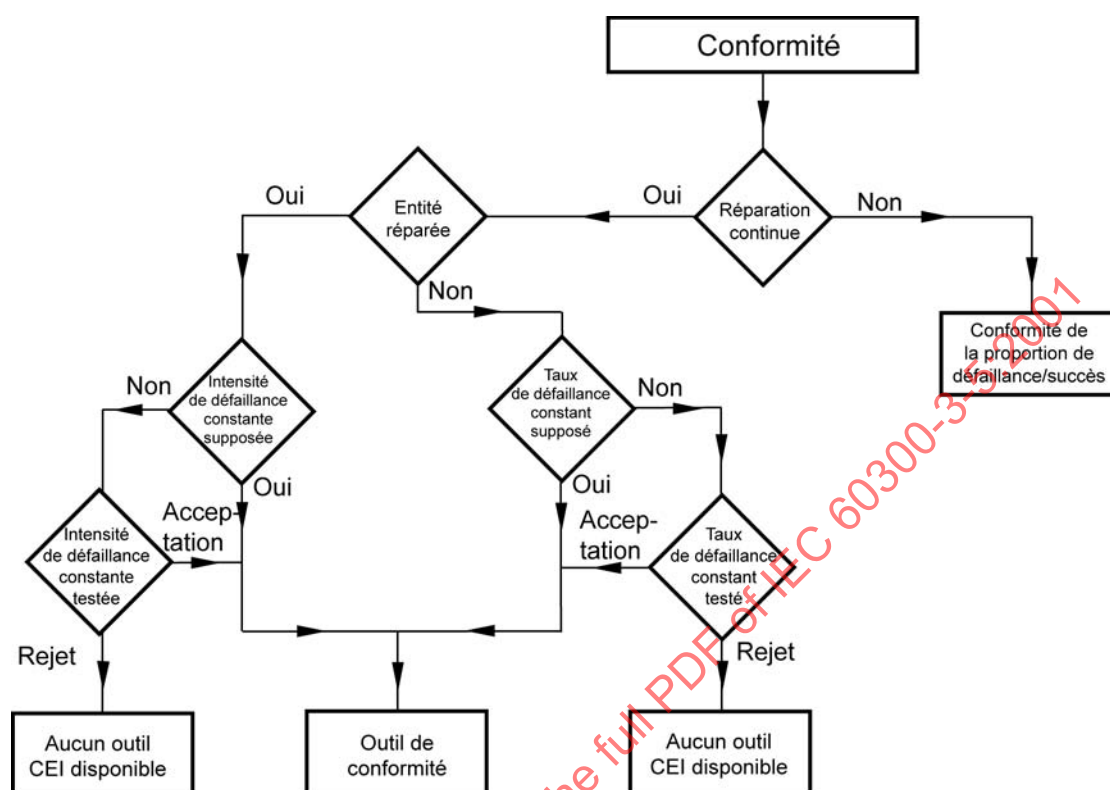
Tool	Standard number
Tests for the validity of the constant failure rate and failure intensity assumption	IEC 60605-6
Point estimate and confidence intervals for the exponential distribution	IEC 60605-4
Goodness of fit test for the Weibull distribution	IEC 61649
Point estimates and confidence intervals for the Weibull distribution	IEC 61649
Point estimate and confidence intervals for the binomial distribution	ISO 11453

Similarly, to determine reliability for a repaired item, the required tools for this scenario would include the above-mentioned tools and the following:

Tool	Standard number
Test for constant failure intensity	IEC 60605-6
Estimation of parameters of the power law model	IEC 61164

When the data available consists of a number of failures or successes out of a total number of trials then the binomial distribution is the most appropriate. ISO 11453 gives details on how to estimate the reliability measures of the binomial distribution.

La Figure 13 propose une aide pour la sélection d'un outil approprié pour l'essai de conformité.



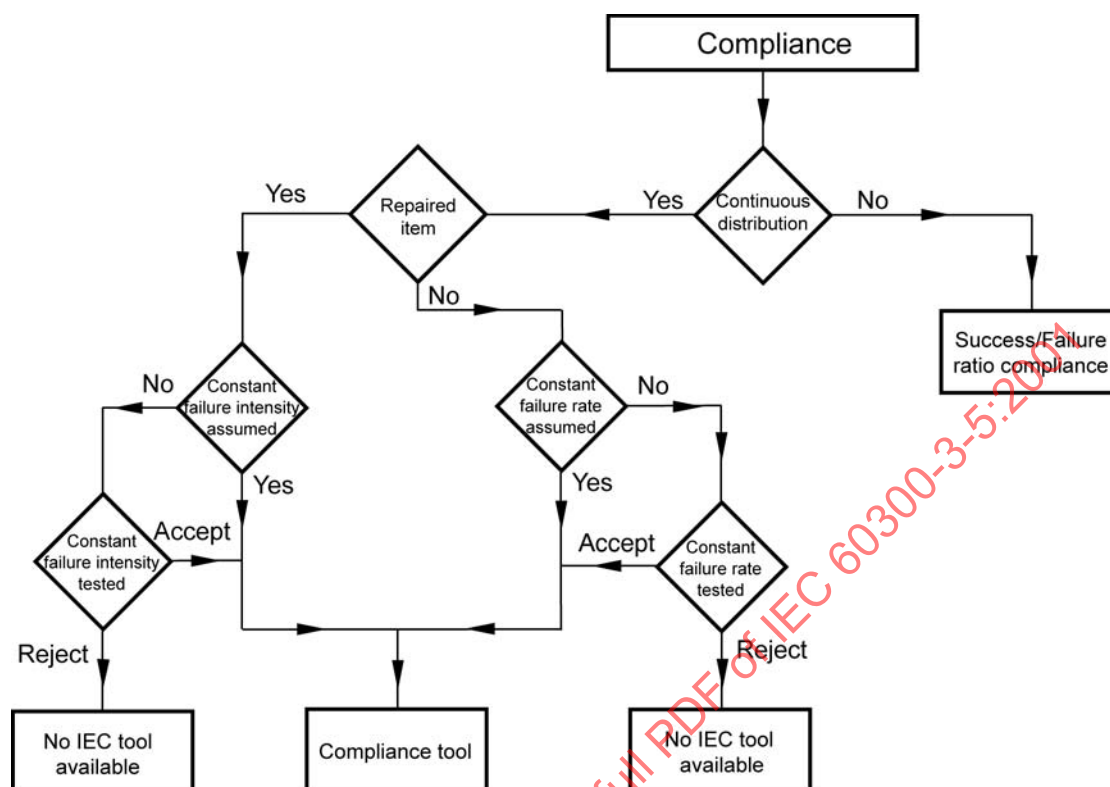
IEC 212/01

Figure 13 – Outils disponibles pour les essais de conformité

Les outils requis pour les essais de conformité incluent:

Outil	Numéro de norme
Tests de validité de l'hypothèse du taux de défaillance constant ou de l'intensité de défaillance constante	CEI 60605-6
Plans d'essais de conformité du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante	CEI 61124
Procédures de préparation et d'application de plans d'essais de conformité pour une proportion de défaillances ou succès	CEI 61123

Figure 13 illustrates guidance on the selection of an appropriate tool for compliance testing.



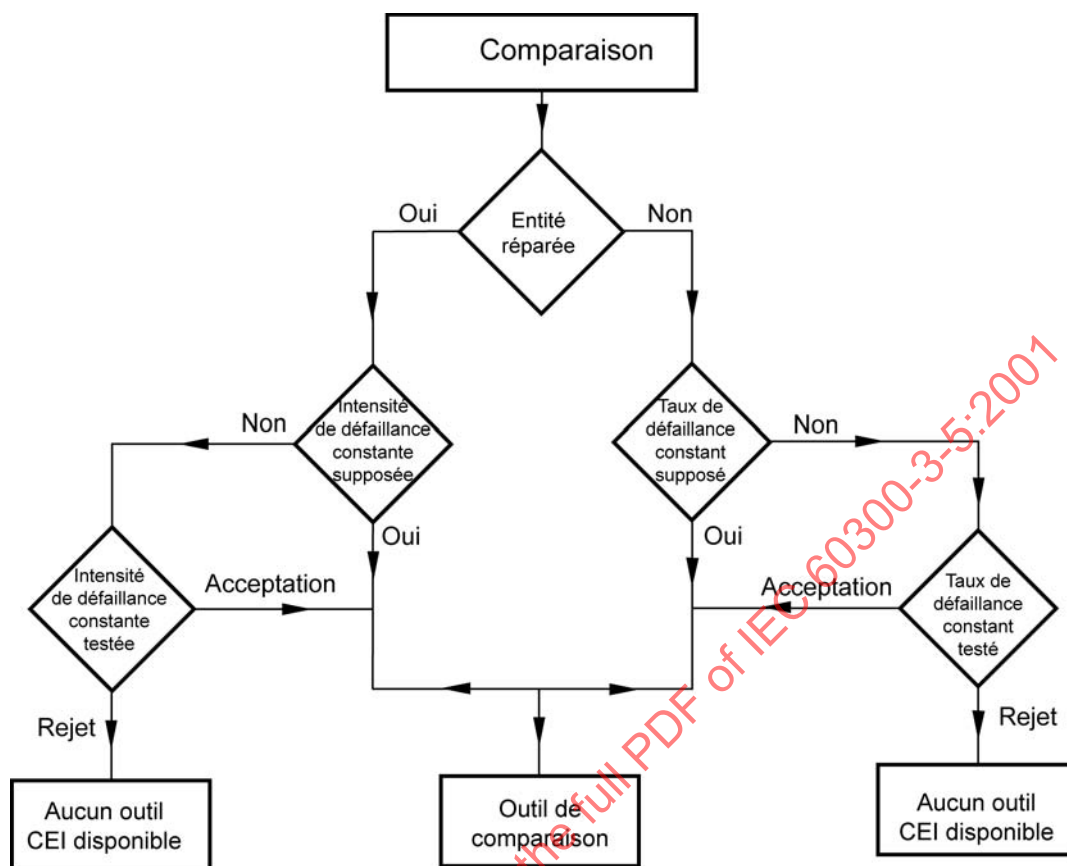
IEC 212/01

Figure 13 – Tools available for compliance testing

The tools required for compliance testing include:

Tool	Standard number
Tests for the validity of the constant failure rate and failure intensity assumptions	IEC 60605-6
Compliance test plans for constant failure rate and failure intensity	IEC 61124
Procedures for preparing and applying compliance test plans for success or failure ratio	IEC 61123

La Figure 14 présente un organigramme de comparaison des taux/intensités de défaillance.



IEC 213/01

Figure 14 – Outils disponibles pour les essais de comparaison

Les outils requis pour la comparaison de deux mesures de fiabilité incluent:

Outil	Numéro de norme
Tests de validité de l'hypothèse du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante	CEI 60605-6
Comparaison de deux taux de défaillance constants et de deux intensités (événements) de défaillances constantes	CEI 61650

Dans certains cas, aucun outil CEI n'est disponible. Par exemple, il n'existe aucune norme sur la comparaison de deux mesures de fiabilité fondées sur le modèle de la loi en puissance ou sur la distribution de Weibull.

9.4 Conclusions finales et actions éventuelles à entreprendre

9.4.1 Acceptation

Si aucune défaillance n'implique une décision de rejet immédiat ou si aucune défaillance récurrente ne se produit (voir 7.2.2.1 et 7.2.2.2) et que le traitement statistique donne lieu à une acceptation, alors il convient d'accepter l'entité soumise à l'essai sans qu'une action supplémentaire ne soit menée.

Figure 14 shows a flowchart for comparison of failure rates/intensities.

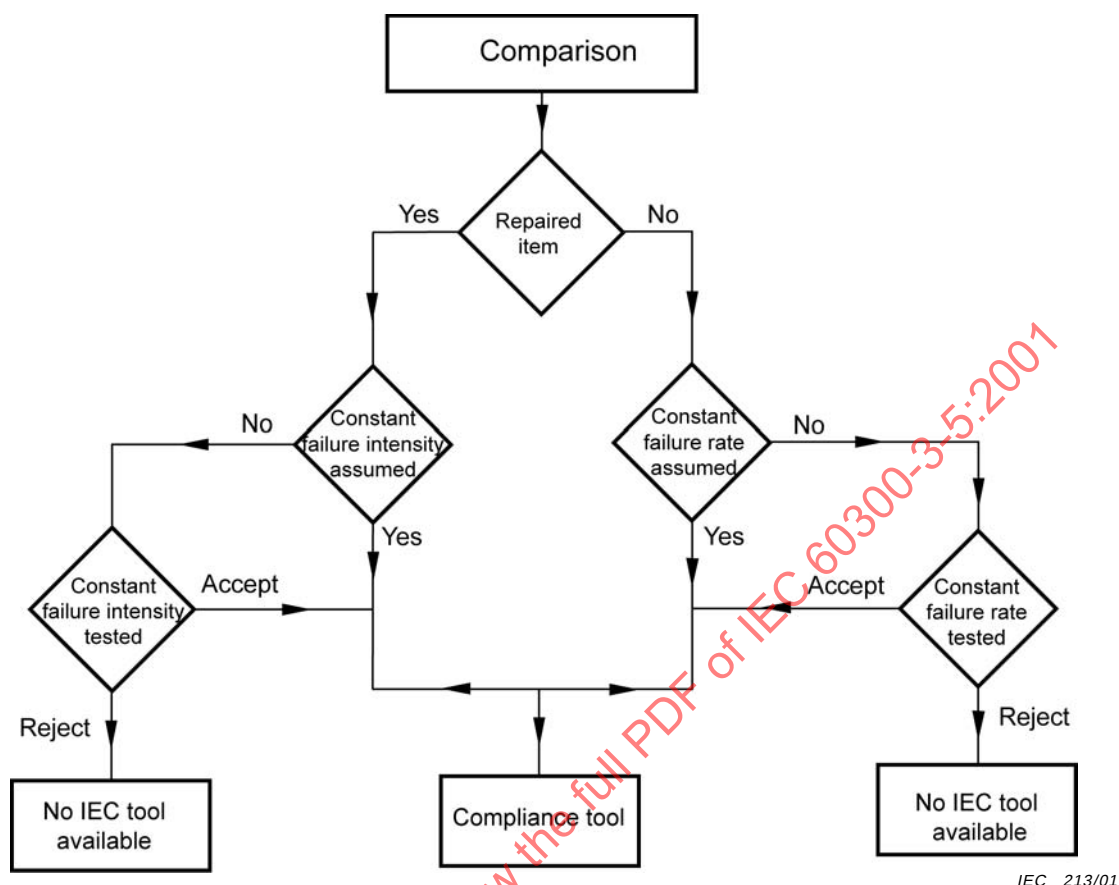


Figure 14 – Tools available for comparison testing

The tools required for the comparison of two reliability measures include:

Tool	Standard number
Tests for the validity of the constant failure rate and constant failure intensity assumptions	IEC 60605-6
Comparison of two constant failure rates and two constant failure (event) intensities	IEC 61650

There are occasions where no IEC tools are available. For example, there is no existing standard for the comparison of two reliability measures of either the power law model or the Weibull distribution.

9.4 Final conclusions and possible action to be taken

9.4.1 Acceptance

If no failures demanding an immediate reject decision or no recurrent failures have occurred (see 7.2.2.1 and 7.2.2.2) and the statistical treatment gives rise to an acceptance decision, the item tested should be accepted without any further action.

9.4.2 Acceptation conditionnelle

L'acceptation conditionnelle peut faire l'objet d'une négociation entre le fabricant et le client.

9.4.3 Rejet

S'il n'y a pas de possibilité d'acceptation selon 9.4.1 ou d'acceptation conditionnelle selon 9.4.2, il convient que la décision soit un rejet.

10 Rapports d'essai

Il convient que le rapport d'essai soit suffisamment complet pour constituer une base solide pour la décision ou l'estimation finale. Il est recommandé que ce rapport contienne la référence des normes énumérées dans les articles ci-après. Il convient que chaque norme se réfère à l'entité à l'essai et à la spécification d'essai de fiabilité détaillée.

Il importe que le rapport d'essai se réfère à l'historique de chaque entité soumise à l'essai avec les notations spéciales sur les contraintes qui ont pu être imposées dans le passé et qui ont pu contribuer à un éventuel mécanisme de défaillance.

10.1 Journal des essais et enregistrement des données

Il importe qu'un document soit consacré à chaque entité à l'essai. Il convient que les données soient enregistrées dans l'ordre chronologique après chaque défaillance (voir 10.4). Si, pour des raisons pratiques, un lot d'entités est enregistré dans le même fichier, il convient que les enregistrements de chaque entité soient traçables.

Dans le but de communiquer des informations complètes aux ingénieurs de fiabilité, il convient de rassembler aussi bien les informations de succès que de défaillance.

Il est recommandé que le contenu détaillé inclue tous les articles possibles à prendre en compte comme indiqué ci-après.

- a) Identification de l'entité:
 - nom de l'entité;
 - nom du constructeur;
 - type de l'entité;
 - numéro de série ou autre identification des entités à l'essai.
- b) Chaque observation et intervention enregistrée chronologiquement:
 - date et heure;
 - conditions de fonctionnement;
 - conditions d'environnement;
 - valeurs des caractéristiques de fonctionnement;
 - remarques sur les conditions hors spécifications;
 - relevé des compteurs horaires;
 - noms des membres du personnel concernés.
- c) Commentaires généraux.

9.4.2 Conditional acceptance

Conditional acceptance can be negotiated between the manufacturer and the customer.

9.4.3 Rejection

If neither acceptance according to 9.4.1 nor conditional acceptance according to 9.4.2 is possible, the decision should be rejection.

10 Reporting

The test report should be complete enough to give a solid basis for the final decision or estimation. It should contain the standards listed in the subclauses below. Each of the standards should refer to the tested items and the detailed reliability test specification.

The test report should refer to the history of each tested item together with special notes on the stresses which may have been involved in the past and which may have contributed to a possible failure mechanism.

10.1 Test logs and data records

One document or file should be devoted to each test item. Data should be recorded in chronological order after each failure (see 10.4). If for practical reasons a batch of items is recorded in the same file, the records of individual items should be traceable.

In order to provide comprehensive information to reliability engineers, success as well as failure information should be collected.

Detailed contents should include all relevant and possible clauses such as those listed below.

- a) Item identification:
 - item name;
 - name of manufacturer;
 - item type;
 - serial number or other identification of the test items.
- b) Each observation and action recorded in chronological order:
 - date and time;
 - operating conditions;
 - environmental conditions;
 - performance parameter values;
 - comments on out-of-specification conditions;
 - time meter reading;
 - name of personnel involved.
- c) General comments.

10.2 Enregistrement des conditions d'essai et des observations

Il importe que les enregistrements réalisés au cours de l'essai et le rapport final de l'analyse des défaillances contiennent toutes les informations nécessaires à une analyse complète des données qui constituent la base de la décision prise à l'issue de l'essai. Il convient que l'enregistrement des données soit effectué tout au long de l'essai. L'enregistrement continu des conditions d'essai et de fonctionnement des entités est recommandé.

Il convient que tout événement considéré par le personnel d'essai comme étant en rapport avec l'essai soit enregistré. Il importe que la nature des données à enregistrer et la manière dont il convient qu'elles soient enregistrées soient précisées par le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité. Il est recommandé que les imprimés soient, de préférence, conçus d'une manière qui permette au personnel de l'essai d'inscrire directement les données.

Pour chaque entité à l'essai, il importe que l'enregistrement soit réalisé comme cela est indiqué ci-après:

- a) date et heure, ainsi que durée d'essai écoulée à prendre en compte lors de l'observation de toute défaillance ou de tout événement à prendre en compte ou après qu'une action a été effectuée;
- b) détails de l'analyse de toute défaillance et toute information intéressante pour le classement des défaillances observées y compris la référence aux rapports de défaillance;
- c) description de tout événement ou action, y compris les tâches de maintenance préventive prévues dans le plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité;
- d) identification des éléments, composants, etc., remplacés ou remis en service;
- e) données relatives aux conditions de fonctionnement et d'environnement;
- f) durée de la vérification de l'efficacité des opérations de maintenance corrective;
- g) noms des personnes et des opérateurs participant à l'essai des entités.

10.3 Rapports de défaillance

Il convient qu'un rapport ou fichier soit établi pour chaque défaillance, et qu'il comporte la description de la défaillance, le résultat de l'analyse de la défaillance et les mesures prises en ce qui concerne les entités. Il importe que l'ingénieur responsable de l'essai contrôle les rapports de défaillance au cours de l'essai particulièrement en cas de «aucune panne détectée».

Il importe que le contenu détaillé inclue tous les articles à prendre en compte comme cela est indiqué ci-dessous:

10.3.1 Renseignements fournis par l'opérateur

- a) Identification de la défaillance:
 - date et heure de la défaillance;
 - numéro de série ou de version de l'entité soumise à l'essai;
 - ensemble, sous-ensemble et composant ou pièce concernés;
 - conditions de fonctionnement à l'instant de la défaillance;
 - conditions d'environnement à l'instant de la défaillance;
 - temps de fonctionnement écoulé;
 - nom de l'opérateur.

10.2 Recording of test conditions and observations

The test records together with the final failure analysis report should contain all primary information needed for a comprehensive data analysis for use as a basis on which to make a decision from the outcome of the test. The test records should be maintained throughout the test. The continuous recording of test conditions and test item performance is preferred.

Any event considered pertinent to the test by the test personnel should be recorded. The data to be recorded and the extent of the recordings should be stated in the detailed reliability test plan. Test records should preferably be designed in a form to allow the test personnel themselves to make all entries directly.

For each test item, records should be maintained as follows:

- a) date and time as well as elapsed relevant test time when the failure of any test item or any other pertinent event was observed or an action was taken;
- b) details of any failure analysis and all information of importance for the classification of the failures observed, including reference to the failure reports;
- c) description of any event or action, including defined preventive maintenance tasks, listed in the detailed reliability plan;
- d) identification of replaced or reinstalled sub-assemblies, components, etc.
- e) operating and environment test condition data;
- f) time for the verification of the effectiveness of any corrective maintenance;
- g) names of the test personnel and operators of the test items.

10.3 Failure reports

One report or file should be made on each failure, and should contain the description of the failure, the result of the failure analysis and the action taken concerning the items. The engineer responsible for the test should monitor the failure reports during the test especially for "no fault found".

Detailed contents should include all relevant clauses such as those listed below:

10.3.1 From the test operator

- a) Failure identification:
 - date and calendar time of the failure;
 - serial number or version of the tested item;
 - assembly, sub-assembly and component part involved;
 - operating conditions at the instant of failure;
 - environmental conditions at the instant of failure;
 - elapsed operating time;
 - name of the test operator.

- b) Indication et/ou symptômes de la défaillance:
 - nature de toute défaillance partielle ou complète;
 - valeur des paramètres dépassant la limite spécifiée;
 - moyens utilisés pour la détection de la défaillance;
 - dispositions possibles pour vérifier la présence et l'étendue de la défaillance.
- c) Références à des rapports de défaillance connexes.
- d) Avis sur le classement de la défaillance.
- e) Mesures correctives recommandées.
- f) Si l'entité doit être exclue de l'essai, ou placée en mode non opérationnel.
- g) Commentaires généraux.

10.3.2 Renseignements fournis par le personnel de réparation

- a) Confirmation de la défaillance:
 - méthodes et moyens utilisés pour vérifier la défaillance (indications et/ou symptômes de défaillance);
 - observations et commentaires.
- b) Réparations effectuées:
 - mesures prises;
 - temps de fonctionnement de l'entité au cours de la réparation (le cas échéant);
 - date, heure et durée de la réparation;
 - organisme et noms des réparateurs;
 - en cas de «aucune panne détectée», une liste de recherches de défaillances est élaborée.
- c) Identification des éléments remplacés
Pour chaque entité ou pièce remplacée:
 - emplacement ou position sur le circuit;
 - désignation du composant ou de la pièce;
 - indication du type, du numéro de lot et des caractéristiques;
 - nom du constructeur;
 - endroit où peuvent être trouvés les éléments ou pièces échangés;
 - description des entités ou pièces remplacées sans effet notable sur la défaillance;
 - analyse de la cause de la défaillance, effectuée pendant et après la réparation – si possible hypothèse de la cause de la défaillance;
 - hypothèse d'analyse de défaillance sur les entités ou pièces échangées.
- d) Avis sur le classement de la ou des causes de la défaillance. Une défaillance du système peut avoir plus d'une cause, par exemple, défauts matériels et logiciels combinés à une erreur de l'opérateur.
- e) Mesures correctives recommandées ou modification autorisée introduites pour remédier à la défaillance.
- f) Commentaires généraux.

- b) Failure indication and/or symptoms:
 - nature of any partial or complete failure;
 - values of parameters exceeding specified limits;
 - instruments used for indicating the failure;
 - possible action taken to verify the presence and extent of the failure.
- c) References to related failure reports.
- d) Opinion concerning the classification of the failure.
- e) Recommended corrective action.
- f) Whether the item needs to be removed from the test, or placed in a non-operational mode.
- g) General comments.

10.3.2 From the repair personnel

- a) Failure confirmation
 - methods and instruments used to verify failure (failure indications and/or symptoms);
 - observations and comments.
- b) Repair description:
 - action taken;
 - operating time of the item during the repair where appropriate;
 - date, time and duration of repair;
 - organization and name of repair personnel;
 - in case of "no fault found", a list of failure searches performed.
- c) Replacement identification

For each item or part replaced:

 - location or circuit position;
 - name of the item or part;
 - type designation, batch number and characteristics;
 - name of the manufacturer;
 - where replaced item or parts can be found;
 - description of items or parts replaced without noticeable effect on the failure;
 - failure cause analysis performed during and after the repair – if possible suggested cause of the failure;
 - suggested failure analysis on exchanged items or parts.
- d) Opinion concerning the cause or causes and classification of the failure. A system failure may have more than one cause, for example, software and hardware faults combined with operator error.
- e) Recommended corrective action or authorized modification introduced to remedy the failure.
- f) General comments.

10.3.3 Renseignements fournis par le personnel d'analyse des défaillances

- a) Analyse des dispositifs ou pièces remplacés:
 - examen visuel et mesures initiales;
 - description de l'analyse effectuée (physique, chimique, etc.);
 - résultats;
 - date de l'analyse;
 - organisme et noms des responsables de l'analyse.
- b) Analyse des conditions ayant une influence sur la défaillance.
- c) Cause et classement de la défaillance.
- d) Mesures correctives recommandées.
- e) Commentaires généraux.

10.4 Etat récapitulatif des défaillances

Il convient que ce document ou fichier unique rassemble toutes les informations relatives à l'ensemble des défaillances. Les données sur les défaillances et le temps d'essai à prendre en compte doivent être connues par les enregistrements d'essai et les rapports de défaillances d'origine.

Il importe qu'un sommaire détaillé inclue tous les articles dont il faut tenir compte comme cela est indiqué ci-dessous:

- a) informations générales:
 - identification des entités;
 - référence au plan d'échantillonnage détaillé pour les essais de fiabilité.
- b) récapitulation chronologique de toutes les défaillances à prendre en compte:
 - date et heure de la défaillance;
 - classement de la défaillance;
 - référence au rapport de défaillance;
 - numéro de série de l'entité;
 - nombre cumulé des défaillances à prendre en compte;
 - temps d'essai cumulé à prendre en compte.
- c) récapitulation de toutes les défaillances à ne pas prendre en compte:
 - classement de la défaillance;
 - référence au rapport de défaillance.
- d) information sur le temps d'arrêt et le temps de réparation.

10.5 Inventaire des entités et pièces détachées défaillantes (facultatif)

Il convient que cet inventaire donne des informations concernant le taux de défaillance et la fréquence de remplacement des entités remplacées et des pièces détachées; il est destiné à la planification de la maintenance et au soutien logistique.

Il convient que le sommaire comprenne les éléments suivants:

- a) informations générales:
 - identification de l'entité;
 - référence au programme d'essai de fiabilité.

10.3.3 From the failure analysis personnel

- a) Analysis of the replaced items or parts:
 - visual examination and initial measurements;
 - analysis description (physical, chemical, etc.);
 - results;
 - date of analysis;
 - organization and name of analysis personnel.
- b) Analysis of conditions influencing the failure.
- c) Cause and classification of the failure.
- d) Recommended corrective action.
- e) General comments.

10.4 Failure summary record

This single document or file should contain summarized information on all failures. Failure data and relevant test time should be traceable to the originating test log and failure reports.

Detailed contents should include where relevant and possible clauses as listed below:

- a) general information:
 - identification of items;
 - reference to the detailed reliability test plan.
- b) chronological summary of all the relevant failures:
 - failure date and time;
 - failure classification;
 - reference to failure report;
 - item serial number;
 - accumulated number of relevant failures;
 - accumulated relevant test time.
- c) summary of all the non-relevant failures:
 - failure classification;
 - reference to failure report.
- d) down time and repair time information.

10.5 Failed replacement items and spare part inventory (optional)

This inventory should give information about the failure rate and frequency of replacement of replacement items and spare parts and is intended for maintenance planning and logistic support.

Contents should include the following:

- a) general information:
 - item identification;
 - reference to the detailed reliability test plan.