

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
605-1**

Première édition
First edition
1978

Essai de fiabilité des équipements

**Première partie:
Prescriptions générales**

Equipment reliability testing

**Part 1:
General requirements**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 605-1: 1978

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
605-1**

Première édition
First edition
1978

Essai de fiabilité des équipements

**Première partie:
Prescriptions générales**

Equipment reliability testing

**Part 1:
General requirements**

© CEI 1978 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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
DOMAINE D'APPLICATION	6
Articles	
1. Introduction	6
2. But de la norme	10
3. Applicabilité des méthodes données	10
4. Définitions et documents connexes	12
5. Principes des essais de conformité en fiabilité	12
5.1 Prescriptions de fiabilité	12
5.2 Clauses applicables aux essais de conformité en fiabilité	12
5.3 Méthodes d'essai de conformité en fiabilité	16
6. Principes des essais de détermination de la fiabilité	16
7. Constitution de l'échantillon et plans d'échantillonnage	18
7.1 Population et constitution de l'échantillon	18
7.2 Distributions sous-jacentes	18
7.3 Essais de conformité en fiabilité	22
7.4 Essais de détermination de la fiabilité	28
8. Conditions d'essai	30
8.1 Facteurs à prendre en considération pour le choix des conditions d'essai	30
8.2 Conditions de fonctionnement et d'environnement	32
8.3 Maintenance préventive au cours de l'essai	34
8.4 Conditions préférentielles d'essai en laboratoire	34
9. Caractéristiques de fonctionnement des dispositifs en essai et observations au cours de l'essai	36
9.1 Contrôle du fonctionnement des dispositifs en essai	36
9.2 Défaillances du dispositif en essai	38
9.3 Catégories de défaillances à ne pas prendre en compte	38
9.4 Catégories particulières de défaillances à prendre en compte	40
9.5 Durée d'essai à prendre en compte	42
10. Processus général de l'essai	42
10.1 Opérations concernant l'essai	42
10.2 Maintenance corrective	42
10.3 Analyse des défaillances	44
10.4 Enregistrement des conditions d'essai et des observations	44
10.5 Interprétation des résultats de l'essai	46
11. Considérations sur les essais en exploitation	48
11.1 Conditions d'essai	48
11.2 Fonctionnement des dispositifs et durée d'essai à prendre en compte	50
11.3 Collecte des données	50
12. Rapports d'essai	50
12.1 Feuilles de fonctionnement et d'enregistrement des données	52
12.2 Rapport de défaillance	52
12.3 Etat récapitulatif des défaillances	54
12.4 Etat récapitulatif des éléments de remplacement et des pièces détachées défaillants (facultatif)	56
12.5 Rapport final	56
13. Rappel des éléments à inclure dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité ou dans la spécification de l'équipement	56

CONTENTS

FOREWORD	Page 5
PREFACE	5
SCOPE	7
Clause	
1. Introduction	7
2. Object of this standard	11
3. Applicability of the methods given	11
4. Definitions and related documents	13
5. Principles of reliability compliance testing	13
5.1 Reliability requirements	13
5.2 Requirements for reliability compliance testing	13
5.3 Reliability compliance test methods	17
6. Principles of reliability determination testing	17
7. Test item sampling and statistical test plans	19
7.1 Population and test item sampling	19
7.2 Underlying distributions	19
7.3 Reliability compliance tests	23
7.4 Reliability determination tests	29
8. Test conditions	31
8.1 General considerations for the choice of test conditions	31
8.2 Operating and environmental test conditions	33
8.3 Preventive maintenance during the test	35
8.4 Preferred laboratory test conditions	35
9. Test item performance and test observations	37
9.1 Monitoring of test item performance	37
9.2 Test item failures	39
9.3 Classes of non-relevant failures	39
9.4 Special classes of failures	41
9.5 Relevant test time	43
10. General test procedure	43
10.1 Test operations	43
10.2 Corrective maintenance	43
10.3 Failure analysis and classification	45
10.4 Recording of test conditions and observations	45
10.5 Interpretation of test results	47
11. Field testing considerations	49
11.1 Test conditions	49
11.2 Test item performance and relevant test time	51
11.3 Data collection	51
12. Test reports	51
12.1 Test logs and data records	53
12.2 Failure reports	53
12.3 Failure summary record	55
12.4 Failed replacement units and spare parts inventory (optional)	57
12.5 Final report	57
13. Summary of details to be included in the detailed reliability test specification or the equipment specification	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAI DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS

Première partie: Prescriptions générales

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été préparée par le Comité d'Etudes N° 56 de la CEI: Fiabilité et maintenabilité.

Des projets discutés en février 1973 à la réunion de Milan ont abouti en conclusion à un projet final, le document 56(Bureau Central)45, qui a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1974. A la suite de la réunion tenue en septembre 1974 à Bucarest, un projet révisé, le document 56(Bureau Central)54, a été soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en janvier 1976. Les corrections rédactionnelles ont fait l'objet de discussions à la réunion de Nice de mai 1976.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Hongrie
Australie	Inde
Belgique	Italie
Brésil	Pays-Bas
Bulgarie	Pologne
Danemark	Roumanie
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING

Part 1: General requirements

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 56, Reliability and Maintainability.

Drafts were discussed at the meeting held in Milan in February 1973. As a result of this meeting, a final draft, Document 56(Central Office)45, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1974. As a result of the meeting held in Bucharest in September 1974, a revised draft, Document 56(Central Office)54, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1976. Editorial review was discussed at the meeting held in Nice in May 1976.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	India
Belgium	Italy
Brazil	Netherlands
Bulgaria	Poland
Czechoslovakia	Romania
Denmark	Spain
France	Sweden
Germany	Switzerland
Hungary	United States of America

ESSAI DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS

Première partie: Prescriptions générales

Domaine d'application

Cette norme donne des procédures pour les essais de fiabilité d'équipements, soit de conformité, soit de détermination. La première partie contient des indications générales sur le programme des essais. La deuxième partie jusqu'à la onzième partie incluse contiennent des méthodes spécifiques qui sont destinées à être utilisées pendant les phases de programme, d'essai, de collecte et d'analyse des données. La sélection des procédures les plus appropriées est du ressort de l'utilisateur de la norme.

Autres parties de cette norme :

- Deuxième partie: Recommandations pour la définition de cycles d'essai pour les essais de fiabilité des équipements.
- Troisième partie: Conditions d'essai préférentielles pour les essais de fiabilité des équipements.
- Quatrième partie: Méthode de calcul des estimations ponctuelles et des limites de confiance résultant d'essais de détermination de la fiabilité d'équipements.
- Cinquième partie: Plans d'échantillonnage pour confirmer la proportion de succès.
- Sixième partie: Test de validité de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.
- Septième partie: Plans d'échantillonnage pour confirmer le taux de défaillance et la moyenne des temps de bon fonctionnement, dans l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.
- Huitième partie: Tests de validité d'une hypothèse selon laquelle le taux de défaillance n'est pas constant.
- Neuvième partie: Plans d'échantillonnage pour confirmer l'hypothèse d'une distribution de Weibull des temps jusqu'à défaillance.
- Dixième partie: Plans d'échantillonnage pour confirmer l'hypothèse d'une distribution normale des temps jusqu'à défaillance.
- Onzième partie: Diagramme décrivant les préparatifs pour les essais en fiabilité et leur exécution.

1. Introduction

Cette norme donne des principes généraux aussi bien que des recommandations spécifiques en ce qui concerne les dispositions à prendre pour les essais de conformité en fiabilité et les essais de détermination de la fiabilité, pour les équipements. Les principes énoncés sont valables pour tous les types d'équipements tels qu'électroniques, électromécaniques et tels que mécaniques. Le terme équipement est utilisé ici aussi bien dans le sens d'équipement que de système.

Les essais considérés dans cette norme ne sont pas destinés à remplacer les essais habituels tels que les essais de qualification, les essais de fonctionnement et les essais d'environnement. Il est à noter que les essais de fiabilité des équipements constituent seulement l'un des éléments possibles d'un programme de fiabilité ayant pour objectif d'accroître l'assurance de la fiabilité d'un nouvel équipement aux niveaux de la conception, du développement et de la production.

Les notions d'essai de conformité et d'essai de détermination correspondent aux définitions suivantes:

Essai de conformité en fiabilité*, une expérimentation conduite pour montrer si la valeur d'une caractéristique de fiabilité d'un dispositif est conforme ou non aux exigences de fiabilité fixées.

* Voir aussi la Publication 271A de la CEI.

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING

Part 1: General requirements

Scope

This standard gives procedures for equipment reliability compliance and determination testing. Part 1 contains general requirements to be considered in the planning of the tests. Parts 2 to 11 inclusive contain specific procedures which are intended for use during the phases of planning, testing, data collecting and data analysing. Selection of the most appropriate procedures is made by the user of the standard.

Other parts of this standard:

- Part 2: Guidance for the Design of Test Cycles for Equipment Reliability Testing.
- Part 3: Preferred Test Conditions for Equipment Reliability Testing.
- Part 4: Procedures for Determining Point Estimates and Confidence Limits from Equipment Reliability Determination Tests.
- Part 5: Compliance Test Plans for Success Ratio.
- Part 6: Tests for the Validity of a Constant Failure Rate Assumption.
- Part 7: Compliance Test Plans for Failure Rate and Mean Time Between Failures Assuming Constant Failure Rate.
- Part 8: Tests for the Validity of a Non-constant Failure Rate Assumption.
- Part 9: Compliance Test Plans Assuming Weibull Distribution of Times to Failure.
- Part 10: Compliance Test Plans Assuming Normal Distribution of Times to Failure.
- Part 11: Flow Chart Describing Preparations for and Execution of Reliability Tests.

1. Introduction

This standard provides general principles as well as specific recommendations on procedures for equipment reliability compliance and determination testing. The principles set forth are suitable for all types of equipment including electronic, electromechanical and mechanical. The term equipment is used here as being synonymous with equipment and/or system.

The tests provided in this norme are not intended to replace ordinary tests such as qualification tests, functional performance tests and environmental tests. It should be noted that equipment reliability testing is only one of the possible elements of a reliability programme with the objective to increase the reliability assurance in the design, development and production of new equipment.

The concepts of compliance and determination testing are defined as follows:

Reliability compliance test *, an experiment used to show whether or not the value of a reliability characteristic of an item meets its stated reliability requirements.

* See also IEC Publication 271A.

Essai de détermination de la fiabilité*, une expérimentation conduite pour déterminer la valeur d'une caractéristique de fiabilité d'un dispositif.

Note. — Une analyse des données disponibles peut aussi être utilisée pour la détermination de la fiabilité.

L'essai de conformité en fiabilité est normalement utilisé comme condition d'acceptation de l'équipement par le client. L'essai de détermination est normalement utilisé pour obtenir de l'information lorsqu'un objectif de fiabilité déterminé n'a pas été établi.

Les essais de fiabilité des équipements peuvent être effectués sous forme d'essais de fiabilité en laboratoire ou en exploitation. Les définitions de ces notions sont les suivantes :

Essai de fiabilité en laboratoire*, essai de conformité en fiabilité ou de détermination de la fiabilité effectué dans des conditions de fonctionnement et d'environnement prescrites et contrôlées qui peuvent ou non simuler des conditions d'exploitation.

Essai de fiabilité en exploitation*, essai de conformité en fiabilité ou de détermination de la fiabilité effectué en exploitation où les conditions de fonctionnement, d'environnement, de maintenance et de mesure sont enregistrées.

Pour les essais de fiabilité d'équipement, les conditions d'essais de fiabilité en laboratoire devront être fixées en fonction des conditions d'emploi, la façon dont elles ont été déterminées devra être donnée et les conditions de maintenance seront prescrites et contrôlées.

Il dépend de bien des facteurs que des essais de fiabilité soient à prescrire ou non dans un contrat ou dans une spécification générale pour des équipements. Parmi les facteurs les plus importants à prendre en considération se trouvent :

- l'historique utile de l'équipement ;
- les conséquences d'une fiabilité insuffisante de l'équipement en matière de sécurité et d'économie ;
- le coût des essais de fiabilité ;
- le temps nécessaire pour les essais ;
- la possibilité de parvenir à l'assurance de la fiabilité par d'autres moyens que les essais de fiabilité ; et
- les échantillons représentatifs disponibles.

De ce fait, les conclusions finales tirées d'un essai de conformité en fiabilité ne doivent pas être basées seulement sur la décision formelle d'acceptation ou de rejet à laquelle cet essai a conduit. Les causes et les conséquences de chacune des défaillances observées au cours d'un essai de fiabilité doivent être analysées en détail et toute possibilité d'action corrective efficace doit être envisagée.

Un programme de croissance (ou d'amélioration) de fiabilité utilise les essais de fiabilité mais avec le but principal d'améliorer la fiabilité. Ceci se réalise par des analyses successives de défaillances et de modifications correctives aux équipements en essai. Cette étape peut donc essentiellement se réaliser avant les essais de conformité ou de détermination à chaque fois qu'il y a une raison de croire que la fiabilité de l'équipement est insuffisante.

De grandes précautions doivent être prises dans le cas de l'extrapolation des résultats d'un essai de conformité en fiabilité ou d'un essai de détermination de la fiabilité :

- à d'autres populations d'équipements ;
- à des conditions d'environnement différentes des conditions d'essai, ou
- à un temps de fonctionnement supérieur à celui de l'essai.

* Voir aussi la Publication 271A de la CEI.

Reliability determination test*, an experiment used to determine the value of a reliability characteristic of an item.

Note. — Analysis of available data may also be used for reliability determination.

The reliability compliance test is normally used as a condition of acceptance of the equipment by the customer. The determination test is normally used to provide information where a specific reliability requirement has not been stated.

Equipment reliability testing may be accomplished by either laboratory or field testing. The definitions of these concepts are as follows:

Laboratory reliability test*, a reliability compliance or determination test made under prescribed and controlled operating and environmental conditions which may or may not simulate field conditions.

Field reliability test*, a reliability compliance or determination test made in the field where operating environmental, maintenance and measurement conditions are recorded.

For equipment reliability testing, the laboratory reliability test conditions should be related to the conditions of use in a known manner and the maintenance conditions shall be prescribed and controlled.

Whether reliability testing should be required at all in a contract or a general equipment specification depends upon many factors. Among the most important of these are:

- relevant history of equipment;
- the consequences of inferior equipment reliability with respect to safety and economy;
- the cost of reliability testing;
- the time required for testing;
- the possibility of obtaining reliability assurance by activities other than reliability testing, and
- the availability of representative samples.

The final conclusions drawn from a reliability compliance test should not be based solely upon the formal accept/reject decision reached. The causes and consequences of each failure observed during a reliability test should be analyzed in detail, and any possibility of taking effective corrective actions should be investigated.

A reliability growth (or improvement) programme employs reliability testing, but with the principal object of upgrading the reliability. This takes place by successive analysis of failures and corrective modifications to the equipments under test. This process may therefore be an essential preliminary to compliance or determination testing whenever there is a reason to believe that the equipment reliability is inadequate.

Great care should be taken if the results of a reliability compliance or determination test are extrapolated to:

- other equipment populations;
- environmental conditions differing from the test conditions, or
- longer time of operation than used during the testing.

* See also IEC Publication 271A.

De même, du fait de la complexité et de la variabilité de l'environnement auquel sont soumis la plupart des équipements lors de leur utilisation, on ne peut pas s'attendre, dans chaque cas particulier, à une corrélation étroite entre les résultats de fiabilité obtenus par des essais de fiabilité en laboratoire et ceux qui résultent de l'expérience basée sur l'utilisation réelle.

Un diagramme donnant une description générale des préparatifs pour les essais de conformité en fiabilité et leur exécution est présenté dans la onzième partie.

2. But de la norme

Le but de cette norme est de recommander des méthodes et des règles pour les essais de fiabilité des équipements. Les recommandations incluent comment :

- spécifier les objectifs de fiabilité en vue des essais de conformité;
- choisir les conditions dans lesquelles seront effectués les essais de fiabilité;
- rédiger les spécifications particulières pour les essais de fiabilité;
- mettre en œuvre les essais de fiabilité en laboratoire et en exploitation;
- évaluer l'information fournie par les essais de fiabilité;
- rédiger les rapports d'essais de fiabilité.

3. Applicabilité des méthodes données

Les recommandations données dans cette norme sont destinées à être appliquées :

- 1) quand on considère qu'il est désirable de stipuler dans un *contrat* d'équipement des clauses quantitatives de fiabilité qui devront être vérifiées par des essais de conformité en fiabilité;
- 2) quand on considère qu'il est désirable d'introduire dans une *spécification générale pour des équipements* des objectifs de fiabilité qui devront être vérifiés par des essais de conformité en fiabilité. La norme est donc destinée à être utilisée par les divers Comités d'Etudes traitant de normalisation d'équipements;
- 3) quand un constructeur d'équipements, un laboratoire d'essais ou un utilisateur désirent obtenir une *information sur la fiabilité* basée sur des essais de détermination de la fiabilité pour un type particulier d'équipement ou une utilisation particulière.

Bien que primitivement destinées aux équipements électroniques, ces méthodes sont applicables aussi bien à d'autres types d'équipements et de systèmes comportant des éléments électriques, électromécaniques, mécaniques, pneumatiques et hydrauliques. L'équipement peut être réparé ou non pendant qu'il est utilisé et pendant le contrôle. Les méthodes sont aussi applicables à des dispositifs à durée de vie limitée.

Les méthodes peuvent être mises en œuvre à une ou plusieurs des phases de production suivantes: développement (prototype), présérie, production normale et exploitation. Les essais peuvent être inclus dans une procédure de qualification initiale, une procédure de requalification ou une procédure d'acceptation au cours de la production. Les méthodes sont applicables à des essais en laboratoire aussi bien qu'à des essais en exploitation.

Les méthodes sont applicables quand la fiabilité est exprimée en termes de caractéristiques de fiabilité suivants :

- taux de défaillance, moyenne des temps de bon fonctionnement, temps moyen jusqu'à la première défaillance ou autres paramètres de la distribution des temps jusqu'à défaillance ou des temps entre défaillances;
- proportion de succès pour un intervalle de temps donné ou un nombre de fonctionnements donné (épreuves).

Also, due to the complexity and variability of usage environments for most equipment applications, strict correlation between the reliability figures obtained from laboratory reliability testing and those experienced in actual use should not be expected in each individual case.

A flow chart giving an overall description of preparations for and execution of reliability compliance tests is presented in Part 11.

2. Object of this standard

The object of this standard is to provide recommended methods and procedures for the purpose of equipment reliability testing. The recommendations include how to:

- specify reliability requirements for compliance testing;
- select test conditions for reliability tests;
- prepare detailed reliability test specifications;
- perform laboratory and field reliability tests;
- evaluate information from reliability testing;
- write reliability test reports.

3. Applicability of the methods given

The recommendations given in this standard are intended to be applied:

- 1) when it is considered desirable in an equipment *contract* to stipulate quantitative reliability requirements which are to be verified by reliability compliance testing;
- 2) when it is considered desirable in a *general equipment specification* to incorporate reliability requirements to be verified by reliability compliance testing. The standard is thus intended to be used by the various Technical Committees dealing with equipment standardization;
- 3) when an equipment manufacturer, test agency or user intends to ascertain *reliability information* based on reliability determination testing for the particular type or application of the equipment.

Although primarily intended for electronic equipment, the methods are also applicable to other types of equipment and systems containing electric, electromechanical, mechanical, pneumatic and hydraulic devices. The equipment may be repaired or not repaired in use and during the testing. The methods are also applicable to limited-life devices.

The methods can be applied in any one or more of the product phases: development (prototype), pre-production, normal production and field use. The tests may be included in an initial qualification procedure, in a requalification procedure, and in an acceptance procedure during normal production. They are applicable for laboratory tests as well as for field tests.

The methods are applicable when reliability is expressed in terms of the following reliability characteristics:

- failure rate, mean time between failures, mean time to first failure or other parameters of the distribution of times to or between failures;
- success ratio for a given time interval or number of operations (trials).

L'applicabilité n'est pas restreinte à une distribution particulière de temps jusqu'à défaillance.

Partout où le concept «temps» apparaît dans cette norme, cette variable peut être remplacée par une distance, un nombre de cycles ou toute autre grandeur ou unité appropriée.

En cas de conflit entre la présente norme et le contrat ou les spécifications qui s'appliquent au matériel, ce sont ces derniers documents qui font foi.

4. Définitions et documents connexes

La signification des termes qui ne sont pas définis explicitement dans cette norme est conforme aux définitions de la Publication 271 de la CEI et des Recommandations R645 et R1786 de l'ISO. Ces documents et d'autres publications connexes sont indiqués dans la liste ci-dessous:

Publication 68 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique (publiée en plusieurs parties).

Publication 271 de la CEI: Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité (1974).

Publication 272 de la CEI: Considérations préliminaires sur la fiabilité (1968).

Publication 300 de la CEI: La fiabilité, problème de direction (1969).

Publication 362 de la CEI: Guide pour l'acquisition des données de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité à partir des résultats d'exploitation des dispositifs électroniques (1971).

Recommandation R645 de l'ISO: Vocabulaire et symboles statistiques, première série (1967).

Recommandation R1786 de l'ISO: Vocabulaire et symboles statistiques, deuxième série (1970).

5. Principes des essais de conformité en fiabilité

5.1 Prescriptions de fiabilité

Les prescriptions de fiabilité opérationnelle pour un équipement particulier doivent être déduites de considérations relatives au système global et exprimées en termes relatifs à l'utilisation. Ces prescriptions doivent se référer à toute la plage des conditions d'utilisation (conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance) et au temps total pour lesquels un fonctionnement satisfaisant est exigé.

Pour un essai de conformité, les clauses de fiabilité applicables doivent être exprimées en termes relatifs à l'essai et définies d'une manière telle qu'elles permettent d'obtenir une bonne correspondance entre la valeur de la caractéristique de fiabilité résultant de l'essai et la valeur de fiabilité opérationnelle dans les conditions d'exploitation. Il faut bien noter toutefois qu'une correspondance rigoureuse entre la fiabilité en essai et la fiabilité en exploitation est difficile à obtenir. De ce fait, les prescriptions de fiabilité opérationnelle exprimées en termes relatifs à l'utilisation devraient toujours, lorsque les prescriptions doivent être vérifiées par un essai, être transformées en clause applicable à un essai de conformité en fiabilité.

5.2 Clauses applicables aux essais de conformité en fiabilité

Toutes les clauses applicables aux essais de conformité en fiabilité d'un équipement doivent être incluses ou introduites dans le contrat ou la spécification concernant l'équipement.

Elles doivent être suffisamment complètes pour définir tous les détails particuliers de l'essai de conformité en fiabilité. Lorsque l'essai de conformité en fiabilité est spécifié en accord avec la présente norme, l'information dont les éléments sont indiqués dans les paragraphes 5.2.1 à 5.2.5 doit être donnée dans la mesure où ces éléments s'appliquent au cas considéré.

The applicability is not restricted to any particular distribution of times to failure.

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

In case of conflict between this standard and the relevant contract or equipment specification(s), the latter shall apply.

4. Definitions and related documents

The meaning of terms, not explicitly defined in this standard, is in accordance with the definitions in IEC publication 271 and/or ISO Recommendations R645 and R1786. These and other related publications are listed below:

IEC Publication 68: Basic Environmental Testing Procedures, (issued in several parts).

IEC Publication 271: List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability, issued 1974.

IEC Publication 272: Preliminary Reliability Considerations, issued 1968.

IEC Publication 300: Managerial Aspects of Reliability, issued 1969.

IEC Publication 362: Guide for the Collection of Reliability, Availability and Maintainability Data from Field Use of Electronic Items, issued 1971.

ISO Recommendation R645: Statistical vocabulary and symbols, first series, issued 1967.

ISO Recommendation R1786: Statistical vocabulary and symbols, second series, issued 1970.

5. Principles of reliability compliance testing

5.1 Reliability requirements

Operational reliability requirements for a particular equipment should be derived from total system considerations and expressed in usage-oriented terms. The requirements should refer to the whole range of use conditions (operating, environmental and maintenance conditions) and the total period of time for which satisfactory performance is required.

For compliance testing reliability requirements should be specified in test-oriented terms and be designed to achieve good correspondence between the value of the reliability characteristic resulting from testing and the value of the operational reliability under use conditions. It must be realized, however, that close correspondence between test and use reliability is difficult to achieve. The usage-oriented operational reliability requirements should always be converted into suitable requirements for reliability compliance testing whenever reliability requirements are to be verified by testing.

5.2 Requirements for reliability compliance testing

Any requirement for reliability compliance testing of equipment should be included in or enforced by the equipment contract or specification.

They should be complete enough to define all particular 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 Sub-clauses 5.2.1 to 5.2.5, if applicable.

5.2.1 Dispositifs à mettre en essai et type d'essai

- 1) Identification de l'équipement (du type d'équipement) à mettre à l'essai.
- 2) Type d'essai à effectuer: en laboratoire ou en exploitation. Voir paragraphe 5.3.
- 3) Population d'équipements de laquelle l'échantillon devra être tiré, et, s'il y a lieu, méthode particulière d'échantillonnage. Voir paragraphe 7.1.

5.2.2 Caractéristique de fiabilité et plan d'échantillonnage

- 1) Caractéristique de fiabilité applicable et indication de la valeur acceptable.
Lorsque la caractéristique de fiabilité est relative à un système et doit être obtenue à partir de caractéristiques de fiabilité faisant l'objet d'essais séparés de sous-ensembles, la méthode à utiliser pour son obtention doit être aussi spécifiée et doit inclure le schéma de fiabilité applicable.
- 2) Le plan d'échantillonnage de conformité à utiliser.
Le plan d'échantillonnage doit être de préférence choisi parmi ceux indiqués dans les cinquième, septième, neuvième ou dixième parties de cette norme. Voir article 7.
- 3) Les tests à utiliser à l'occasion pour la validité de l'hypothèse d'une distribution. Voir le paragraphe 7.2.2 et les sixième, septième et huitième parties pour l'usage des tests de validité et des risques possibles.

5.2.3 Conditions d'essai et cycle d'essai

- 1) Conditions de fonctionnement et d'environnement incluant les conditions de charge et d'alimentation durant l'essai et la manipulation réelle. Voir paragraphe 8.2 et article 11.
- 2) Opérations de maintenance préventive à effectuer au cours de l'essai. Voir paragraphe 8.3 et article 11.
- 3) Cycle d'essai définissant la succession et la combinaison des éléments 1) et 2) ci-dessus. Voir paragraphe 8.1.

5.2.4 Performance et défaillance des dispositifs en essai

- 1) Caractéristiques de fonctionnement à contrôler durant l'essai et critères de défaillances. Voir paragraphes 9.1 et 9.2.
- 2) Types de défaillances entraînant une décision de rejet immédiat. Voir paragraphe 9.4.1.
- 3) Types de défaillances à considérer comme défaillances à ne pas prendre en compte. Voir paragraphe 9.3.
- 4) Périodes de l'essai auxquelles correspondent les durées d'essai à prendre en compte. Voir paragraphe 9.5.
- 5) Temps d'essai ou nombre d'opérations minimal et/ou maximal pour chaque dispositif en essai. Voir paragraphe 9.5.

5.2.5 Conditions préalables à l'essai et maintenance corrective

- 1) Contrôles, réglages, étalonnages et temps de fonctionnement (déverminage) des dispositifs avant l'essai de fiabilité. Voir paragraphes 7.1 et 10.1.
- 2) Instructions pour la maintenance corrective précisant tout remplacement autorisé de pièces ou dispositifs défaillants. Voir paragraphe 10.2.

5.2.1 *Test items and type of test*

- 1) Identification of the (type of) equipment to be tested.
- 2) Type of test to be performed; laboratory or field test. See Sub-clause 5.3.
- 3) Population of the equipment from which the test sample shall be drawn and where appropriate, any special procedure of test item selection. See Sub-clause 7.1.

5.2.2 *Reliability characteristic and statistical test plans*

- 1) Applicable reliability characteristic and statement of the acceptable value.
When the reliability characteristic refers to a system and is to be derived from separately verified reliability characteristics for individual sub-units, the derivation procedure to be applied shall also be specified and shall include the applicable reliability block diagram.
- 2) The compliance test plan to be used.
The plan used should preferably be chosen from the applicable Part 5, 7, 9 or 10 of this standard. See Clause 7.
- 3) Tests to be used for the validity of distribution assumption, if desired. See Sub-clause 7.2.2 and Parts 6 to 8 for validity tests to be used and possible risk considerations.

5.2.3 *Test conditions and test cycle*

- 1) Operating and environmental test conditions including load and supply conditions and actual manipulation. See Sub-clause 8.2 and Clause 11.
- 2) Preventive maintenance to be applied during the test. See Sub-clause 8.3 and Clause 11.
- 3) Test cycle for the sequence and combinations of 1) and 2) above. See Sub-clause 8.1.

5.2.4 *Test item performance and failure*

- 1) Functional parameters to be monitored during the test and criteria for test item failures. See Sub-clauses 9.1 and 9.2.
- 2) Types of failures demanding immediate reject decision. See Sub-clause 9.4.1.
- 3) Types of failures to be considered as non-relevant test item failures. See Sub-clause 9.3.
- 4) Periods of test time to be considered as relevant test time. See Sub-clause 9.5.
- 5) Minimum and/or maximum relevant test time or number of operations for each test item. See Sub-clause 9.5.

5.2.5 *Pre-test conditions and corrective maintenance*

- 1) Tests, adjustments, calibrations and operation time (burn-in) of the test items prior to the reliability test. See Sub-clauses 7.1 and 10.1.
- 2) Corrective maintenance procedures to be applied, including any permitted replacement of failed parts or items. See Sub-clause 10.2.

5.3 Méthodes d'essai de conformité en fiabilité

Avant que ne commence un essai de fiabilité d'un équipement, une *spécification particulière pour l'essai de fiabilité* devrait être rédigée. Elle devrait contenir :

- les clauses applicables à l'essai de conformité en fiabilité, conformément au paragraphe 5.2 ci-dessus, détaillées au niveau de l'équipement particulier à mettre en essai ;
- les caractéristiques exigées en conséquence pour les moyens d'essai ou une liste de ces derniers comprenant les matériels d'environnement, l'appareillage de contrôle, les moyens nécessaires à la maintenance et les moyens de conduite du programme d'essai ;
- les instructions pour la mise en œuvre de l'essai et les actions à mener lorsque apparaissent des défaillances dans les dispositifs en essai ou dans les moyens d'essai ;
- les instructions pour la rédaction des rapports et les actions à mener à la suite des décisions prises.

Une liste récapitulative des éléments qui doivent être inclus dans la *spécification particulière pour l'essai de fiabilité* ou dans la *spécification de l'équipement* est donnée à l'article 13.

Les essais de fiabilité des équipements peuvent être effectués sous forme d'essais de fiabilité en laboratoire ou d'essais de fiabilité en exploitation.

Les essais en laboratoire ont pour avantage que les conditions d'essai peuvent être définies et contrôlées, ce qui permet l'obtention de résultats reproductibles et comparables. De plus, le contrôle des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs en essai et la connaissance des défaillances ont lieu dans de meilleures conditions. Dans bien des cas, le choix des conditions d'essai permet de mieux tenir compte des conditions limites d'utilisation. Les décisions résultant de l'essai et la connaissance des problèmes qui se posent sont accessibles plus tôt, ce qui favorise la mise en œuvre d'actions correctives en temps opportun.

Les essais en exploitation peuvent fournir, dans certains cas, des résultats plus réalistes et exiger des moyens d'essais moins importants. Le coût direct d'un essai en exploitation peut souvent être moins élevé que celui d'un essai en laboratoire correspondant. Le fonctionnement des équipements au cours de l'essai peut se faire dans les conditions normales d'utilisation. L'impossibilité d'accomplir des essais en exploitation dans des conditions étroitement contrôlées peut toutefois présenter un désavantage appréciable. La reproductibilité d'un essai en exploitation est généralement moins bonne que celle d'un essai en laboratoire.

Les méthodes en laboratoire et en exploitation sont tout à fait similaires vis-à-vis des clauses et de la mise en œuvre des essais de fiabilité. Des considérations particulières aux essais de fiabilité en exploitation sont notées à l'article 11.

6. Principes des essais de détermination de la fiabilité

Dans le cas des essais de détermination de la fiabilité, les estimations des caractéristiques de fiabilité à retenir sont obtenues par l'analyse des observations faites durant l'essai. Les caractéristiques de fiabilité applicables doivent être indiquées.

La définition des conditions d'essai, des caractéristiques de fonctionnement des dispositifs en essai, des observations lors de l'essai et des méthodes d'essai, est la même pour les essais de détermination de la fiabilité que pour les essais de conformité en fiabilité. La liste des prescriptions qui figure dans les paragraphes 5.2.1, 5.2.3, 5.2.4 et 5.2.5 est par conséquent applicable. Du fait qu'il n'y a pas d'exigences de fiabilité quantitatives préétablies dans le cas d'essai de détermination, le paragraphe 5.2.2 ne s'applique pas.

5.3 Reliability compliance test methods

Prior to the start of an equipment reliability test, a *detailed reliability test specification* should be prepared. This should contain:

- requirements for reliability compliance testing according to Sub-clause 5.2 above, detailed for the particular equipment to be tested;
- derived requirements on, or a list of the test facilities to be used, including environmental facilities, monitoring equipment, maintenance facilities and test programme control;
- instructions for running the test and actions to be taken when failures occur in test items and test facilities;
- instructions for reporting and actions to be taken due to test decisions.

A check-list of items to be included in the detailed reliability test specification of the equipment specification is found in Clause 13.

Equipment reliability testing may be accomplished by either laboratory or field testing.

Laboratory tests have the advantage that the test conditions can be defined and controlled, giving reproducible and comparable results. In addition, the monitoring of the test item performance and failure indications are under better control. Laboratory test conditions in many cases can be designed to take better account of limiting conditions of application. Earlier test decisions and problem identification are possible, permitting more timely corrective actions.

Field tests may in some cases 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 used in normal operation. 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 testing. Special considerations for field reliability testing are pointed out in Clause 14.

6. Principles of reliability determination testing

In reliability determination testing, estimates of the reliability characteristics of interest are obtained from analysis of test observations. The applicable reliability characteristics shall be stated.

The definition of test conditions, test item performance, test observations and test procedures is the same for reliability determination testing as for reliability compliance testing. The list of requirements as given in Sub-clauses 5.2.1, 5.2.3, 5.2.4 and 5.2.5 therefore apply. As there is no predetermined quantitative reliability requirement in case of determination testing, Sub-clause 5.2.2 does not apply.

Comme dans le cas des essais de conformité, une *spécification particulière pour l'essai de fiabilité* doit être rédigée et les essais peuvent être conduits en laboratoire ou en exploitation, voir paragraphe 5.3.

Les méthodes statistiques pour les essais de détermination de la fiabilité sont décrites au paragraphe 7.4. Des résultats antérieurs ou des observations d'exploitation peuvent être utilisés pour la détermination de la fiabilité, dans la mesure où les données sont suffisamment complètes, bien établies et applicables à la situation.

7. Constitution de l'échantillon et plans d'échantillonnage

Un plan d'essai pour étudier la fiabilité est nécessairement basé sur des considérations statistiques du fait que les caractéristiques de fiabilité sont de nature statistique.

Dans le cas où sont spécifiés la moyenne des temps de bon fonctionnement, le taux de défaillance moyen ou d'autres paramètres d'une distribution, l'essai se présente comme un essai de durée au cours duquel sont observées les durées à prendre en compte jusqu'à défaillance de l'équipement. Une hypothèse concernant la distribution des temps jusqu'à défaillance doit être faite (voir les sixième à dixième parties).

Dans le cas où une proportion de succès est spécifiée, l'essai exige seulement que les nombres d'épreuves et d'échecs ou les nombres totaux de dispositifs et de dispositifs défaillants soient comptés et traités statistiquement.

7.1 Population et constitution de l'échantillon

L'essai de fiabilité d'équipement peut s'appliquer à l'un des cas suivants:

- a) Modèles d'étude ou prototypes.
- b) Lot de présérie.
- c) Lot ou lots de production.

La population doit être homogène, c'est-à-dire que les dispositifs sont produits par les mêmes moyens dans des conditions similaires, ceci afin que les essais de fiabilité soient représentatifs. Le nombre de dispositifs de la population peut être, dans certains cas, l'unité.

Les dispositifs à mettre en essai devront être choisis au hasard dans la population concernée. La population concernée et toute procédure spéciale de sélection de dispositif devront être définies dans la spécification détaillée d'essai de fiabilité. Si possible, l'acheteur ou un organisme d'essai indépendant devrait faire cette sélection.

Tout déverminage ou exposition à contrainte (c'est-à-dire manutention et transport) des échantillons en essai, sera le même que pour les équipements livrables.

7.2 Distributions sous-jacentes

Les variables aléatoires adoptées pour l'essai de fiabilité dans cette norme sont les suivantes.

- Une variable aléatoire continue: le temps jusqu'à défaillance ou le temps entre défaillances avec une distribution sous-jacente continue de type exponentiel, normal ou de Weibull.
- Une variable aléatoire discrète: le nombre de défaillances ou de dispositifs défaillants avec une distribution discrète de type binomial.

D'autres distributions peuvent aussi être utilisées si leur application est essentielle.

A *detailed reliability test specification* should be prepared and laboratory or field tests may be applied as for compliance tests, see Sub-clause 5.3.

The statistical methods for reliability determination testing are described in Sub-clause 7.4. Existing data from earlier tests or field observations may be acceptable for reliability determination, provided the data are sufficiently complete, well-established and applicable to the situation.

7. Test item sampling and statistical test plans

Test planning for reliability testing is necessarily based on statistical considerations because the reliability characteristics are statistical in nature.

In case of mean time between failures, (mean) failure rate or other distribution parameters being required, the testing is performed as a time test during which the relevant times to failure are observed. An assumption of the distribution of times to failure shall be made (see Parts 6 to 10).

In case of success ratio being required, the testing implies that only the numbers of trials and failures or the total number of items and number of failed items are to be counted and treated statistically.

7.1 Population and test item sampling

Equipment reliability testing can be applied to any of the following:

- a) Development models or prototypes.
- b) Pre-production lot.
- c) Production lot or lots.

The population must be essentially homogeneous, i.e. the items are produced by the same methods and under similar circumstances in order to allow representativeness of the reliability test. The number of items in the population may in some cases be a single item.

Items to be tested should be randomly selected from the relevant population. The relevant population and any special procedure of test item selection shall be stated in the detailed reliability test specification. When applicable, the customer or independent test agency should make this selection.

Any burn-in or other prior exposure to stress (e.g., handling or transportation) of the test samples shall be equal to that of the deliverable equipments.

7.2 Underlying distributions

The random variables relevant to the reliability tests in this standard are the following.

- A continuous random variable: the time to failure or time between failures with an underlying continuous distribution of the exponential, Weibull or normal type.
- A discrete random variable: the number of failures or failed items with a discrete distribution of the binomial type.

Other distributions may also be applied, if their applicability is substantiated.

7.2.1 *Recommandation pour le choix de l'hypothèse sur la distribution*

Les paragraphes suivants indiquent les aspects techniques des distributions utilisées dans cette norme.

7.2.1.1 *Distributions continues*

Si la variable aléatoire est le temps jusqu'à défaillance ou le temps entre défaillances, les distributions suivantes doivent être considérées :

Loi exponentielle — A utiliser lorsque le taux de défaillance est constant. Pour de nombreux équipements, il existe une période à taux de défaillance constant après une période de défaillances précoces (taux de défaillance décroissant) et avant une période de défaillances d'usure (taux de défaillance croissant). Un taux de défaillance approximativement constant peut aussi être obtenu après stabilisation sur un équipement soumis à une série de remplacements de pièces à l'occasion de maintenance préventive ou corrective même si les pièces ont individuellement un taux de défaillance croissant.

Loi de Weibull — A utiliser lorsque le taux de défaillance est décroissant ou croissant. Des équipements complexes peuvent présenter un taux de défaillance décroissant alors que des équipements avec mécanisme d'usure et ceux qui contiennent une proportion élevée d'éléments redondants non réparables manifestent un taux de défaillance croissant. Le modèle de Weibull peut généralement être utilisé avec succès pour un grand nombre d'applications. Cependant les méthodes statistiques ne sont pas disponibles autant que celles des distributions exponentielle et normale.

Loi normale — A utiliser pour un taux de défaillance croissant lorsque la distribution des temps jusqu'à défaillance est proche d'une distribution gaussienne. Bien que cette distribution puisse être approximée par une loi de Weibull avec un choix convenable des paramètres, la loi normale peut avantageusement être utilisée du fait du nombre important des méthodes statistiques disponibles basées sur l'hypothèse de normalité.

7.2.1.2 *Distributions discrètes relatives à la proportion de succès*

Lorsque les pièces ou expériences doivent être classées en défaillant ou non défaillant, la probabilité de succès est utilisée pour caractériser la fiabilité.

Les plans d'échantillonnage donnés par la cinquième partie utilisent la distribution binomiale pour la détermination des effectifs d'échantillons et des courbes d'efficacité.

7.2.2 *Hypothèse initiale concernant la distribution des temps jusqu'à défaillance ou des temps entre défaillances*

Pour les équipements, l'hypothèse initiale doit être un taux de défaillance constant décrit par la distribution exponentielle, à moins que l'analyse de données suffisantes ne justifie le choix d'une autre distribution, voir paragraphe 7.2.1.

L'hypothèse concernant toute autre distribution doit être basée sur des études de fiabilité ou des analyses faites antérieurement à l'essai de fiabilité. Ces investigations peuvent être faites lors de la conception et du développement de l'équipement ou à posteriori pour un équipement déjà construit, avec ou sans objectif de fiabilité. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit indiquer la distribution supposée lorsqu'il ne s'agit pas d'une distribution exponentielle.

Si l'on y fait appel pour la spécification détaillée d'essai de fiabilité, les tests pour la validité de l'hypothèse de la distribution initiale devront être effectués grâce aux méthodes décrites dans les sixième ou huitième parties. Les tests de validité peuvent être basés sur les mêmes données que les tests de fiabilité.

7.2.1 *Guidance for selection of assumed distribution*

The following sub-clauses describe technical aspects of distributions used in this standard.

7.2.1.1 *Continuous distributions*

If the random variable is time to failure or time between failures, the following distributions should be considered:

Exponential — For use when the failure rate has a constant value. A constant failure rate period exists for many equipments after an early failure period (decreasing failure rate) and before a wear-out failure period (increasing failure rate). Approximately constant failure rate may also be exhibited after stabilization by equipment subjected to a series of replacements of parts due to preventive or corrective maintenance, even if the parts separately have an increasing failure rate.

Weibull — For use with decreasing or increasing failure rate. Complex equipments may show decreasing failure rate, while equipments with wear-out mechanisms and those containing a high proportion of non-repaired redundant elements exhibit increasing failure rate. The Weibull model is therefore successful for a wide number of applications. However, statistical procedures are not as extensively available as for the exponential and the normal distributions.

Normal — For use with increasing failure rate when the distribution of the times to failure approximate to a Gaussian distribution. Although this distribution can be approximated by a Weibull distribution with the proper selection of parameters, the normal distribution can advantageously be used because of the large number of statistical methods available based on the assumption of normality.

7.2.1.2 *Discrete distribution relevant to success ratio:*

When test items or trials are to be classified as either failed or non-failed, the success ratio is used as reliability characteristic.

The test plans given in Part 5 use the binomial distribution in the determination of sample sizes and operating characteristic curves.

7.2.2 *Initial assumption of distribution of times to failure or times between failures*

For equipment the initial assumption shall be a constant failure rate described by the exponential distribution, unless a documented analysis or engineering judgement justifies the selection of any other distribution, see Sub-clause 7.2.1.

The bases for the assumption of any other distribution should be reliability investigations or analyses made prior to the reliability test. This evaluation may be made during the design and development of the equipment or *a posteriori* for an equipment which has been built with or without any reliability requirement. The detailed reliability test specification shall state the assumed distribution, if other than exponential.

When called for by the detailed reliability test specification, tests for the validity of the initial distribution assumption shall be performed using the methods described in Part 6 or 8. The validity tests may be based on the same data as the reliability test.

7.3 Essais de conformité en fiabilité

Le but des paragraphes 7.3.1 à 7.3.4 est de décrire les plans d'échantillonnage utilisés pour l'acceptation ou le rejet d'un équipement, vis-à-vis d'une clause de fiabilité. Il est nécessaire que toutes les règles relatives à l'acceptation ou au rejet soient établies avant que l'essai ne commence. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit par conséquent indiquer le plan d'échantillonnage à utiliser.

7.3.1 Essais correspondant aux taux de défaillance ou aux moyennes des temps de bon fonctionnement dans l'hypothèse d'un taux de défaillance constant

Lorsque le taux de défaillance est constant, un plan d'échantillonnage issu de la septième partie doit être choisi. Ces plans correspondent aux types d'essais suivants qui peuvent être exécutés avec ou sans remplacement.

— Essais progressifs tronqués:

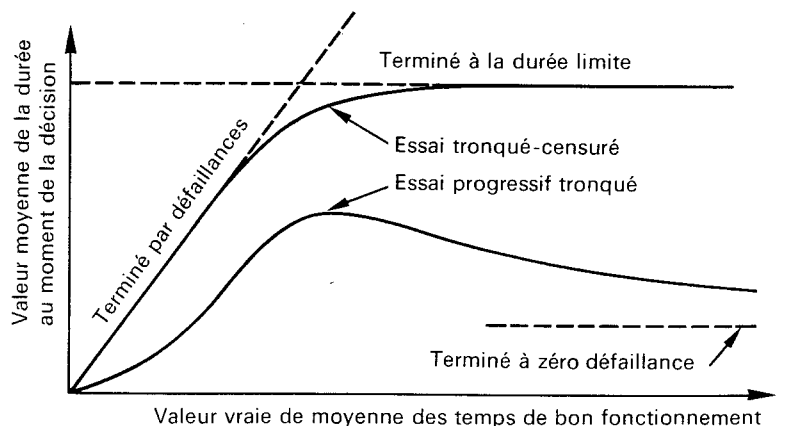
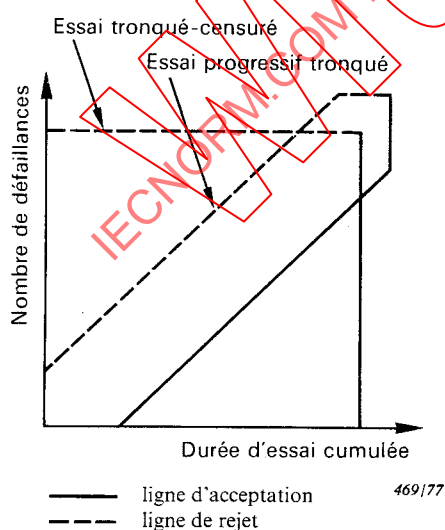
Durant le déroulement de l'essai, les équipements en essai sont contrôlés d'une manière continue ou à de courts intervalles et la durée d'essai à prendre en compte et le nombre de défaillances à prendre en compte sont comparés à des critères établis pour déterminer si l'on doit accepter ou rejeter les équipements ou continuer l'essai.

— Essais tronqués-censurés:

Durant le déroulement de l'essai, les équipements en essai sont contrôlés d'une manière continue ou à de courts intervalles et 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).

Recommandations pour le choix du type de plan

La figure 1 indique une comparaison entre un essai progressif tronqué et un essai tronqué-censuré avec les mêmes risques. A partir de la figure, on peut déterminer certains des avantages et des désavantages des deux plans. Certains arguments sont également évidents en considérant la figure 2 montrant la durée d'essai cumulée à prendre en compte en général pour prendre une décision, fonction de la véritable moyenne des temps de bon fonctionnement de l'équipement pour les deux types de plans de base.



Note. — Pour les échelles de temps voir la septième partie.

FIGURE 1

FIGURE 2

7.3 Reliability compliance tests

The purpose of Sub-clauses 7.3.1 to 7.3.4 is to describe the statistical test plans used for equipment acceptance or rejection to a specified reliability value. This requires that all rules regarding acceptance and rejection are established before the test starts. The detailed reliability test specification shall therefore state the test plan to be used.

7.3.1 Tests appropriate to failure rate and mean time between failures assuming constant failure rate

For constant failure rate described by the exponential distribution a test plan from Part 7 should be chosen. These are of the following two basic types which can be performed with or without replacement.

— Truncated sequential tests:

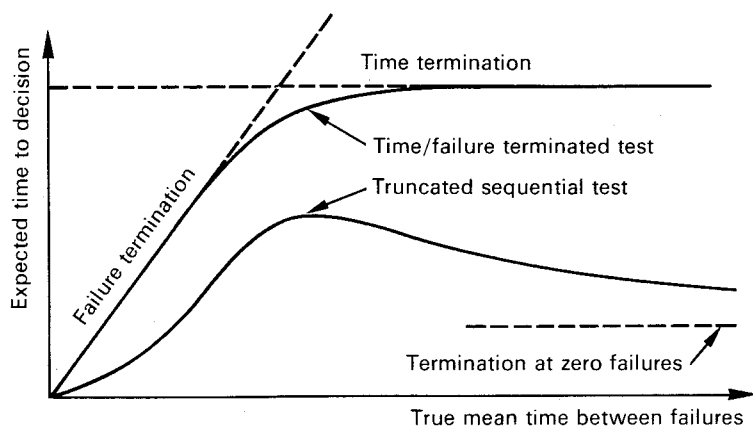
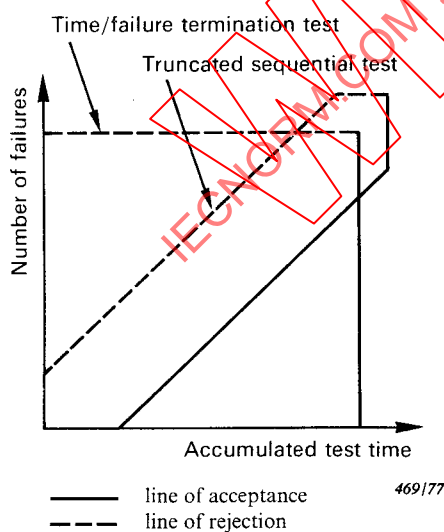
During the conduct of the test, the test items are monitored continuously or at short intervals, and the accumulated relevant test time and the number of relevant failures are compared with the established criteria to determine whether to accept, reject or continue testing.

— Time/failure terminated tests:

During the conduct of 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).

Guidance for choice of type of test plan

Figure 1 shows a comparison between a truncated sequential test and a time/failure terminated test with the same risks. From the figure some of the advantages and disadvantages of the two plans can be determined. Also from Figure 2, showing in general the expected accumulated relevant test time to decision as a function of the true mean time between failures of the equipment for the two basic types of plans, some arguments are obvious.



Note. — For the time scale, see Part 7.

FIGURE 1

FIGURE 2

Chacun des deux types de plans d'échantillonnage de base a un nombre d'avantages économiques et administratifs.

Essais progressifs tronqués :

Avantages

- Le nombre de défaillances moyen au moment de la décision est minimal.
- La durée d'essai cumulée moyenne au moment de la décision est minimale.
- L'essai admet des valeurs maximales fixées pour la durée d'essai cumulée et le nombre de défaillances.

Inconvénients

- Le nombre de défaillances — et par conséquent le coût des équipements — varie dans une plus large mesure que pour l'essai tronqué-censuré équivalent. Les conséquences sont la création de problèmes administratifs en ce qui concerne l'inventaire des pièces à essayer, l'équipement d'essai et la main-d'œuvre.
- Les valeurs maximales de la durée d'essai cumulée et du nombre de défaillances peuvent dépasser celles de l'essai tronqué-censuré correspondant.

Essais tronqués-censurés :

Avantages

- La valeur maximale de la durée d'essai cumulée est déterminée. De ce fait, le plus possible d'implications vis-à-vis des équipements soumis à l'essai et de la main-d'œuvre est connu avant que l'essai ne commence.
- Le nombre maximal de défaillances est déterminé avant l'essai. De ce fait, le nombre maximal d'équipements à mettre en essai peut être connu dans le cas d'un essai sans réparation ni remplacement.
- La valeur maximale de la durée d'essai cumulée est plus petite que pour l'essai progressif tronqué.

Inconvénients

- En moyenne, le nombre de défaillances et la durée d'essai cumulée sont supérieurs à ceux de l'essai progressif tronqué équivalent.
- Pour des équipements très bons ou très mauvais, 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 plus tôt avec l'essai progressif tronqué équivalent.

7.3.2 *Essai correspondant à un taux de défaillance non constant*

Pour un équipement qui a un taux de défaillance croissant ou décroissant, les méthodes de la neuvième partie sont applicables si l'équipement a un taux de défaillance croissant et si les temps jusqu'à défaillance suivent approximativement une distribution normale, les méthodes de la dixième partie doivent être utilisées.

7.3.3 *Essais correspondant à la proportion de succès*

Lorsque la caractéristique de fiabilité est le pourcentage de succès, la préparation de l'essai peut être basée sur l'une des possibilités suivantes :

- Nombre d'expériences ou de dispositifs fixés.
- Essais séquentiels tronqués.

Les tests de confirmation de fiabilité pour le pourcentage de succès sont décrits dans la cinquième partie.

Each of the two basic types of test plans has a number of economic and administrative advantages.

Truncated sequential tests:

Advantages

- The average number of failures to a decision is a minimum.
- The average accumulated test time to a decision is a minimum.
- The test has fixed maxima with respect to accumulated test time and number of failures.

Disadvantages

- The number of failures—and therefore the test item costs—will vary in a broader range than for a similar time/failure terminated test. The consequences are the creation of administrative problems in the scheduling of test items, test equipment and manpower.
- Maximum accumulated test time and number of failures could exceed those for the equivalent time/failure terminated test.

Time/failure terminated tests:

Advantages

- Maximum accumulated test time is fixed. Therefore, maximum requirements for test equipment and manpower are fixed before testing begins.
- 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.
- Maximum accumulated test time is shorter than for a similar truncated sequential test.

Disadvantages

- On the average the number of failures and the accumulated test time will exceed those of a similar truncated sequential test.
- Very good equipment or very bad equipment needs 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.

7.3.2 *Tests appropriate to non-constant failure rate*

For equipment with an increasing or decreasing failure rate, the methods of Part 9 are applicable. If the equipment has an increasing failure rate and the times to failure approximate a normal distribution, the methods of Part 10 should be used.

7.3.3 *Tests appropriate to success ratio*

When the reliability characteristic is success ratio, the planning of the test may be based on either of the following:

- Fixed number of trials or items.
- Truncated sequential tests.

Reliability compliance tests for the success ratio are described in Part 5.

7.3.4 Risques associés aux essais

Diverses raisons peuvent conduire à des décisions erronées. Les principales d'entre elles incluent la manière dont sont sélectionnés les dispositifs mis en essai, le choix de la distribution initiale et les risques d'ordre statistique associés aux décisions : risque du client et risque du fournisseur.

7.3.4.1 Risques associés au prélèvement des dispositifs

Le choix de la population dans laquelle les dispositifs sont prélevés est habituellement fait sur la base du cahier des charges et de considérations techniques et économiques. Les risques liés à ce choix ne peuvent pas être évalués numériquement.

En pratique, les essais de conformité en fiabilité sont souvent effectués sur des modèles d'étude ou de présérie, de façon à permettre que la décision intervienne le plus tôt possible dans le cycle de production. Il arrive souvent que les modèles d'étude et de présérie ne soient pas représentatifs des lots de production, ce dont peut résulter, du fait de l'accroissement de l'expérience et de l'amélioration de la fiabilité, une décision de rejet injustifiée.

L'échantillon de dispositifs doit être aussi représentatif que possible de la population choisie, de façon à permettre une information ou un jugement sur la population. Ceci ne peut être assuré que par la méthode de prélèvement au hasard des dispositifs. Les risques que la population ne soit pas homogène ou que ses différentes parties ne soient pas correctement représentées ne peuvent pas être déterminés numériquement.

7.3.4.2 Risques dus à une hypothèse erronée sur la distribution continue

Le paragraphe 7.2.2 recommande de faire initialement l'hypothèse d'un taux de défaillance constant. Comme il faut bien reconnaître que cette hypothèse peut ne pas convenir pour tous les équipements, il est nécessaire d'examiner les conséquences de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant vis-à-vis d'équipements qui ont en fait un taux de défaillance décroissant ou croissant.

D'une manière générale, si la durée d'essai effective pour chaque équipement est plus courte que la moyenne des temps de bon fonctionnement vraie, l'équipement qui présente un taux de défaillance décroissant aura une probabilité plus faible de satisfaire à l'essai qu'un équipement qui présente un taux de défaillance constant. De même, un équipement ayant un taux de défaillance croissant aura une probabilité plus élevée de satisfaire à l'essai de conformité en fiabilité basé sur un taux de défaillance constant. Le dernier cas peut conduire à accepter des équipements dont le niveau de fiabilité est inacceptable à long terme.

7.3.4.3 Risques associés à la décision

Le risque du fournisseur est la probabilité de rejet si l'équipement possède la valeur acceptable de la caractéristique de fiabilité spécifiée.

Le risque du client est la probabilité d'acceptation si l'équipement possède la valeur inacceptable de la caractéristique de fiabilité spécifiée.

Afin de minimiser la probabilité de rejet d'un équipement, le constructeur doit faire en sorte que cet équipement ait une valeur de la caractéristique de fiabilité meilleure que la valeur acceptable spécifiée.

Les risques associés à la décision sont indiqués clairement par la courbe d'efficacité du plan. Le fournisseur et l'utilisateur peuvent se mettre d'accord sur les risques à choisir pour un essai donné, en mettant ces risques en balance vis-à-vis de l'augmentation du coût d'essai qui serait nécessaire pour les réduire, et d'autres facteurs tels que les équipements, les moyens et le temps disponibles.

7.3.4 *Risks associated with the testing*

Incorrect decisions can be made for a number of reasons. The major ones include the manner of selecting the test items, the selection of the distribution assumption, and the statistical decision risks: consumer's and producer's risk.

7.3.4.1 *Risks associated with the selection of test items*

The choice of population from which the test items are sampled is usually made on the basis of schedules, technical conditions and economy. The risks connected to this choice cannot normally be evaluated numerically.

In practice, reliability compliance tests are often performed with development or pre-production models in order to reach a decision early in the production cycle. Often development and pre-production models are not representative of the production lots, which due to learning and reliability growth may result in an unwarranted reject decision.

The sample of test items should be as representative of the chosen population as possible in order to provide information or judgement about the population. This can be ensured only by the procedure of selecting the test items at random. The risks of the population not being homogeneous and any part of the population being over-represented cannot be numerically determined.

7.3.4.2 *Risks due to wrong continuous distribution assumption*

Sub-clause 7.2.2 recommends the initial assumption of a constant failure rate. Recognizing that this assumption may not hold for all equipments, it is necessary to examine the consequences of the assumption of a constant failure rate to equipments that actually have a decreasing or increasing failure rate.

In general if the actual test time on each equipment is less than the true equipment mean time between failures, equipment that exhibits a decreasing failure rate will have a lower probability of passing the test than equipment that exhibits a constant failure rate. Similarly, equipment with an increasing failure rate will have a higher probability of passing a reliability compliance test based on constant failure rate. The latter case may lead to acceptance of equipment with unacceptable long-term reliability level.

7.3.4.3 *Decision risks*

The producer's risk is the probability of rejection if the equipment has the acceptable value of the specified reliability characteristic.

The consumer's risk is the probability of acceptance if the equipment has the unacceptable value of the specified reliability characteristic.

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

The decision risks are shown clearly by the operating characteristic curve of the test plan. The producer and user can agree on the decision risks to be selected for a given test, balancing these risks against the cost of additional testing required to reduce them, and other factors such as equipments, facilities and time available.

Les courbes d'efficacité sont données pour tous les essais de conformité indiqués dans les autres parties de cette norme. Si des essais de conformité séparés sont effectués sur des sous-ensembles individuels d'un équipement, les risques d'une décision erronée d'acceptation ou de rejet pour l'équipement complet augmentent par rapport à un essai effectué sur l'équipement complet.

7.4 *Essais de détermination de la fiabilité*

En l'absence de clause de fiabilité quantitative, des essais de fiabilité peuvent être effectués dans le but d'estimer la fiabilité atteinte par un équipement. La méthode réside, dans ce cas, dans l'analyse statistique des résultats obtenus, de façon à estimer la caractéristique de fiabilité en question et, si on le désire, à déterminer un intervalle de confiance autour de cette estimation ponctuelle. L'intervalle de confiance contient la valeur vraie inconnue de la caractéristique avec une certaine probabilité qui est le niveau de confiance.

7.4.1 *Méthodes d'estimation des caractéristiques de fiabilité*

Les essais de détermination de la fiabilité pour lesquels la variable est le temps, dans l'hypothèse d'un taux de défaillance constant, peuvent se terminer soit après qu'une valeur donnée du cumul des durées à prendre en compte est atteinte, soit après qu'un nombre donné de défaillances à prendre en compte est apparu. Les essais peuvent être effectués avec ou sans remplacement des dispositifs défaillants pour obtenir des estimateurs ponctuels et des limites de confiance des taux de défaillance et des temps jusqu'à défaillance ou entre défaillances.

Si une distribution de Weibull, normale peut être supposée, les observations sont traitées graphiquement et dans certains cas par des méthodes numériques pour déterminer les estimateurs ponctuels et les limites de confiance des paramètres de la distribution.

Des estimations ponctuelles et des intervalles de confiance pour la proportion de succès sont obtenus sur la base d'essais établis à partir d'un certain nombre d'expériences ou de dispositifs. Chaque résultat est considéré comme bon ou mauvais. Le traitement des observations est dans ce cas basé sur la distribution binômiale, ou, pour un grand nombre de défaillances, sur la distribution normale.

La quatrième partie recommande des méthodes pour la détermination des estimations ponctuelles et des intervalles de confiance mentionnés ci-dessus.

7.4.2 *Essais cumulés*

Si un essai de détermination de la fiabilité consiste à placer un nombre de dispositifs en essai sans règles précises pour l'achèvement de l'essai, la fiabilité peut être estimée à n'importe quel moment sur la base de la durée d'essais cumulée et du nombre de défaillances.

Lorsque le taux de défaillance est constant, il n'est pas nécessaire que tous les dispositifs soient mis en essai en même temps, ni que les essais portent sur la même période. Les résultats de tous les essais portant sur toutes les périodes sont rassemblés et les estimations ponctuelles et les intervalles de confiance sont calculés à partir des résultats cumulés. Les limites de confiance doivent être calculées selon la même méthode que pour les essais tronqués, dont il est question au paragraphe 7.4.1.

Pour la proportion de succès, il est toujours possible de calculer des estimations ponctuelles et des limites de confiance à partir de résultats d'essais cumulés.

7.4.3 *Risques associés aux essais*

Les erreurs associées aux estimations ponctuelles et aux intervalles de confiance s'introduisent d'une manière analogue aux risques décrits dans les paragraphes 7.3.4.1 et 7.3.4.2, relatifs aux essais de conformité.

Operating characteristic curves are given for all compliance test plans included in the other parts of this standard. If separate compliance tests are performed on individual sub-units of an equipment, the risks of making a wrong accept or reject decision for the complete equipment are higher than for a single test on the complete equipment.

7.4 *Reliability determination tests*

When no quantitative reliability requirement is specified, reliability tests may be made to assess the reliability achieved by an equipment. The procedure is to statistically analyze the obtained data in order to estimate the reliability characteristic in question and, if desired, to determine a confidence interval around this point estimate. The confidence interval includes the unknown true value of the characteristic with a certain probability, the confidence level.

7.4.1 *Methods of estimating reliability characteristics*

Reliability determination tests which are based on time, as the variable, assuming a constant failure rate described by the exponential distribution can either be terminated after a fixed amount of relevant test time has elapsed or after a fixed number of relevant failures have occurred. Tests with or without repair or replacement of failed items may be used to obtain point estimates and confidence limits of failure rate and mean time to/between failures.

If a Weibull, normal distribution may be assumed, the observations are treated by graphical and, in some cases, numerical methods to determine point estimates and confidence limits of the distribution parameters.

Point estimates and confidence intervals for the success ratio are obtained from tests based on a number of trials or items. Each result is either considered to be a success or a failure. The treatment of observations is in this case based on the binomial distribution, or, for a large number of failures, on the normal distribution.

Recommended methods for determining the point estimates and confidence intervals mentioned above are given in Part 4.

7.4.2 *Accumulated testing*

If a reliability determination test consists of placing a number of items on test with no definite predetermined termination procedure, the reliability can be evaluated at any time based on the accumulated test time and the number of failures.

For constant failure rate described by the exponential distribution it is not necessary that all units be placed on test at the same time or be tested for the same time periods. The results of all tests for all time periods are collected and point estimate and confidence intervals are calculated from the accumulated results. The confidence limits should be obtained using the same procedure as for a test terminated after a fixed amount of test time noted in Sub-clause 7.4.1.

For success ratio it is always possible to calculate point estimate and confidence limits from the accumulated test results.

7.4.3 *Risks associated with the testing*

Errors associated with point estimates and confidence intervals are introduced in a similar manner to the risks discussed in Sub-clause 7.3.4.1 and 7.3.4.2 that are associated with compliance testing.

8. Conditions d'essai

Les conditions d'essai telles qu'elles sont considérées dans cette norme correspondent à tout facteur ou action, en dehors des propriétés inhérentes aux dispositifs eux-mêmes, qui peut avoir une influence sur l'apparition des défaillances des dispositifs en essai. Les conditions d'essai comprennent les conditions de fonctionnement, les conditions d'environnement et la maintenance préventive.

Les opérations de maintenance corrective au cours de l'essai font l'objet de l'article 10. Les conditions d'essai pour les essais en exploitation sont étudiées à l'article 11.

8.1 Facteurs à prendre en considération pour le choix des conditions d'essai

Les facteurs principaux qui suivent doivent être pris en considération lorsqu'on choisit les conditions d'un essai de fiabilité d'équipement :

- La raison essentielle pour laquelle est prescrit ou effectué un essai de fiabilité.
- La variabilité des conditions d'utilisation de l'équipement à laquelle on peut s'attendre.
- La probabilité que les différents facteurs de contraintes composant les conditions d'utilisation soient sources de défaillances.
- Le coût relatif des essais avec des conditions d'essai différentes.
- Les moyens d'essai disponibles.
- Le temps d'essais disponible.
- Les valeurs prédites des caractéristiques de fiabilité en fonction des conditions d'essai.

Si la raison des essais est de montrer que la fiabilité de l'équipement n'est pas inférieure à un certain niveau qui pourrait être critique sur le plan de la sécurité par exemple, les conditions d'essai ne doivent exclure aucune des conditions d'utilisation importantes à des sévérités extrêmes. Si le niveau de fiabilité applicable aux conditions normales d'utilisation doit être démontré ou déterminé, par exemple pour l'optimisation de l'organisation de la maintenance, les conditions d'essai devraient être hautement réalistes et représenter des conditions d'utilisation typiques. Si la raison est de comparer différentes versions d'un équipement avec des résultats d'essai raisonnablement discriminants, des conditions d'essai reproductibles sont essentielles avec des niveaux de contraintes proches des conditions limites d'utilisation. Dans tous les cas, le niveau des différents facteurs de contrainte ne doit pas dépasser les valeurs limites prescrites que l'équipement doit pouvoir supporter.

Lorsque plusieurs conditions de fonctionnement, d'environnement ou de maintenance doivent être considérées au cours de l'essai, la variation de ces conditions doit être représentée d'une manière satisfaisante dans le choix d'un cycle d'essais approprié. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit comprendre une représentation graphique montrant les instants, durées et intervalles de temps relatifs à chacune des conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance préventive introduites dans le cycle d'essai, ainsi que les relations correspondantes entre ces diverses conditions.

La durée du cycle d'essai devra être suffisamment courte pour ne pas avoir d'influence sur le résultat de l'essai. La durée du cycle d'essai devra être cependant assez longue pour permettre la stabilisation des conditions d'essai prescrites. Dans le cas d'un taux de défaillance constant, la durée du cycle d'essai mesurée en durée d'essai cumulée devra de ce fait être inférieure à $0,2 m_0$, où m_0 est la valeur acceptable spécifiée de la moyenne des temps de bon fonctionnement correspondant ou la moyenne des temps de bon fonctionnement à la valeur acceptée de la caractéristique de fiabilité spécifiée (voir aussi le paragraphe 9.1.3).

Lorsque cela est possible, les conditions d'essai devraient être choisies parmi celles qui sont données dans la troisième partie. Pour les applications non couvertes par la troisième partie un cycle d'essai approprié devrait être utilisé suivant la deuxième partie.

8. Test conditions

Test conditions as used in this standard refer to any factor or action, 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.

Corrective maintenance during the test is described in Clause 10. Test conditions for field testing are discussed in Clause 11.

8.1 General considerations for the choice of test conditions

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

- The basic reason for requiring or performing a reliability test.
- The expected variability of use conditions for the equipment.
- The likelihood of the different stress factors represented in the conditions of use to be failure-promoting.
- The relative costs of tests with alternative test conditions.
- Test facilities available.
- Test time available.
- The predicted values of the reliability characteristics as a function of test conditions.

If the reason for testing is to show that the equipment reliability is not below a certain level that might be critical from, say, a safety point of view, the test conditions must not exclude any important extreme severities of condition of use. 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 realistic and represent typical use conditions. If the reason is to compare different versions of an equipment with reasonably discriminative test results, reproducible test conditions are essential with stress levels approaching the limiting conditions of use. In any case, the severities of the different stress factors should not exceed the limiting stress values which the equipment is specified to withstand.

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

The duration of the test cycle shall be short enough not to substantially influence the test result. The test cycle shall, however, be long enough to permit stabilization of the required test conditions. In case of a constant failure rate, the test cycle shall be less than $0.2 m_0$ measured in accumulated relevant test time, where m_0 is the specified acceptable mean time between failures or the mean time between failures corresponding to the acceptable value of the reliability characteristic specified (see also Sub-clause 9.1.3).

Whenever possible, the test conditions should be chosen from among those given in Part 3. For applications not covered by Part 3, an appropriate test cycle should be used according to Part 2.

8.2 Conditions de fonctionnement et d'environnement

Les conditions de fonctionnement et d'environnement doivent, dans toute la mesure possible, couvrir la plage des conditions de fonctionnement et d'environnement correspondant à l'utilisation effective en exploitation.

D'une manière générale, l'accélération de l'essai ne doit pas se faire par augmentation du niveau des contraintes par rapport aux conditions d'exploitation. L'accélération des conditions de fonctionnement dans le sens d'une compression du temps peut être considérée pour un équipement pour lequel il a été admis que les caractéristiques de fiabilité dépendent principalement du nombre de cycles de fonctionnement.

Les catégories suivantes de conditions de fonctionnement doivent être précisées dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité, dans toute la mesure où elles sont applicables :

— Modes de fonctionnement :

Un équipement complexe peut avoir plusieurs modes de fonctionnement différents et définis. Le profil de mission pour l'équipement 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 selon un processus programmé.

Exemples d'équipements ayant plusieurs modes de fonctionnement : un poste récepteur radio peut être utilisé comme récepteur d'ondes courtes ou comme amplificateur de tourne-disque, un équipement de mesure peut être utilisé comme voltmètre numérique ou comme système de comptage, un système radar peut fonctionner en mode manuel ou automatique.

— Signaux d'entrée :

Les caractéristiques exigées pour les signaux d'entrée doivent être définies avec des tolérances acceptables pour tous les paramètres mesurables des signaux qui peuvent avoir une influence sur le fonctionnement de l'équipement en essai. Ceci 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'équipement en essai et les défaillances du matériel d'essai.

— Conditions de charge :

Les conditions de charge, électriques et mécaniques, forment en général une part considérable des contraintes imposées aux dispositifs en essai et doivent par conséquent être spécifiées avec soin. Les charges électriques peuvent être caractérisées par leur impédance d'entrée et par tout comportement en transitoire. Les conditions de charge d'ordre mécanique peuvent avoir un caractère statique ou dynamique. La puissance effective de sortie du dispositif est un élément des conditions de charge qui doit être spécifié et mis en œuvre lors de l'essai.

— Manipulation de l'équipement :

Des actions de l'opérateur sur les moyens de réglage, etc., sont souvent nécessaires pour simuler l'utilisation en exploitation. D'un autre côté, l'excès et le caractère insuffisamment contrôlé d'interventions imposent à l'équipement des contraintes pour lesquelles il n'a pas été prévu. Les consignes et les limitations doivent être définies dans la spécification particulière.

— Alimentation :

Les caractéristiques exigées pour l'alimentation extérieure en puissance, par exemple tension, fréquence, forme d'onde, transitoires, doivent être spécifiées avec leurs tolérances. Les caractéristiques exigées pour les autres types d'alimentation, tels que l'alimentation en eau, en air comprimé, doivent être spécifiées s'il y a lieu.

Pour les équipements utilisant un système de refroidissement alimenté de l'extérieur, les contraintes effectives de température sont déterminées, en tout ou en partie, par les caracté-

8.2 *Operating and environmental test conditions*

The operating and environmental test conditions shall, whenever possible, cover the range of operating and environmental conditions prevailing during actual field use.

In general, acceleration of the test by increasing the stress levels with respect to field use should not be applied. Acceleration of the operating test conditions in the sense of calendar time compression may be considered for equipment, where the reliability characteristics are dependent mainly on the number of operating cycles.

The following categories of operating conditions shall be described in the detailed reliability test specification as far as they are applicable:

— Functional modes:

Complex equipment may have several defined and different functional modes. The operational profile for the equipment 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, by programming signals.

Examples of equipment with several operational modes: a consumer radio set could be operated as a VHF receiver or as a phono-amplifier, a measuring equipment could be operated as a digital voltmeter or as a counter, a radar system could be operated by manual or automatic tracking.

— Input signals:

The requirements on the input signal characteristics shall be specified with acceptable tolerances on all measurable signal parameters which can influence the operation of the equipment in the test. This is particularly important in the case of complex test equipment interface, to make it possible to distinguish between failure of the equipment under test and failure of the test equipment.

— Load conditions:

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

— Actual manipulation of the equipment:

Actual handling of operator controls etc. is often necessary to simulate field use. Excessive and uncontrolled handling might on the other hand impose unintended stresses on the equipment. The requirements and the restrictions shall be stated in the detailed reliability test specification.

— Supporting supplies:

Required characteristics, e.g. voltage, frequency, waveform, transients, of external electrical power supplies shall be specified, with tolerances. The requirements on other power supplies, such as water, pressurized air, shall be stated when applicable.

For equipment using artificial cooling from an external supply the actual temperature stresses are completely or partly determined by the cooling system characteristics. The requirements on

ristiques du système de refroidissement. Les caractéristiques exigées pour les paramètres du système de refroidissement, débit, température d'entrée, humidité, propreté, etc., doivent être précisées dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité.

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 n'est en général économiquement pas possible; elle peut, en outre, ne pas présenter un grand intérêt du point de vue de l'essai.

Pour les essais en laboratoire, les facteurs d'environnement peuvent être appliqués séparément, ou combinés, ou introduits en séquence. Les conditions d'environnement doivent, dans toute la mesure possible, être basées sur les essais définis dans la Publication 68 de la CEI. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit stipuler 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 le fascicule correspondant de la Publication 68-2 de la CEI. Lorsque les essais ne sont pas issus ou dérivés de la Publication 68 de la CEI, l'information complète doit être donnée.

Des recommandations détaillées pour le choix des conditions de fonctionnement et d'environnement lors de l'essai sont données en deuxième partie.

8.3 *Maintenance préventive au cours de l'essai*

Un programme de maintenance préventive peut être prévu pour les essais de fiabilité de types d'équipements pour lesquels la spécification de l'équipement prescrit des opérations de maintenance qui doivent être exécutées selon un processus régulier au cours du fonctionnement en exploitation. En aucun cas, les actions de maintenance préventive effectuées au cours de l'essai ne doivent différer dans le principe de celles effectuées en exploitation, et la maintenance préventive ne doit pas dépasser en importance celle effectuée en exploitation.

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

Le programme doit définir au moins:

- les opérations de maintenance préventive à effectuer;
- les intervalles de temps entre opérations de maintenance préventive, ou les instants de ces opérations ou tout autre critère indiquant la nécessité d'une opération de maintenance préventive.

Le programme peut inclure le contrôle de fonctionnement et les remplacements nécessaires d'éléments redondants, dans la mesure où la méthode s'appliquera également lors de l'utilisation en exploitation.

Les intervalles de temps entre opérations de maintenance préventive ou les époques, ou les autres critères, doivent être définis, avant le début de l'essai, dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité. Les intervalles de temps, ou les époques, doivent être spécifiés en termes de durée de fonctionnement, ou de temps d'horloge ou de durée d'essai (ou nombre de cycles) à prendre en compte. Ils doivent être spécifiés en tenant compte des relations de phases nécessaires avec les autres cycles d'événements ou d'actions de l'essai de fiabilité.

8.4 *Conditions préférentielles d'essai en laboratoire*

Les conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance en exploitation présentent une grande variété de combinaisons, de séquences et de niveaux dans la plupart des cas d'application. Toutefois, certains cas d'utilisation sont suffisamment similaires et fréquents pour

cooling system parameters, flow rate, inlet temperature, humidity, cleanliness etc., shall be stated in the detailed reliability test specification.

The environmental conditions during field use usually consist of combinations and sequences of many environmental factors of varying severities. The precise simulation of the use environment during testing is, however, normally not economically possible, and may not be important from a testing point of view either.

For laboratory testing the environmental factors may be applied singly, in combination or in sequence. The environmental test procedures should, whenever possible, be based upon the tests specified in IEC Publication 68. The detailed reliability test specification shall state the environmental test conditions to be used, preferably by specifying the sequence of and transitions between the standardized tests, and giving the "Information required in the relevant specification" as listed in the appropriate tests of IEC Publication 68-2. Complete information on tests not included in or deviating from IEC Publication 68 must be given.

Detailed guidance for selection of operating and environmental test conditions are given in Part 2.

8.3 *Preventive maintenance during the test*

A preventive maintenance programme may be considered for the reliability test for those types of equipment where the equipment specification requires maintenance actions to be carried out as a normal routine during actual use. In any case, the preventive maintenance actions during test shall not differ in principle from those applied in actual field use, and the amount of test preventive maintenance shall not exceed the actual use preventive maintenance.

Typical categories of preventive maintenance actions are replacement, adjustment, alignment, lubrication, cleaning, resetting, restoring, etc.

The programme shall at least define:

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

The programme may include the functional check-out and necessary replacement of redundant elements to the extent that this is a specified procedure in field use.

The preventive maintenance intervals or times or other criteria shall be stated before the beginning of the test in the detailed reliability test specification. The intervals or times may be specified in terms of operating time or calendar time or relevant test time (number of cycles). They must be specified in proper phase relationship to other cycled events or activities of the reliability test.

8.4 *Preferred laboratory test conditions*

The operating environmental and maintenance conditions of use show a great variety of combinations, sequences and severities in most applications. Some groups of applications are, however, similar and frequent enough to motivate standardized test cycles to be preferred for

justifier que l'on utilise de préférence des conditions d'essai en laboratoire correspondant à des niveaux normalisés, pour les essais de conformité et de détermination. Ces conditions d'essai préférentielles sont décrites en détail dans cette norme et doivent être utilisées chaque fois que cela est possible. Voir la troisième partie.

9. Caractéristiques de fonctionnement des dispositifs en essai et observations au cours de l'essai

Selon le type d'essai de fiabilité effectué, ou bien la durée d'essai à prendre en compte et les défaillances à prendre en compte doivent être observées tout au long de l'essai, ou bien le nombre de défaillances à prendre en compte doit être observé à la fin de l'essai. Le contrôle du fonctionnement des dispositifs en essai et les définitions des défaillances et du temps d'essai à prendre en compte doivent donc être clairement précisés dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité. Les paragraphes ci-après donnent des règles et des recommandations à ce sujet.

9.1 *Contrôle du fonctionnement des dispositifs en essai*

Les points suivants concernant le contrôle de fonctionnement des dispositifs en essai doivent être précisés dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité.

9.1.1 *Caractéristiques*

Les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs en essai qui doivent être contrôlées au cours de l'essai doivent être spécifiées.

Le contrôle de toutes les caractéristiques figurant dans la spécification de l'équipement, ou seulement de certaines d'entre elles, pourra être exigé. On considérera principalement les caractéristiques de sortie.

Dans le cas où l'équipement à essayer comporte une redondance interne, on devra considérer le contrôle des caractéristiques des éléments redondants.

9.1.2 *Mesurage*

La méthode de mesurage et la précision des mesures devront être spécifiées pour chaque caractéristique contrôlée. Eventuellement, la méthode à utiliser pour l'estimation de l'erreur de mesure totale devra être donnée.

9.1.3 *Intervalle de temps entre opérations de contrôle*

Lorsque le contrôle ne peut être effectué d'une manière permanente, l'intervalle de temps entre opérations de contrôle et les points du cycle d'essai auxquels le contrôle doit être effectué doivent être spécifiés.

L'intervalle de temps entre opérations de contrôle doit être suffisamment court pour ne pas influencer d'une manière sensible le résultat de l'essai. Le contrôle doit être fait en permanence ou à intervalles. Dans le cas d'un taux de défaillance constant, l'intervalle de temps d'essai accumulé à prendre en compte devra être inférieur à $0,2 m_0$, où m_0 est la valeur acceptable spécifiée de la moyenne des temps de bon fonctionnement ou la moyenne des temps de bon fonctionnement correspondant à la valeur acceptable de la caractéristique de fiabilité spécifiée.

Note. — La valeur $0,2 m_0$ se base sur une investigation effectuée en vue de limiter l'effet des amplitudes des intervalles entre contrôles sur les risques client-fournisseur.

laboratory compliance and determination testing. These preferred test conditions are specified in detail in this standard and should be used whenever possible. See Part 3.

9. Test item performance and test observations

Depending on the type of reliability testing being performed, the relevant test time to relevant test item failures must 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 must therefore be clearly stated in the detailed reliability test specification. The sub-clauses below give rules and guidance on this matter.

9.1 *Monitoring of test item performance*

The following steps on monitoring of test item performance shall be clarified in the detailed reliability test specification.

9.1.1 *Parameters*

The functional test item parameters to be monitored during the test shall be specified.

Monitoring all or only some of the parameters specified in the equipment specification may be required. Mainly output parameters should be considered.

In case of redundancy within the equipment to be tested, monitoring of parameters of redundant units should be considered.

9.1.2 *Measuring*

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

9.1.3 *Monitoring interval*

If monitoring cannot be made continuously, the time interval between monitoring and the points in the test cycle at which monitoring shall be done must be specified.

The time interval between monitoring must be short enough not to substantially influence the test result. Monitoring should be continuous or at intervals. In case of a constant failure rate, the interval of accumulated relevant test time shall be less than $0.2 m_0$, where m_0 is the specified acceptable mean time between failures or the mean time between failures corresponding to the acceptable value of the reliability characteristic specified.

Note. — The value $0.2 m_0$ is based on an investigation to limit the effect of the length of the monitoring interval on the producer's and consumer's risks.

9.2 Défaillances du dispositif en essai

Pour chaque caractéristique à contrôler, les limites correspondant à un fonctionnement acceptable doivent être spécifiées. On considérera qu'une défaillance s'est produite lorsque l'une quelconque de ces limites aura été franchie, d'une manière permanente ou intermittente. Toute défaillance sera analysée conformément au paragraphe 10.3.

Des indications de défaillances dues à des mesures erronées ou à des défaillances du matériel de mesure extérieur à l'équipement ne sont pas considérées comme des défaillances du dispositif en essai. Toute autre défaillance sera considérée comme une défaillance du dispositif en essai.

Lorsque plus d'une caractéristique a franchi ses limites spécifiées, chacune des dérives devra être considérée comme une défaillance du dispositif, s'il n'a pas été prouvé qu'elles sont dues à la même cause; dans ce dernier cas, ces dérives seraient combinées et considérées comme une seule défaillance du dispositif.

Lorsque deux défaillances indépendantes, ou plus, sont observées, chacune d'elles doit être considérée comme une défaillance du dispositif.

Chaque défaillance du dispositif en essai doit être classée comme étant à prendre en compte ou à ne pas prendre en compte. Toute défaillance qui ne peut pas être classée d'une manière nette comme à ne pas prendre en compte, conformément au paragraphe 9.3 ci-dessous ou à toute disposition complémentaire figurant dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité, devra être considérée comme défaillance à prendre en compte.

Toutes les défaillances à prendre en compte observées au cours ou à la fin de l'essai devront être considérées pour la prise de décision dans le cas des essais de conformité en fiabilité ou pour la détermination des estimations ponctuelles et des limites de confiance dans le cas des essais de détermination de la fiabilité.

9.3 Catégories de défaillances à ne pas prendre en compte

Une défaillance du dispositif en 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 dans les paragraphes 9.3.1 à 9.3.3 ci-dessous. L'évidence du classement doit être justifiée et doit figurer dans le rapport de l'essai.

La spécification particulière pour l'essai de fiabilité peut définir des catégories supplémentaires de défaillances à ne pas prendre en compte, valables pour un cas particulier.

9.3.1 Défaillances secondes

Une défaillance seconde est définie comme une défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif.

Les défaillances secondes sont considérées comme défaillances à ne pas prendre en compte. La défaillance première correspondante est toujours une défaillance à prendre en compte si elle se situe dans l'équipement en essai. Il faut observer qu'une défaillance seconde peut se produire un certain temps après que s'est produite la défaillance première. La durée du délai doit être acceptée par le client ou l'organisme responsable de l'essai.

9.3.2 Défaillances dues à un mauvais emploi

Une défaillance due à un mauvais emploi est une défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif.

9.2 Test item failures

For each parameter to be monitored, the limits for acceptable performance shall be specified. A failure shall be considered to have occurred when any one of these limits is exceeded permanently or intermittently. All failures shall be analysed in accordance with Sub-clause 10.3.

Failure indications caused by erroneous measurements or failures in external measuring equipment are not considered test item failures. All other failures shall be considered test item failures.

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

If two or more independent failure causes are present, each of these shall be considered as one test item failure.

Each test item failure shall 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 Sub-clause 9.3 below or to any additional rule given in the detailed reliability test specification shall be considered relevant test item failures.

All relevant test item failures observed during or at the termination of the test shall be taken into account for decision-making in reliability compliance tests and for determining point estimates and confidence limits in reliability determination tests.

9.3 Classes of non-relevant failures

A test item failure may be regarded as a non-relevant failure only if the circumstances at the occurrence show clear evidence to classify it into one of the classes defined in Sub-clauses 9.3.1 to 9.3.3 below. The evidence shall be documented and included in the test report.

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

9.3.1 Secondary failures

A secondary failure is defined as a failure of an item caused either directly or indirectly by the failure of another item.

Secondary failures are considered non-relevant. The corresponding primary failure is always a relevant failure if it is located in the test item. Observe that a secondary failure may occur after a time delay from the occurrence of the primary failure. The duration of the time delay shall be approved by the customer or test agency.

9.3.2 Misuse failures

A misuse failure is defined as a failure attributable to the application of stresses beyond the stated capabilities of the item.

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 contraintes supérieurs à ceux spécifiés pour l'équipement en 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.

9.3.3 *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 tous les équipements de la population. Dans la mesure où l'on peut faire la preuve qu'une telle action est efficace, les défaillances de ce type peuvent être reclassées comme défaillances à ne pas prendre en compte si cela est accepté.

9.4 *Catégories particulières de défaillances à prendre en compte*

Les défaillances entraînant une décision de rejet immédiat et les défaillances répétitives sont les seules catégories définies ci-dessous. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité peut définir des catégories supplémentaires, basées par exemple sur les effets au niveau du fonctionnement du système, sur l'emplacement de la défaillance vis-à-vis d'éléments redondants ou non essentiels, ou sur le coût et le délai de réparation. Il peut être utile de se reporter dans ce but aux types de défaillances définis dans la Publication 271 de la CEI.

9.4.1 *Défaillances entraînant une décision de rejet immédiat*

Dans certains cas particuliers d'essais de conformité en fiabilité, il peut être opportun de définir les défaillances des dispositifs en essai dont l'apparition, quel que soit leur nombre, entraînera une décision de rejet immédiat qui primera les critères normaux d'acceptation et de rejet. En ce cas, la définition de telles défaillances devra être incluse dans la spécification détaillée de l'essai de fiabilité.

Par exemple, les défaillances du dispositif qui sont susceptibles d'entraîner des conditions incertaines ou dangereuses pour les personnes qui utilisent ou maintiennent l'équipement ou qui en dépendent, ou les défaillances susceptibles de causer un dommage important à l'équipement doivent être classées dans cette catégorie.

9.4.2 *Défaillances répétitives*

Pour les besoins de cette norme, les défaillances répétitives sont définies comme deux défaillances, ou plus, se produisant au même endroit, ou affectant le même constituant en des endroits différents mais dans des conditions similaires, ou affectant des composants de même type et de même fabrication, ou se produisant au même point du cycle d'essai, mais non simultanément.

L'apparition de défaillances répétitives peut révéler une lacune dans la conception de l'équipement 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 de découvrir la cause de la répétition et leurs effets possibles sur l'hypothèse de distribution, voir la sixième partie.

Misuse failures during testing may be due to unintentional test conditions, e.g. test severities exceeding those specified for the equipment under test, rough handling by test or repair personnel etc. Misuse failures are considered non-relevant.

9.3.3 *Failure eliminated by design correction*

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

9.4 *Special classes of failures*

Failures demanding immediate reject decision and recurrent failures are the only classes defined below. The detailed reliability test specification may define additional special classes of test item failures, based for example on the effect upon system performance, on the location of the failure with respect to redundant units or non-essential units in the equipment, or on repair costs and time. The types of failures defined in IEC Publication 271 may be useful for this purpose.

9.4.1 *Failures demanding immediate reject decision*

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

For example, test item failures which are likely to result in hazardous or unsafe conditions for persons using, maintaining or depending on the equipment, or failures which are likely to cause great material damage should be considered in this category.

9.4.2 *Recurrent failures*

For the purpose of this standard, recurrent failures are defined as two or more failures occurring either in the same location or in the same part in different locations but similar application or in parts of identical type and manufacture or in the same point of the test cycle but not simultaneously.

Occurrence of recurrent failures may imply weakness in the equipment design or indicate the use of components of inferior quality. Recurrent failures are an important indication of possible wear or other degradation which result in increasing failure rate.

When recurrent failures occur, special investigations should be instituted in order to reveal the cause of recurrence and their possible effects on distribution assumption, see Part 6.

9.5 *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 du dispositif en essai à prendre en compte 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 dispositif pris individuellement ou la durée cumulée pour tous les dispositifs, selon ce qui est défini par la spécification particulière pour l'essai de fiabilité. Toute durée de déverminage, de maintenance et d'indisponibilité des dispositifs en essai doit être exclue. En cas de surveillance par intervalles la défaillance sera considérée arrivée immédiatement avant le moment observé.

Note. — Cette convention de compter le temps cumulé à prendre en compte pour la défaillance jusqu'à l'observation est choisie pour limiter les effets sur les risques client-fournisseur dans le cas d'un petit nombre de dispositifs en essai.

La spécification particulière pour l'essai de fiabilité peut prescrire un minimum et (ou) un maximum pour la durée d'essai à prendre en compte pour chaque dispositif en essai.

Dans le cas de dispositifs constitués de deux sous-ensembles distincts, ou plus (par exemple, les différentes parties d'un équipement), la durée d'essai à prendre en compte au niveau du dispositif sera la plus petite des durées à prendre en compte au niveau de chacun des sous-ensembles.

10. **Processus général de l'essai**

10.1 *Opérations concernant l'essai*

Aucune opération sur les équipements en essai n'est autorisée entre le moment où l'échantillon est constitué et le début de l'essai, à moins que des dispositions différentes ne soient incluses dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité. Les éléments, composants, etc., d'origine des dispositifs ne doivent pas être modifiés au cours de l'essai, sauf du fait des opérations de maintenance ou des modifications autorisées comme indiqué au paragraphe 9.3.3.

Si l'essai est interrompu pour des opérations de maintenance préventive ou corrective pour des raisons administratives ou toute autre raison (imprévue), l'essai devra être repris avec le minimum de délai et, dans le cas où les conditions d'essai comportent un cycle, à un point du cycle correspondant au point où l'interruption a eu lieu, sauf indication contraire.

La spécification particulière à l'essai de fiabilité doit, s'il y a lieu, fixer les interruptions prévisibles autorisées, la durée maximale de ces interruptions et les phases où la reprise de l'essai est permise dans le cas d'un cycle d'essai.

10.2 *Maintenance corrective*

La spécification particulière à l'essai de fiabilité indiquera la politique de remplacement à suivre pour les équipements réparés, c'est-à-dire le niveau (élément, sous-ensemble, pièce, etc.) auquel les réparations ou remplacements sont autorisés au cours de l'essai.

Les dispositions suivantes doivent être prises lorsqu'une défaillance du dispositif en essai est observée:

- 1) La défaillance du dispositif sera enregistrée d'une manière convenable et confirmée dans toute la mesure du possible. S'il n'est pas possible de confirmer des symptômes de la défaillance, les points suivants peuvent être applicables en partie seulement.
- 2) La défaillance sera localisée et l'analyse de la défaillance et le diagnostic nécessaires seront mis en œuvre dans le but de découvrir la cause de la défaillance.

9.5 *Relevant test time*

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 a reliability characteristic.

The relevant test time to be recorded during the testing may be the individual relevant time for each test item or the accumulated relevant time added from all test items as specified by the detailed reliability test specification. Any burn-in time, maintenance time and down time of the test items shall be excluded. In case of monitoring at intervals, a failure shall be considered to have occurred immediately before it was observed.

Note. — This convention of assigning accumulated relevant time for the failure up to the observation is chosen to limit the effects on producer's and consumer's risks with a small number of test items.

The detailed reliability test specification 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-units (e.g. pieces of equipment), the relevant test time recorded for the test item shall be the minimum relevant test time on any of its sub-units.

10. **General test procedure**

10.1 *Test operations*

No actions are allowed on the test items from the time of sampling until the test starts, if not otherwise specified in the detailed reliability test specification. The original units, components, etc. in the test items should be kept unchanged during the test period except for allowed maintenance and modifications as noted in Sub-clause 9.3.3.

If an interruption is made in the test for preventive or corrective maintenance or for administrative reasons or for any other (unforeseen) reasons, the test shall be resumed with a minimum of delay and, in case of cycled test conditions, at a point in the cycle corresponding to the point of interruption, if not otherwise specified.

If applicable, the detailed reliability test specification shall state the conceivable interruptions allowed in the test, the maximum duration of such interruptions and the time phases of allowed resumption in case of cycled test conditions.

10.2 *Corrective maintenance*

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

The following actions shall be taken when a test item failure is observed:

- 1) The test item failure shall be adequately recorded and confirmed as far as possible. If it is not possible to confirm the failure symptom, the following steps may only be partly applicable.
- 2) The failure location shall be determined and necessary failure analysis and diagnostic tests be started in order to find the failure cause.

- 3) Une première position sera prise vis-à-vis de la catégorie dans laquelle il faut classer la défaillance. Le classement final sera différé jusqu'à ce que le rapport de l'analyse de la défaillance de l'élément, composant, etc., soit disponible.
- 4) Des indications seront données en vue de permettre de déceler les défaillances secondes possibles.
- 5) Une décision sera prise sur la base des points 1 à 4 en ce qui concerne la réparation nécessaire, s'il y a lieu.
- 6) La réparation sera effectuée. Les éléments, composants, etc., défaillants non réparables devront être stockés avec soin dans l'état où ils se trouvent, en vue d'une analyse de défaillance détaillée.
- 7) Si le type d'essai le permet, le dispositif réparé sera aussitôt remis en essai.

À la suite d'une opération de maintenance corrective et avant la reprise de l'essai, il peut être permis de vérifier le bon fonctionnement du dispositif à l'aide des moyens d'essai appropriés. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit spécifier, pour tout élément ou composant remplaçable de l'équipement en essai, la durée de fonctionnement (nombre de cycles) nécessaire pour s'assurer de l'efficacité de la réparation. Les défaillances et la durée relatives à cette période doivent être enregistrées et mentionnées dans le rapport, mais ne doivent pas être considérées comme durées d'essai à prendre en compte à moins qu'il n'en soit autrement spécifié dans la spécification détaillée de l'essai de fiabilité.

Dans le cas d'un diagnostic erroné et lorsque le remplacement d'un élément ou d'un composant n'élimine pas la défaillance, le dispositif d'origine doit être remis en place lorsque cela est possible et l'isolement de la faute devrait continuer.

10.3 *Analyse des défaillances*

La cause de chaque défaillance des dispositifs en essai doit être déterminée grâce aux investigations et analyses nécessaires. Les investigations seront poussées suffisamment loin pour permettre de classer avec le maximum de certitude compatible avec les preuves disponibles la défaillance comme à prendre en compte, à ne pas prendre en compte. Une recherche complémentaire des causes de défaillances peut être éventuellement nécessaire pour la maintenance corrective et les actions correctives.

10.4 *Enregistrement des conditions d'essai et des observations*

Les enregistrements faits au cours de l'essai et le rapport final de l'analyse des défaillances doivent contenir toute l'information nécessaire pour une analyse complète des données qui constitue la base de la décision prise à l'issue de l'essai. L'enregistrement des données doit être fait tout au long de l'essai. L'enregistrement continu des conditions d'essai et de fonctionnement des dispositifs est recommandé.

Tout événement considéré comme étant en rapport avec l'essai doit être enregistré (par le personnel d'essai). La nature des données à enregistrer et la manière dont elles doivent l'être doivent être précisées par la spécification particulière pour l'essai de fiabilité. Les imprimés doivent être, de préférence, conçus d'une manière qui permette au personnel de l'essai d'inscrire directement les données.

Pour chaque dispositif en essai, l'enregistrement doit être fait comme suit:

- 1) Date et heure, ainsi que durée d'essai à prendre en compte écoulée au moment de l'observation de toute défaillance ou de tout événement intéressant l'essai ou au moment où une action a été effectuée.
- 2) Détails de l'analyse de toute défaillance ou toute information intéressante pour le classement des défaillances observées y compris la référence aux rapports de défaillance.

- 3) A first assessment shall be made to determine the class in which the failure shall be classified. The final classification should be deferred until the report from the failure analysis of units, components etc. is available.
- 4) An assessment shall be made to trace possible secondary failures.
- 5) Based on steps 1 to 4 a decision shall be made on the extent of necessary repair, if any.
- 6) The repair shall be performed. Failed non-repairable units, components etc. shall be carefully stored in their actual condition for detailed failure analysis.
- 7) If the type of test so permits the repaired test item shall be put back in test without delay.

Following the 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 specification should specify, for all replaceable units or components of the equipment 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 specification.

In the case of a wrong diagnosis and if the replacement of a unit or a component does not eliminate the failure, the original item should be reinstalled, if possible, and the fault-finding procedure should continue.

10.3 *Failure analysis and classification*

The cause of each test item failure shall be determined by investigation and analysis. The investigation shall be carried far enough to permit the failure to be classified with the maximum certainty consistent with available evidence as a relevant or non-relevant failure. Further investigation of failure causes might be required for corrective maintenance and corrective action.

10.4 *Recording of test conditions and observations*

The test records together with the final failure analysis reports shall contain all primary information needed to make a complete data analysis as a basis to reach a decision from the outcome of the test. Test records shall be maintained throughout the testing. 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 shall be stated in the detailed reliability test specification. Test records shall preferably be designed in a form to allow the test personnel to make all entries directly.

For each test item records should be maintained as follows:

- 1) Date and time as well as elapsed relevant test time when any test item failure or any other pertinent event was observed or an action was taken.
- 2) Details of any failure analysis and all information of importance for the classification of the failures observed, including reference to the failure reports.

- 3) Description de tout événement ou action, y compris les tâches de maintenance préventive prévues dans la spécification particulière pour l'essai de fiabilité.
- 4) Identification des éléments, composants, etc., remplacés ou remis en service.
- 5) Données sur les conditions de fonctionnement et d'environnement.
- 6) Durée de la vérification de l'efficacité des opérations de maintenance corrective.
- 7) Noms des personnes participant à l'essai et des opérateurs.

10.5 *Interprétation des résultats de l'essai*

Les données enregistrées devront être interprétées dans le but de préparer la décision finale et les conclusions de l'essai.

10.5.1 *Classement final des défaillances*

Les données relatives à chaque défaillance seront examinées successivement et la décision finale de classement, en défaillances à prendre ou à ne pas prendre en compte, sera prise aussitôt que l'on disposera des données complètes. Voir paragraphe 9.2.

On notera particulièrement les défaillances entraînant une décision de rejet immédiat ou les défaillances répétitives. Voir paragraphe 9.4.

La spécification particulière pour l'essai de fiabilité pourra indiquer des éléments supplémentaires pour la classification des défaillances.

10.5.2 *Traitement statistique*

Les données sur les durées d'essai à prendre en compte jusqu'à défaillance ou entre défaillances et le nombre de défaillances à prendre en compte doivent être traitées statistiquement selon l'annexe appropriée concernant les tests d'adéquation, les plans d'échantillonnage pour les essais de conformité et les méthodes d'estimation pour les essais de détermination. Voir paragraphe 7 et les quatrième à dixième parties.

Le traitement statistique aboutira à une décision d'acceptation ou de rejet basée sur les critères du plan d'échantillonnage ou aux estimations de la caractéristique de fiabilité spécifiée.

10.5.3 *Conclusions finales et éventuellement dispositions à prendre*

Ce paragraphe s'applique principalement aux essais de conformité en fiabilité.

10.5.3.1 *Acceptation*

Lorsque aucune défaillance entraînant une décision de rejet immédiat ou répétitive n'a été observée (voir paragraphe 9.4) et lorsque le traitement statistique conduit à une décision d'acceptation, l'équipement doit être finalement accepté sans qu'aucune autre action ne soit nécessaire.

10.5.3.2 *Acceptation conditionnelle*

Si l'acceptation selon paragraphe 10.5.3.1 n'est pas possible, l'équipement peut, après accord, être accepté selon certaines conditions.

Ces conditions peuvent être :

- l'amélioration de la conception ou de la fabrication de l'équipement ;
- l'amélioration de la maintenance préventive spécifiée ;
- l'amélioration des instructions pour l'opérateur ;
- la modification de la spécification détaillée d'essai de fiabilité (par exemple, par augmentation des risques liés aux décisions) ;
- la modification de la spécification de l'équipement.

- 3) Description of any event or action, including defined preventive maintenance tasks, listed in the detailed reliability specification.
- 4) Identification of replaced or reinstalled units, components, etc.
- 5) Operating and environmental test condition data.
- 6) Time for the verification of the effectiveness of any corrective maintenance.
- 7) Names of the test personnel and operators of the test items.

10.5 *Interpretation of test results*

The test data recorded shall be interpreted to prepare for final decisions and conclusions.

10.5.1 *Final classification of failures*

The data from each failure shall be examined successively during the testing and final classification into relevant or non-relevant test item failures shall be made as soon as complete data are available. See Sub-clause 9.2.

Any failure demanding immediate reject decision or any recurrent failures shall be particularly noted. See Sub-clause 9.4.

Additional classification of failures may be required in the detailed reliability test specification.

10.5.2 *Statistical treatment*

The data on relevant test times to and between failures and the number of relevant failures shall be treated statistically in accordance with the relevant appendix on tests for the validity of assumptions, test plans for compliance tests and procedures for making estimates from determination tests. See Clause 7 and Parts 4 to 10.

The statistical treatment shall result in an accept or reject decision based on the criteria of the test plan or in estimates of the reliability characteristic required.

10.5.3 *Final conclusions and possible actions to be taken*

This sub-clause is mainly applicable to reliability compliance tests.

10.5.3.1 *Acceptance*

If no failures demanding immediate reject decision or no recurrent failures have occurred (see Sub-clause 9.4) and the statistical treatment results in an acceptance decision, the equipment tested shall be accepted without any further action.

10.5.3.2 *Conditional acceptance*

If acceptance according to Sub-clause 10.5.3.1 is not possible, the equipment may, upon agreement, be accepted under certain conditions.

These conditions can be:

- improvement of the equipment design or manufacture;
- improvement of the specified preventive maintenance;
- improvement of operator instructions;
- change of the detailed reliability test specification (e.g. increasing the decision risks);
- change of the equipment specification.

10.5.3.3 *Rejet*

S'il n'y a pas d'accord possible d'acceptation selon le paragraphe 10.5.3.1 ou selon le paragraphe 10.5.3.2, l'équipement sera rejeté.

11. **Considérations sur les essais en exploitation**

Durant un essai de fiabilité en exploitation, les dispositifs sont en utilisation effective et des considérations particulières s'appliquent à la définition et à l'interprétation des conditions d'essai, des caractéristiques de fonctionnement du dispositif et de la durée d'essai à prendre en compte ainsi qu'à l'enregistrement des observations grâce à la collecte des données.

11.1 *Conditions d'essai*

Dans le cas des essais de fiabilité en exploitation, il n'est pas nécessaire de simuler les conditions de fonctionnement et d'environnement. Par ailleurs, le fonctionnement et l'environnement font habituellement intervenir un plus grand nombre de facteurs que dans le cas des essais de laboratoire. La spécification particulière pour l'essai de fiabilité doit indiquer les limites réalisables et appropriées des sévérités de tous les facteurs relatifs au fonctionnement et à l'environnement. Une attention particulière sera apportée à ne pas négliger de facteurs qui peuvent avoir une influence sur la fiabilité de l'équipement.

Si l'essai de fiabilité peut être effectué à plusieurs endroits possibles, le choix du lieu dépend des raisons fondamentales de l'essai :

- Si l'on veut obtenir une forte assurance que le niveau de fiabilité atteint n'est pas inférieur à une valeur spécifiée, on choisira des lieux auxquels correspondent les conditions les plus sévères contenues dans la spécification applicable.
- Pour déterminer le niveau de fiabilité applicable aux conditions normales d'utilisation ou pour optimiser l'organisation de la maintenance, les endroits ayant les conditions les plus typiques devront être choisis.
- Si l'on désire une information comparative sur la fiabilité, on choisira des lieux où les conditions sont les mêmes ou sont nominalement identiques.

Les conditions de fonctionnement et d'environnement seront de préférence contrôlées d'une manière continue pendant le déroulement de l'essai. Si cela n'est pas possible durant l'utilisation normale de l'équipement, le contrôle sera fait sur la base d'un échantillonnage des temps; on pourra utiliser également les observations faites par les opérateurs.

Le programme de maintenance normale prescrit doit être exécuté d'une manière stricte et par un personnel qualifié. Il est important de noter la formation, l'expérience et les principaux traits de caractères des opérateurs et du personnel de maintenance aussi bien que les circonstances dans lesquelles toutes les opérations sont effectuées.

Si possible, l'essai doit être interrompu lorsque les conditions d'essai vont au-delà des limites spécifiées. Si l'on s'aperçoit que les conditions d'essai ont été au-delà des limites spécifiées au cours de l'essai, une analyse doit être faite pour rechercher si la fiabilité de l'équipement n'en a pas été affectée. S'il en était ainsi, les défaillances et la durée d'essai correspondant à la période pendant laquelle les limites spécifiées ont été dépassées devraient être considérées comme à ne pas prendre en compte et enregistrées mais non introduites dans les résultats de l'essai. Dans les cas extrêmes, il peut être nécessaire d'invalidier la totalité du programme d'essai en exploitation.

10.5.3.3 *Rejection*

If neither acceptance according to Sub-clause 10.5.3.1 nor conditional acceptance according to Sub-clause 10.5.3.2 is possible, the equipment shall be rejected.

11. **Field testing considerations**

During a field reliability test the test items are in operational use and special considerations must be taken into account in defining and interpreting test conditions, test item performance and relevant test time, and in recording observations by data collection.

11.1 *Test conditions*

For field reliability testing, the operating and environmental conditions need not be simulated. On the other hand, more operating and environmental test factors will usually be present than in the case of laboratory testing. Limits of the severities of all the operating and environmental factors shall be specified as feasible and appropriate in the detailed reliability test specification. Special attention shall be paid not to overlook factors which may have an impact on the equipment reliability.

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 specification shall be chosen.
- For determination of the level of reliability applicable to normal use conditions or for optimization of maintenance planning, sites with the most typical conditions shall be chosen.
- If comparative reliability information is requested, the sites shall have the same or nominally identical conditions.

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

The normal prescribed maintenance programme shall be carried out strictly and by qualified personnel. It is important to note the training, experience and the main traits of character of the operators and maintenance personnel, together with the circumstances under which any actions were performed.

If possible, the testing shall be interrupted when the test conditions go outside the specified limits. If it is found that the test conditions have been outside the specified limits during testing, an analysis should be made to investigate whether this might have influenced the equipment reliability. If so, the failures and test time during the period in which the specified limits have been exceeded shall be considered non-relevant and be recorded but not counted in the test results. In extreme cases it might be necessary to invalidate the complete field test programme.