

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61070**

Première édition  
First edition  
1991-11

---

---

**Procédures d'essai de conformité  
pour la disponibilité en régime établi**

**Compliance test procedures  
for steady-state availability**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61070: 1991

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

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

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61070**

Première édition  
First edition  
1991-11

---

---

**Procédures d'essai de conformité  
pour la disponibilité en régime établi**

**Compliance test procedures  
for steady-state availability**

© IEC 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

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



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 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                              | 4     |
| INTRODUCTION .....                                                                                              | 6     |
| <b>Articles</b>                                                                                                 |       |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                   | 8     |
| 2 Références normatives .....                                                                                   | 8     |
| 3 Définitions .....                                                                                             | 10    |
| 4 Symboles .....                                                                                                | 10    |
| 5 Conditions pour les essais de disponibilité .....                                                             | 12    |
| 5.1 Gestion et spécification de la sûreté de fonctionnement .....                                               | 12    |
| 5.2 Hypothèses concernant le processus statistique .....                                                        | 14    |
| 5.3 Définition des états .....                                                                                  | 14    |
| 5.4 Classification des temps .....                                                                              | 16    |
| 5.5 Classification des défaillances .....                                                                       | 16    |
| 5.6 Conditions d'essai .....                                                                                    | 18    |
| 6 Acquisition de données .....                                                                                  | 20    |
| 7 Distribution des temps .....                                                                                  | 22    |
| 7.1 Hypothèses de distribution .....                                                                            | 22    |
| 7.2 Essai de tendance .....                                                                                     | 24    |
| 7.3 Solution de rechange en cas d'infirmité des hypothèses .....                                                | 26    |
| 8 Planification d'un essai de conformité .....                                                                  | 26    |
| 9 Plans d'essai de conformité .....                                                                             | 26    |
| 9.1 Plan d'essai 1 – Nombre fixe de défaillances .....                                                          | 26    |
| 9.2 Plan d'essai 2 – Temps fixe, de durée supérieure à 15 fois le temps<br>moyen de disponibilité .....         | 28    |
| 9.3 Plan d'essai 3 – Temps fixe ( $U < 0,05$ ) .....                                                            | 28    |
| 9.4 Plan d'essai 4 – Essai progressif .....                                                                     | 30    |
| 10 Rapport d'essai .....                                                                                        | 32    |
| 10.1 Feuilles de fonctionnement et d'enregistrement des données .....                                           | 32    |
| 10.2 Rapports de défaillance .....                                                                              | 34    |
| 10.3 Etat récapitulatif des défaillances .....                                                                  | 36    |
| 10.4 Etat récapitulatif des éléments de remplacement et des pièces<br>détachées défaillantes (facultatif) ..... | 38    |
| 10.5 Rapport final .....                                                                                        | 38    |
| <b>Annexes</b>                                                                                                  |       |
| A Tableaux A.1 à A.4 .....                                                                                      | 40    |
| B Exemples numériques .....                                                                                     | 48    |
| C Bibliographie .....                                                                                           | 52    |

## CONTENTS

|                                                                        | Page |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                         | 5    |
| INTRODUCTION .....                                                     | 7    |
| Clause                                                                 |      |
| 1 Scope .....                                                          | 9    |
| 2 Normative references .....                                           | 9    |
| 3 Definitions .....                                                    | 11   |
| 4 Symbols .....                                                        | 11   |
| 5 Conditions for availability performance testing .....                | 13   |
| 5.1 Dependability management and specification .....                   | 13   |
| 5.2 Statistical process conditions .....                               | 15   |
| 5.3 Definition of states .....                                         | 15   |
| 5.4 Classification of times .....                                      | 17   |
| 5.5 Classification of failures .....                                   | 17   |
| 5.6 Test conditions .....                                              | 19   |
| 6 Data collection .....                                                | 21   |
| 7 Time distributions .....                                             | 23   |
| 7.1 Distribution assumptions .....                                     | 23   |
| 7.2 Trend test .....                                                   | 25   |
| 7.3 Decision alternatives in case of non-validity of assumptions ..... | 27   |
| 8 Compliance testing planning .....                                    | 27   |
| 9 Compliance test plans .....                                          | 27   |
| 9.1 Test plan 1 – Fixed number of failures .....                       | 27   |
| 9.2 Test plan 2 – Fixed time longer than 15 mean up times .....        | 29   |
| 9.3 Test plan 3 – Fixed time ( $U < 0,05$ ) .....                      | 29   |
| 9.4 Test plan 4 – Sequential test .....                                | 31   |
| 10 Test report .....                                                   | 33   |
| 10.1 Test logs and data records .....                                  | 33   |
| 10.2 Failure reports .....                                             | 35   |
| 10.3 Failure summary record .....                                      | 37   |
| 10.4 Replacement units and spare parts inventory (optional) .....      | 39   |
| 10.5 Final report .....                                                | 39   |
| Annexes                                                                |      |
| A Tables A.1 to A.4 .....                                              | 41   |
| B Numerical examples .....                                             | 49   |
| C Bibliography .....                                                   | 52   |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### PROCÉDURES D'ESSAI DE CONFORMITÉ POUR LA DISPONIBILITÉ EN RÉGIME ÉTABLI

#### AVANT-PROPOS

- 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.

La présente Norme internationale a été établie par le Comité d'Etudes n° 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| DIS       | Rapport de vote |
|-----------|-----------------|
| 56(BC)166 | 56(BC)187       |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente Norme internationale.

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**COMPLIANCE TEST PROCEDURES FOR  
STEADY-STATE AVAILABILITY**

## 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.

This International Standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 56: Dependability.

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

| DIS       | Report on Voting |
|-----------|------------------|
| 56(CO)166 | 56(CO)187        |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Report indicated in the above table.

Annex A forms an integral part of this International Standard.

Annexes B and C are for information only.

## INTRODUCTION

Les prescriptions relatives à la sûreté de fonctionnement peuvent être exprimées, soit par des mesures des caractéristiques individuelles: fiabilité, maintenabilité et logistique de maintenance, soit par des mesures de la disponibilité.

Les mesures de disponibilité comprennent, sans s'y limiter, les caractéristiques de disponibilité suivantes: instantanée, moyenne, asymptotique, moyenne asymptotique et en régime établi, ainsi que la durée cumulée moyenne d'indisponibilité, telles qu'elles sont définies dans la CEI 50(191). La préférence qui peut être accordée à ces mesures ainsi que leur application varient selon les secteurs industriels et les produits, entre autres en fonction de l'application du produit et des besoins de l'utilisateur final.

Pour exprimer une prescription, il est souvent possible de passer, par conversion, d'un type de mesure à un autre; par exemple, une prescription de durée cumulée moyenne d'indisponibilité en régime établi peut être transformée en une prescription de disponibilité en régime établi.

Pour la validation d'une prescription donnée, on utilise souvent des essais de conformité qui sont effectués, soit dans des conditions simulées, soit dans des conditions réelles.

## INTRODUCTION

Requirements on dependability may be expressed either in terms of measures of the individual characteristics reliability performance, maintainability performance and maintenance support performance, or by measures of availability performance.

Availability performance measures include, but are not limited to, instantaneous, mean, asymptotic, asymptotic mean and steady-state versions of availability, and mean accumulated down time, as defined in IEC 50(191). The preference for and application of these measures vary from one industry sector to another and from one product to another, inter alia depending on product application and end user needs.

A requirement expressed by one kind of measure may often be possible to convert to another. For example a requirement for mean accumulated down time under steady-state, conditions may be translated into a requirement for steady-state availability.

Validation of a specified requirement is often done by means of compliance testing under simulated or actual field conditions.

## PROCÉDURES D'ESSAI DE CONFORMITÉ POUR LA DISPONIBILITÉ EN RÉGIME ÉTABLI

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les techniques permettant de tester les caractéristiques de disponibilité d'entités fréquemment maintenues quand la mesure de la disponibilité utilisée est, soit une disponibilité en régime établi, soit une indisponibilité en régime établi. Elle est applicable aux essais de conformité de la disponibilité en régime établi. Ces essais portent uniquement sur deux états des entités: état de disponibilité et état d'indisponibilité. Les essais s'appliquent dans les conditions suivantes:

- 1) Une entité unique réparée.
- 2) Tous les temps de disponibilité suivent une même distribution exponentielle.

NOTE - Cette condition implique généralement qu'avant le début de l'essai de conformité, le système ait fonctionné de façon prolongée.

- 3) Le temps de maintenance préventive ne doit pas être inclus dans le temps d'indisponibilité, même s'il est reconnu qu'il peut influencer sur la disponibilité.
- 4) Il est nécessaire que tous les facteurs d'indisponibilité soient indiqués de manière explicite dans la spécification des exigences de l'essai.
- 5) Les entités très fiables peuvent nécessiter un temps d'essai extrêmement long pour déterminer la conformité.

NOTE - Avec une entité de haute fiabilité, peu de défaillances ou même zéro défaillance peuvent se produire au cours d'une période de temps désigné. Dans un tel cas, il y aura peu ou (peut-être) zéro information quantitative sur la disponibilité puisqu'il peut ne pas y avoir d'actions de réparation. Il convient que les parties (fournisseur et client) qui appliqueront la présente norme se mettent d'accord sur la décision à prendre lors d'une telle éventualité. En général, il est recommandé qu'avant que les parties ne citent cette norme dans un contrat, elles calculent, ou simulent, les résultats à obtenir à partir de l'essai de conformité. De cette façon, les deux parties seront bien informées en ce qui concerne les risques auxquels elles sont exposées.

- 6) Les procédures d'essai de conformité utilisent la mesure complémentaire de l'indisponibilité en régime établi.

### 2 Références normatives

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

CEI 50(191): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service.*

CEI 68-2: *Essais d'environnement - Deuxième partie: Essais.*

CEI 300: 1984, *Gestion de la fiabilité et de la maintenabilité.*

## COMPLIANCE TEST PROCEDURES FOR STEADY-STATE AVAILABILITY

### 1 Scope

This International Standard specifies techniques for availability performance testing of frequently maintained items when the availability performance measure used is either steady-state availability or steady-state unavailability. It is applicable to compliance testing of the steady-state availability of items attaining only two states, up-state and down-state, under the following conditions:

- 1) One single repaired item.
- 2) All up times have the same exponential distribution.

NOTE - This usually implies the need for operation to reach the constant failure intensity period before the compliance test is begun.

- 3) Preventive maintenance time is not included in down time although it is recognized as having possible impact on availability performance.
- 4) All contributors to down time need to be explicitly stated in the requirement or test specification.
- 5) Very reliable items may require an extremely long test time to determine compliance.

NOTE - With a highly reliable item, few or even zero failures may occur within a designated period of time. In such a case, there will be little or (possibly) zero quantitative information on the availability performance since there may be no repair actions. Parties (supplier and customer) applying this standard should agree on the decision to be made in such an eventuality. In general it is recommended that before the parties invoke this standard in a contract they calculate, or simulate, the results to be obtained from the compliance test. In this way both parties will be knowledgeable regarding the risks they are facing.

- 6) The compliance test procedures use the complementary measure steady-state unavailability.

### 2 Normative references

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

IEC 50(191): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV), chapter 191: Dependability and quality of service*.

IEC 68-2: *Environmental testing - Part 2: Tests*.

IEC 300: 1984, *Reliability and maintainability management*.

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

CEI 605-1: 1978, *Essai de fiabilité des équipements - Première partie: Prescriptions générales.*

CEI 605-2: *Essai de fiabilité des équipements - Deuxième partie: Recommandations pour la définition de cycles d'essai.* (En préparation.)

CEI 605-3, *Essai de fiabilité des équipements - Troisième partie: Conditions d'essai préférentielles.*

CEI 605-6: 1986, *Essai de fiabilité des équipements - Sixième partie: Tests de validité de l'hypothèse d'un taux de défaillance constant.*

CEI 706-1: 1982, *Guide de maintenabilité de matériel - Première partie: Sections un, deux et trois. Introduction, exigences et programme de maintenabilité.*

CEI 706-3: 1987, *Guide de maintenabilité de matériel - Troisième partie: Sections six et sept. Vérification et recueil, analyse et présentation des données.*

CEI 721-1: 1991, *Classification des conditions d'environnement - Première partie: Agents d'environnement et leurs sévérités.*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions de la CEI 50(191) sont applicables.

### 4 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans la présente Norme internationale.

NOTE - Les symboles qui n'apparaissent que ponctuellement ne figurent pas dans la liste ci-dessous. Leur signification sera donnée au fur et à mesure.

- $\alpha$  risque nominal du fournisseur (risque de type I)
- $\beta$  risque nominal du client (risque de type II)
- $Ac(r)$  valeur limite d'acceptation lors d'un essai progressif
- $Re(r)$  valeur limite de rejet lors d'un essai progressif
- $D$  rapport de discrimination,  $D = U_1 / U_0$
- $U_0$  valeur acceptable spécifiée pour l'indisponibilité en régime établi,  $U_0 = 1 - A_0$
- $U_1$  valeur inacceptable d'indisponibilité en régime établi,  $U_1 = 1 - A_1$
- $U_{lim}$  valeur limite de rejet lors d'un essai de conformité
- $u_{1-\alpha}$  le fractile d'ordre  $1-\alpha$  de la distribution normale centrée réduite
- $A_0$  valeur acceptable spécifiée de la disponibilité en régime établi
- $A_1$  valeur inacceptable de la disponibilité en régime établi
- $F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$  le fractile d'ordre  $1-\alpha$  de la distribution  $F$  avec des degrés de liberté  $v_1$  et  $v_2$ .  
Le tableau A.1 de l'annexe A contient les fractiles de la distribution  $F$

IEC 362: 1971, *Guide for the collection of reliability, availability, and maintainability data from field performance of electronic items.*

IEC 605-1: 1978, *Equipment reliability testing - Part 1: General requirements.*

IEC 605-2: *Equipment reliability testing - Part 2: Guidance for the design of test cycles. (In preparation.)*

IEC 605-3, *Equipment reliability testing - Part 3: Preferred test conditions.*

IEC 605-6: 1986, *Equipment reliability testing - Part 6: Tests for the validity of a constant failure rate assumption.*

IEC 706-1: 1982, *Guide on maintainability of equipment - Part 1: Sections One, Two and Three. Introduction, requirements and maintainability programme.*

IEC 706-3: 1987, *Guide on maintainability of equipment - Part 3: Sections Six and Seven: Verification and collection, analysis and presentation of data.*

IEC 721-1: 1991, *Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities.*

### 3 Definitions

For the purposes of this International Standard the terms and definitions of IEC 50(191) apply.

### 4 Symbols

The following symbols are used in this International Standard.

NOTE - Symbols that are used only locally are explained as they appear and are not included in this symbol list.

$\alpha$  the nominal producer's risk (type I risk)

$\beta$  the nominal consumer's risk (type II risk)

$Ac(r)$  the acceptance limit in a sequential test

$Re(r)$  the rejection limit in a sequential test

$D$  the discrimination ratio,  $D = U_1 / U_0$

$U_0$  the specified acceptable value of steady-state unavailability,  $U_0 = 1 - A_0$

$U_1$  the unacceptable value of steady-state unavailability,  $U_1 = 1 - A_1$

$U_{lim}$  the rejection limit in a compliance test

$u_{1-\alpha}$  the  $1-\alpha$  fractile of the standardized normal distribution

$A_0$  the specified acceptable value of steady-state availability

$A_1$  the unacceptable value of steady-state availability

$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$  the  $1-\alpha$  fractile of the  $F$ -distribution with degrees of freedom  $v_1$  and  $v_2$ .  
Table A.1 of annex A contains fractiles of the  $F$ -distribution

|       |                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| $m_d$ | temps moyen d'indisponibilité                                                                 |
| $m_u$ | temps moyen de disponibilité                                                                  |
| $n$   | taille de l'échantillon, c'est-à-dire le nombre de défaillances, lors d'un essai à temps fixe |
| $r$   | nombre de défaillances lors d'un essai progressif                                             |
| $T$   | temps cumulé de disponibilité, $T = \sum t_i$                                                 |
| $T^*$ | représente la durée d'un essai à temps fixe                                                   |
| $t_i$ | temps de disponibilité n° i, $i = 1, 2, 3, \dots$                                             |
| $Y$   | durée cumulée d'indisponibilité, $Y = \sum y_i$                                               |
| $y_i$ | temps d'indisponibilité n° i, $i = 1, 2, 3, \dots$                                            |

Fonctions de densité de probabilité  $f(t)$  et espérances mathématiques  $E(t)$ ,  $E(t^2)$ , propres aux distributions utilisées:

Distribution gamma:

$$f(t) = s(st)^{p-1} \exp(-st) / \Gamma(p)$$

$$E(t) = p/s$$

$$E(t^2) = p/s^2$$

$p$  est le paramètre de forme

$s$  est le paramètre d'échelle

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} y^{p-1} \exp(-y) dy \text{ représentant la fonction gamma}$$

$$\Gamma(p) = (p-1)! \text{ pour un nombre entier } p$$

Distribution exponentielle (cas particulier de la distribution gamma, avec  $p = 1$ ):

$$f(t) = s \exp(-st)$$

$$E(t) = 1/s$$

$$E(t^2) = 1/s^2$$

## 5 Conditions pour les essais de disponibilité

### 5.1 Gestion et spécification de la sûreté de fonctionnement

Le processus permettant d'obtenir une entité présentant les caractéristiques de disponibilité désirées peut comporter plusieurs phases, notamment:

- spécification des exigences de disponibilité désirées pour l'entité à obtenir;
- analyse des caractéristiques de disponibilité prédites. Cette analyse peut être effectuée durant la phase de conception de l'entité et peut inclure les exigences globales de disponibilité relatives aux sous-ensembles de l'entité;
- mise en oeuvre de la gestion de la sûreté de fonctionnement, conformément aux CEI 300 et 706-1;

$m_d$  the mean down time

$m_u$  the mean up time

$n$  the sample size, i.e. the number of failures, for a fixed time test

$r$  the number of failures in a sequential test

$T$  the accumulated up time,  $T = \sum t_i$

$T^*$  the duration for a fixed time test

$t_i$  up time No.  $i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$

$Y$  the accumulated down time,  $Y = \sum y_i$

$y_i$  down time No.  $i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$

Probability density functions,  $f(t)$ , and expectations  $E(t)$ ,  $E(t^2)$ , for the distributions used:

Gamma distribution:

$$f(t) = s(st)^{p-1} \exp(-st) / \Gamma(p)$$

$$E(t) = p/s$$

$$E(t^2) = p/s^2$$

$p$  is the shape parameter

$s$  is the scale parameter

$$\Gamma(p) = \int_0^\infty y^{p-1} \exp(-y) dy \text{ is the gamma function}$$

$$\Gamma(p) = (p-1)! \text{ for integer } p$$

Exponential distribution (special case of gamma distribution with  $p=1$ ):

$$f(t) = s \exp(-st)$$

$$E(t) = 1/s$$

$$E(t^2) = 1/s^2$$

## 5 Conditions for availability performance testing

### 5.1 Dependability management and specification

The process of reaching a desired availability performance goal for an item may contain several steps, for example:

- specification of availability performance requirements for the item to be acquired;
- analysis of the predicted availability performance. This may be applied during the design of the item, and may include an allocation of the overall availability performance requirements to requirements on sub-items;

- essai de la disponibilité en régime établi de l'entité assemblée pour vérifier qu'elle répond aux exigences spécifiées. Les méthodes d'essai sont présentées dans la présente norme.

Comme indiqué ci-avant, le but d'un essai de conformité de disponibilité est, en général, de vérifier qu'une exigence a été satisfaite. La procédure dépend donc essentiellement des termes de la spécification. Si un essai doit faire partie de la procédure d'achat, il est recommandé d'en préciser les grandes lignes dans la spécification. Il convient de prendre en compte les points suivants:

- mesure de la disponibilité devant être utilisée;

NOTE - Les spécifications de disponibilité pour une application directe peuvent, dans cette norme, être exprimées en termes de disponibilité moyenne ou d'indisponibilité en régime établi. Il convient qu'un essai de conformité de disponibilité mette en oeuvre les mesures indiquées dans la spécification.

- définitions des états, des temps et des défaillances;
- conditions d'essai;
- type d'essai à effectuer: par exemple, nombre fixe de défaillances, essai à temps fixe ou essai progressif;
- conséquences du rejet d'une entité. Des amendes (et primes) ou des demandes d'études supplémentaires sont possibles.

Lorsqu'il se réfère à la présente norme, tout accord établi entre fournisseur et client doit indiquer clairement quels articles de la norme sont applicables.

## 5.2 Hypothèses concernant le processus statistique

Les plans d'essai de la présente norme supposent que toutes les observations des temps de disponibilité utilisent la même distribution de Poisson (toutes les durées de disponibilité suivent la même distribution exponentielle) et que toutes les observations des temps d'indisponibilité ont la même distribution gamma (ou exponentielle). Une méthode permettant de vérifier l'absence de tendance est décrite en 7.2. S'il existe une tendance, les résultats des essais resteront valables si la croissance de la fiabilité, l'apprentissage du personnel, etc., sont pris en compte.

## 5.3 Définition des états

Les plans d'essai sont destinés à tester une entité fonctionnant de façon continue. Dans ce cas, la disponibilité est en relation avec la durée totale. Cependant, lorsque ces plans s'appliquent à des entités utilisées par intermittence, il est nécessaire de prendre en compte le cas des réparations effectuées pendant les périodes de non-fonctionnement.

Pour pouvoir mesurer les caractéristiques de disponibilité il faut, en général, que les caractéristiques de fonctionnement acceptables aient été spécifiées, c'est-à-dire qu'il existe des spécifications de temps de disponibilité et de temps d'indisponibilité. Les méthodes d'essai décrites dans la présente norme ne s'appliquent qu'à deux états (disponibilité/ indisponibilité).

NOTE - Pour certaines entités complexes, plusieurs états peuvent être définis, chacun faisant l'objet d'une spécification différente. Dans ce cas, il convient d'appliquer les plans d'essai à un seul état à la fois et de définir à l'avance une méthode d'analyse des résultats contradictoires obtenus lors des essais des différents états.

- testing the steady-state availability of the completed item to verify that the specified requirement has been fulfilled. Test methods are presented in this standard.

As indicated above, the purpose of an availability compliance test is generally to verify that a specified requirement has been met. The test procedure thus depends heavily on what is stated in the specification. If a test is to be part of the acquisition procedure, it is recommended that the basic outline of the test be included in the specification. The following topics should be considered:

- availability performance measure to be used;

**NOTE** - Availability performance requirements for direct application in this standard may be expressed as the steady-state mean availability or the steady-state unavailability. An availability compliance test should be based on the measure that is used in the requirement specification.

- definitions of states, times and failures;
- test conditions;
- type of test to be performed, e.g. fixed number of failures, fixed time test or sequential test;
- consequences in case of rejection. Monetary penalties (and incentives) or requirements for redesign may be drawn up.

When referring to this standard in an agreement between a supplier and a customer, it should be explicitly stated if all or only a selection of clauses are applicable.

## 5.2 Statistical process conditions

The test plans of this standard presuppose all up times are independent observations from the same homogeneous Poisson process (all up times are realizations of the same exponential distribution) and, all down times are independent realizations from the same gamma (or exponential) distribution. Methods for verification of a lack of trend in the data are included in 7.2. If a trend exists, test results may still be informative, provided precautions are taken to consider reliability growth, learning curve of maintenance personnel, etc.

## 5.3 Definition of states

The test plans are intended for a continuously operated item, where the availability performance measure is expressed in relation to the total time. If they are applied to items used intermittently, due consideration shall be given to the problem of repairs performed during non-required time.

Availability performance measures generally require that the acceptable functional modes of the item are defined, i.e. that up and down states are specified. The test methods of this standard can only treat items with two states (up/down).

**NOTE** - For complex items several functional modes may be defined, each with a different availability performance requirement. If this is the case, the test plans may be applied to one functional mode at the time. In such cases it is necessary to define in advance how the situation of conflicting test outcomes for different functional modes is to be handled.

Dans le cas d'entités extrêmement fiables composées de sous-ensembles redondants, il peut s'avérer impossible de réaliser un essai réellement probant de conformité de disponibilité dans une période de temps acceptable. Dans certains cas, on peut résoudre ce problème en répartissant les exigences de disponibilité entre les sous-ensembles des entités et en appliquant séparément l'essai à chacun d'entre eux. Dans ce cas, il convient de prendre en compte la plus grande probabilité d'échec pour au moins un essai.

#### 5.4 *Classification des temps*

Il est essentiel d'indiquer dans les spécifications si l'essai porte sur la disponibilité intrinsèque ou opérationnelle. (Ces notions sont définies dans la CEI 50(191).) Ce choix aura une incidence sur le classement des temps d'indisponibilité à prendre en compte ou à ne pas prendre en compte pour la mesure utilisée. Avant le début de l'essai, il faut définir avec précision les critères de classement des temps d'indisponibilité.

Le temps passé à la maintenance préventive, qu'il s'agisse d'entretien systématique ou non, est souvent classé dans les temps à ne pas prendre en compte lorsque l'essai porte sur la disponibilité intrinsèque. Il en est parfois de même pour la disponibilité opérationnelle, à condition que la valeur acceptable ait été modifiée en fonction du temps d'entretien prévu. Dans la présente norme, l'état d'incapacité dû à un entretien systématique est pris en compte dans les plans d'essai en modifiant en conséquence la mesure de la disponibilité indiquée.

Le temps de maintenance corrective active doit toujours être classé dans les temps d'indisponibilité à prendre en compte, sauf dans le cas des défaillances à ne pas prendre en compte. Cette durée englobe le temps de diagnostic de panne, les délais techniques (refroidissement, etc.), le temps de correction de panne et celui de vérification. Les délais logistiques et administratifs n'entrent pas dans le temps de maintenance active et sont classés dans la catégorie des temps à ne pas prendre en compte dans le cas de la disponibilité intrinsèque. Dans le cas de la disponibilité opérationnelle, la classification des délais doit être clairement définie, notamment le temps nécessaire au transport des pièces de rechange qui doivent provenir du magasin le plus proche.

Dans le cas de la disponibilité intrinsèque, tout retard dû à un manque de support de maintenance est classé dans les temps à ne pas prendre en compte. Lorsque la disponibilité opérationnelle est spécifiée, les parties du délai logistique correspondant à l'indisponibilité doivent être clairement définies.

#### 5.5 *Classification des défaillances*

Toutes les mesures de disponibilité se basent sur la définition des temps de disponibilité et des temps d'indisponibilité. Il est donc essentiel de distinguer clairement les états de disponibilité des états d'indisponibilité de l'entité. Si certains types de défaillances ne doivent pas être pris en compte, il faudra en convenir à l'avance.

Selon l'entité considérée et le contenu de la spécification, il est plus ou moins facile de classer une défaillance. Les fonctions de l'entité peuvent constituer le critère principal du classement qui ne tiendra alors pas compte de la configuration du matériel. Ainsi, pour qu'un câble de transmission d'énergie soit considéré en état de fonctionnement, il suffit qu'il réponde aux exigences de transmission d'énergie (dans les limites de ses caractéristiques nominales maximales). Dans d'autres cas, le classement des différentes défaillances peut s'effectuer avec de nombreux détails techniques, en commençant par les états de fonctionnement les plus performants, puis en classant les différents états dus à des défaillances matérielles ou logicielles clairement identifiées.

In the case of extremely reliable items built up of redundant sub-items, it may prove impossible to complete an availability compliance test at an acceptable significance level within a reasonable period of time. This problem can sometimes be overcome by allocating the overall availability requirement to the sub-items and applying the test to each separate sub-item. If so, due regard needs to be given to the greater probability of failing at least one test.

#### 5.4 *Classification of times*

It is essential to state in the requirement specification whether intrinsic or operational availability is to be measured. (The concepts are defined in IEC 50(191).) This choice will influence the classification of down times as relevant or non-relevant for the measure being used. Before the test is started, this classification of down times shall be defined in detail.

Time used for preventive maintenance, whether scheduled or unscheduled, is often classified non-relevant when intrinsic availability is specified, and may be so also when operational availability is specified, if the acceptable value is revised according to the expected preventive maintenance time. The test plans in this standard treat outages due to scheduled maintenance by revising the specified availability performance measure accordingly.

Time used for active corrective maintenance is always classified as relevant down time, except after non-relevant failures. This time includes fault diagnosis time, technical delay (for cooling, etc.), fault correction time and check-out time. Logistic delay and administrative delay are not included in the active time and are classified as non-relevant in the intrinsic availability case. When operational availability is specified, the classification of delays shall be clearly defined, e.g. by classifying the time required for transport of necessary spare parts from the nearest supply depot to be relevant.

If intrinsic availability performance is specified, any delay caused by lack of maintenance support is classified as non-relevant time. When operational availability performance is specified, the portions of logistic delay that are relevant to down time shall be clearly defined.

#### 5.5 *Classification of failures*

All availability performance measures are based on the definition of up times and down times. It is thus essential to classify the possible item states as up and down respectively. If certain classes of failures are to be counted as nonrelevant, this shall also be agreed upon in advance.

Depending on the item and on the way the requirement specification is written, the failure classification can be more or less complex. It may concentrate on the function of the item without considering the hardware configuration. A power transmission link may, for example, be regarded as functional as long as the power transmission demand can be met (within the limit of the maximum rating of the link). On the other hand, the failure classification may be pursued into great technical detail, proceeding from top-level up states and continuing down to a classification of states caused by clearly defined hardware and/or software failures.

## 5.6 Conditions d'essai

Lorsqu'un contrat fait état d'exigences quant aux caractéristiques de disponibilité, ces exigences s'appliquent essentiellement à l'entité considérée dans son utilisation finale. Les conditions techniques de l'essai doivent se rapprocher le plus possible des conditions d'utilisation en ce qui concerne la formation du personnel, la transmission des ensembles de remplacement, etc. Cela peut présenter certaines difficultés, mais si l'on tient compte de tous les facteurs influant sur la fiabilité, la maintenabilité et le support de maintenance, les conditions d'essai seront très proches de la réalité.

Le choix entre essai en laboratoire et essai en exploitation peut être dicté par la nature même de l'entité en essai. Une entité de taille moyenne et directement commercialisable se prêtera à un essai en laboratoire alors que, dans le cas d'un système personnalisé de grandes dimensions devant être monté dans les locaux mêmes du client, il sera certainement préférable de procéder à un essai sur le site, c'est-à-dire dans les conditions d'exploitation. Pour le cycle d'essai en laboratoire, il est souhaitable que tous les facteurs déterminants soient intégrés de façon réaliste. Dans le cas d'un essai en exploitation, il conviendra d'attribuer aux facteurs déterminants contrôlables des sévérités réalistes, les autres facteurs importants étant également pris en compte et appréciés selon leur opportunité. Si les facteurs atteignent des proportions invraisemblables, l'essai pourra être interrompu jusqu'à obtention de conditions acceptables.

Les facteurs à prendre en compte comprennent les conditions de fonctionnement, d'environnement et de maintenance.

### 5.6.1 Conditions de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement qui influent sur la fiabilité d'une entité doivent être spécifiées.

Lors de l'essai, les conditions de fonctionnement doivent être aussi proches que possible de la réalité. Pour plus de précisions, se reporter à la CEI 605-1 et à la future 605-2.

### 5.6.2 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement qui influent sur la fiabilité d'une entité doivent être spécifiées.

Les conditions d'environnement peuvent être d'une grande complexité et peuvent varier selon le jour, l'année, le mode de fonctionnement de l'entité ou tout autre état d'activité à prendre en compte. Les conditions d'environnement se subdivisent ordinairement en trois catégories: conditions climatiques, conditions mécaniques et autres. Une liste relativement exhaustive des conditions d'environnement figure dans la CEI 721-1 et les méthodes d'essais d'environnement sont décrites dans la CEI 68-2. Dans la CEI 605-3, des cycles d'essai sont proposés pour un certain nombre d'applications standards.

### 5.6.3 Conditions de maintenance

Lors de l'essai, toutes les conditions de maintenance à prendre en considération doivent être aussi proches que possible de la réalité. Les conditions de maintenance comprennent la maintenance préventive et la maintenance corrective.

## 5.6 *Test conditions*

When availability performance is specified in a contract, it is mainly intended to apply to the item in its ultimate use. The test conditions shall technically be designed to achieve good correspondence between the availability performance during testing and the availability performance under use conditions, regarding training of personnel, circulation of replacement units, etc. This may be difficult to achieve, but careful consideration of all factors that have an effect upon reliability performance, maintainability performance, and maintenance support performance will help make realistic testing possible.

The choice between laboratory testing and field testing may be given by the nature of the test item. A moderately sized item intended for the general market could be tested in the laboratory, while a large, unique system assembled at a customer's premises would most likely be tested on site, i.e. field tested. For laboratory testing, all important factors should be included in a realistic way when making up the test cycle. For field testing, the important factors that can be controlled should be given realistic severities and the other important factors should be recorded and judged with respect to their relevance. If they exceed realistic limits, the test may be interrupted until acceptable conditions reappear.

The factors to be considered may be divided into operating, environmental, and maintenance conditions.

### 5.6.1 *Operating conditions*

Operating conditions that influence the reliability performance of the item shall be specified.

Operating conditions during the test shall be as close as possible to the stated conditions for operative use. Details are given in IEC 605-1 and in the future 605-2.

### 5.6.2 *Environmental conditions*

Environmental conditions that influence the reliability performance of an item shall be specified.

The environmental conditions may be very complex and vary with day and year as well as with functional modes and other relevant states of activity of the test items. These conditions are usually divided into climatic, mechanical, and other conditions. A rather complete series of environmental conditions are given in IEC 721-1 and environmental test methods are described in IEC 68-2. For a number of standard applications, test cycles are given in IEC 605-3.

### 5.6.3 *Maintenance conditions*

During the test, all relevant maintenance conditions shall be representative of those during normal operation. The maintenance conditions shall be considered with respect to preventive maintenance and corrective maintenance.

– Maintenance préventive

Il convient d'observer l'échéancier et les instructions de maintenance préventive ordinaires, d'utiliser l'outillage dans les conditions habituelles et de confier les travaux à un personnel ayant la formation normalement prévue.

– Maintenance corrective

Il convient d'observer les consignes de réparation habituelles, d'utiliser les outils et tout autre équipement de dépannage ordinairement employés et de confier les travaux à un personnel ayant la formation normalement prévue.

– Soutien logistique comprenant la logistique de maintenance

Le type d'approvisionnement nécessaire au fonctionnement et à la maintenance de l'entité doit être défini. Dans le cas de la disponibilité intrinsèque, il convient de prévoir un approvisionnement important en unités de remplacement, pièces détachées et autres ressources de maintenance, tandis que, dans le cas d'une disponibilité opérationnelle, les exigences sont plus modérées.

## **6 Acquisition de données**

L'essai de conformité de disponibilité implique l'acquisition de données concernant la fiabilité, la maintenabilité et le support de la maintenance. Il est indispensable de disposer des données relevées lors des essais en exploitation ou en cours de fonctionnement, et ces données doivent faire, le plus tôt possible, l'objet d'un accord entre fournisseur et client.

L'essai en exploitation peut consister à appliquer un programme particulier, ou bien à utiliser l'entité dans les conditions ordinaires en établissant un suivi spécial des événements et des durées. Lors de l'essai en exploitation, on doit veiller à ce que les données enregistrées soient correctes. Les temps de disponibilité et d'indisponibilité doivent être correctement distingués (temps à prendre en compte ou non), suivant les exigences convenues entre les deux parties. Une attention particulière doit être accordée aux différents types de délais selon qu'il s'agit de disponibilité intrinsèque ou de disponibilité opérationnelle.

Il convient que l'acquisition porte essentiellement sur les données nécessaires à l'évaluation des caractéristiques de disponibilité propres à l'essai. Une surabondance de données peut fausser les résultats. Il est recommandé d'effectuer un essai afin de vérifier et d'améliorer les procédures d'acquisition de données.

Une observation continue des temps de disponibilité et d'indisponibilité ainsi que des événements constitue la meilleure façon de rassembler les données. Il est recommandé d'utiliser un journal ou tout autre moyen équivalent permettant de noter les observations par ordre chronologique. Dans ce cas, il conviendra de noter les intervalles de temps séparant les différents états du dispositif en essai, les opérations de maintenance effectuées et leurs causes.

L'acquisition des données de fiabilité lors des essais en laboratoire et en exploitation est étudiée dans la CEI 605-1, tandis que l'acquisition des données de maintenabilité est traitée dans la CEI 706-3. L'acquisition des données d'exploitation est présentée dans ses grandes lignes dans la CEI 362.

- Preventive maintenance

The ordinary preventive maintenance schedule, instructions, and tools should be applied as in actual use, and personnel with the ordinary training should perform the work.

- Corrective maintenance

The ordinary repair instructions, tools, and trouble shooting equipment should be used and the work should be done by personnel with the ordinary training.

- Logistic support including maintenance support

The supply of resources needed to operate and maintain the test item shall be defined. The supply of replacement units, spare parts, and other support maintenance resources should be abundant in the intrinsic availability case and ordinary when operational availability is specified.

## 6 Data collection

Availability compliance testing requires the collection of reliability performance data, maintainability performance data, and maintenance support performance data. Data collection from field testing or actual operation is absolutely necessary and shall in an early stage be agreed upon between supplier and customer.

The field testing may include operation according to a specially prepared program, or ordinary use with special follow-up of events and times. At field testing sufficient effort shall be spent to ensure the correctness of the data recorded. Up times and down times shall be classified correctly as relevant or non-relevant under requirements agreed to by both parties. Special attention shall be given to different types of delays regarding relevance for intrinsic or operational availability.

All data collection should concentrate on the data necessary for evaluation of the availability performance measure aimed at by the testing. Requesting too much additional data may make the reporting inefficient and incorrect. A trial data collection is recommended to check out and improve the data collection procedures.

Continuous observation of up and down times and events is the recommended way of collecting the data. The use of a log book or similar to record the observations in chronological order is recommended. In this case the calendar time of all transitions between different states of the test item and maintenance situation and their reasons need to be recorded.

Reliability performance data collection from laboratory and field testing should follow the provisions of IEC 605-1, and collection of maintainability data the provisions of IEC 706-3. Collection of field data is generally as dealt with in IEC 362.

## 7 Distribution des temps

L'entité en essai est considérée comme étant, soit en état de disponibilité, soit en état d'indisponibilité. L'essai débute avec l'entité en état de disponibilité. Au bout d'un certain temps survient la première défaillance, c'est-à-dire la première indisponibilité de l'entité. Des opérations de maintenance sont alors effectuées. Après réparation, l'entité retrouve son état de disponibilité et un nouveau cycle disponibilité-indisponibilité commence. Ce processus est décrit dans la figure 1. En 5.4, on trouvera des explications concernant les temps d'indisponibilité à prendre en compte, selon la mesure de la conformité de disponibilité choisie, c'est-à-dire disponibilité intrinsèque ou disponibilité opérationnelle.

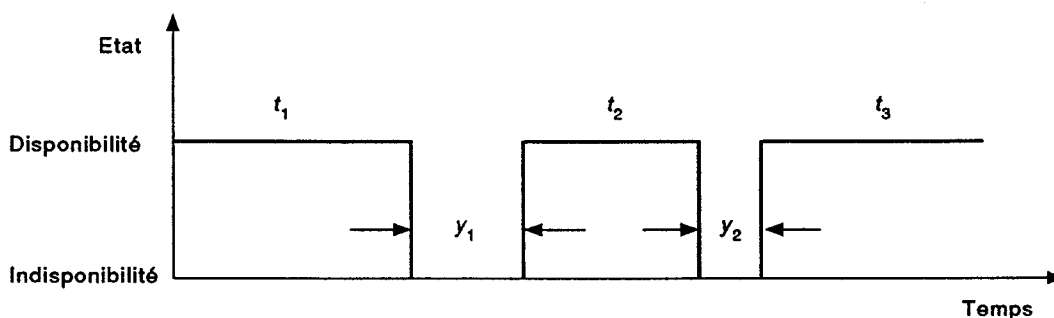


Figure 1 – Processus d'essai type

On trouvera en 7.1 des explications d'ordre général pour choisir la distribution statistique des temps de disponibilité et des temps d'indisponibilité.

Les plans d'essai proposés dans la présente norme se fondent sur l'hypothèse que tous les temps de disponibilité sont répartis de façon égale, de même que les temps d'indisponibilité. On trouvera en 7.2 un essai de tendance permettant de vérifier cette hypothèse.

Pour le cas où les hypothèses sur le régime établi ou sur les distributions seraient erronées, des solutions sont proposées en 7.3

### 7.1 Hypothèses de distribution

Les hypothèses concernant la distribution des temps de disponibilité et des temps d'indisponibilité doivent se fonder sur l'expérience acquise. Dans certains cas, on peut étayer ces hypothèses par d'éventuelles données sur les processus physiques intrinsèques à l'entité en essai.

Les plans d'essai exposés dans la présente norme ne sont valables que pour des temps de disponibilité qui suivent une distribution exponentielle ou pour des temps d'indisponibilité qui suivent une distribution gamma. Dans le cas particulier de la distribution gamma (paramètre de forme  $p = 1$ ), la distribution exponentielle peut être supposée. Les fonctions de densité de la probabilité pour la distribution gamma ou exponentielle figurent à l'article 4, en même temps que la liste des symboles.

Si une entité a un taux de défaillance constant, les temps de disponibilité suivent une distribution exponentielle et elle a une intensité de défaillance constante. C'est généralement le cas des entités non susceptibles d'usure (le matériel électronique, par exemple).

## 7 Time distributions

The test item is considered as being either in an up or a down state. The test is started with the item in the up state. After a time interval the first failure occurs, causing the item to enter the down state. Repair work is begun. When the repair is completed, the item is restored to the up state, and a new up-down-cycle begins. A realization of such a process is shown in figure 1. Subclause 5.4 gives guidance as to what may be included as a relevant down time according to the chosen availability performance measure, i.e. intrinsic or operational availability.

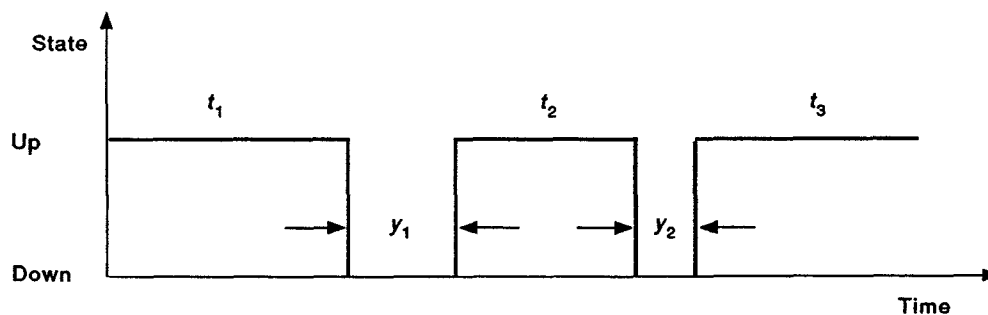


Figure 1 – A typical realization of the test process

In 7.1 guidelines are given for the selection of statistical distributions for the up and down times.

The test plans of this standard are based on the assumption that all up times are assumed to be identically distributed as are the down times. In 7.2 a trend test for validation of this assumption is found.

Decision alternatives in case of non-validity regarding distribution or steady-state assumptions are presented in 7.3.

### 7.1 Distribution assumptions

Assumptions regarding the distributions of up times and down times should be based on previous experience. In some cases the assumptions may also be supported by information about intrinsic physical processes of the test item.

The test plans of this standard are valid only for exponentially distributed up times and gamma distributed down times. As a special case of the gamma distribution (shape parameter  $p = 1$ ), the exponential distribution may be assumed. Probability density functions for the gamma and exponential distributions are given together with the symbol list in clause 4.

If an item has a constant failure rate, the up times follow an exponential distribution and it has a constant failure intensity. This is normally the case for items that are not subject to wear (e.g. electronic equipment).

Lorsqu'on ne dispose d'aucune donnée sur la distribution des temps, on peut utiliser la distribution exponentielle comme première approximation.

Dans le but de vérifier que tous les temps de disponibilité proviennent de la même distribution exponentielle,

1) il convient que l'essai de tendance de 7.2 soit tout d'abord exécuté pour vérifier l'absence d'une telle tendance.

Si aucune tendance n'est trouvée,

2) le taux de défaillance constant peut être vérifié à l'aide de la CEI 605-6 en utilisant les temps de disponibilité en tant que données.

Les deux hypothèses sont nécessaires pour que la présente norme soit applicable.

Les propriétés statistiques utilisées dans les plans d'essai sont essentiellement fonction de la valeur présumée de la distribution du temps d'indisponibilité. L'hypothèse de la distribution gamma a été faite pour des raisons de commodité mathématique et on ne s'attend pas à ce qu'elle soit critique. Cette distribution est définie avec deux paramètres qui admettent une variété de formes de courbe de densité de probabilité. Pour un quelconque taux de réparation, une bonne approximation des temps d'indisponibilité peut être obtenue avec une distribution gamma. Dans la pratique, cette hypothèse est généralement suffisante, même lorsque la vraie distribution est logarithmique.

## 7.2 Essai de tendance

Pour  $i = 1, 2, \dots, n$  (où  $n$  = nombre total de défaillances observé), on a:

$$T_i = t_1 + t_2 + \dots + t_i$$

Calculer:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n T_i - n \frac{T^*}{2}}{T^* \left[ \frac{n}{12} \right]^{1/2}} \quad [\text{type I}]$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} T_i - (n-1) \frac{T_n}{2}}{T_n \left[ \frac{n-1}{12} \right]^{1/2}} \quad [\text{type II}]$$

où les essais de type I prennent fin au temps total prédéterminé  $T^*$  et où les essais de type II prennent fin au temps de défaillance total  $T_n$ .

Pour  $n$  au moins égal à 5,  $S$  suit approximativement une distribution normale. En conséquence, il convient de comparer la valeur calculée de  $S$  à la valeur critique du tableau A.2 de l'annexe A.

In cases where no information about time distributions is available, the exponential distribution may be used as a first approximation.

In order to check that all up times come from the same exponential distribution then:

- 1) the trend test of 7.2 should first be performed to verify the absence of such a trend.

If no trend is found, then:

- 2) the constant failure rate can be tested with IEC 605-6 using the up times as data.

Both assumptions are necessary for this standard to be applicable.

The statistical properties used in the test plans are primarily dependent on the expected value of the down time distribution. The assumption of the gamma distribution was made for mathematical convenience and is not expected to be critical. This distribution is defined with two parameters which admit a variety of probability density curve shapes. For any repair rate function the down times may usually be approximated with a gamma distribution. Generally, this is good enough for practical purposes even when the true distribution is lognormal.

## 7.2 Trend test

For  $i = 1, 2, \dots, n$  (where  $n$  = total number of failures observed) let

$$T_i = t_1 + t_2 + \dots + t_i$$

Compute:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n T_i - n \frac{T^*}{2}}{T^* \left[ \frac{n}{12} \right]^{1/2}} \quad \text{[type I]}$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} T_i - (n-1) \frac{T_n}{2}}{T_n \left[ \frac{n-1}{12} \right]^{1/2}} \quad \text{[type II]}$$

where type I tests are concluded at the preset total time  $T^*$  and type II tests are concluded at the total failure time  $T_n$

For  $n$  at least 5,  $S$  is approximately normally distributed. Therefore, the calculated value of  $S$  should be compared to the critical value of table A.2 of annex A.

### 7.3 Solution de rechange en cas d'infirmité des hypothèses

Si l'hypothèse de régime établi est erronée, chaque cas doit être analysé séparément. Par exemple, si la disponibilité moyenne augmente et si l'on obtient des temps de disponibilité croissants, il est évident que l'entité est acceptable. Cependant, une interprétation difficile des résultats peut obliger à prolonger l'essai.

NOTE - Les parties peuvent convenir qu'un essai de tendance ou de distribution ne soit pas mis en oeuvre pour vérifier les hypothèses sur la distribution. Plus souvent, les hypothèses de distribution sont établies puis soumises aux deux parties pour approbation. De cette façon, on évite d'éventuels désaccords sur l'interprétation des résultats des essais de disponibilité.

## 8 Planification d'un essai de conformité

Un essai de conformité débouche sur une réponse négative ou affirmative à la question de savoir si les caractéristiques vraies de la disponibilité en régime établi de l'entité en essai sont conformes à la valeur acceptable indiquée  $A_0$ . La réponse tient compte aussi des niveaux des risques donnés,  $\alpha$  et  $\beta$ .

Il convient qu'un essai de conformité soit mené de la façon suivante:

- a) Indiquer dans la spécification le type de disponibilité que l'on veut mesurer, la ou les définitions de la défaillance, les conditions d'essai, les conséquences d'un éventuel rejet ainsi que la valeur acceptable  $U_0$  de l'indisponibilité en régime établi, calculée selon  $U_0 = 1 - A_0$ .
- b) A partir des indications de la spécification et de l'accord passé entre le fournisseur et le client, choisir la valeur pour le paramètre « $p$ » dans la distribution gamma des temps d'indisponibilité. Fréquemment,  $E(t)$  et  $E(t^2)$  sont utilisés pour faciliter ce processus. Les prévisions de  $m_d$  et  $m_u$  sont données au moyen des distributions choisies, et une prévision de l'indisponibilité en régime établi d'une entité peut, ainsi, être calculée. Il est inutile que la valeur prévue soit égale à  $U_0$ .
- c) Choisir les niveaux de risque acceptables,  $\alpha$  et  $\beta$ , et déterminer les autres paramètres conformément aux indications de l'article 9;
- d) Dans le cas d'un nombre fixe de défaillances (plan d'essai 1), la taille de l'échantillon,  $n$ , et la valeur limite de rejet,  $U_{lim}$ .
- e) Dans le cas d'un essai à temps fixe (plan d'essai 2 et plan d'essai 3), la durée d'essai,  $T^*$ , et la valeur limite de rejet,  $U_{lim}$ .
- f) Dans le cas d'un essai progressif (plan d'essai 4), les valeurs limites de la décision  $Ac(r)$  et  $Re(r)$ .

Le choix de ces paramètres s'effectuera toujours sur la base d'un compromis entre l'exactitude et les coûts. Dans certains cas (risques résultant de la prise de décision), un rapport de discrimination inférieur,  $D$ , exigera un essai plus complet.

## 9 Plans d'essai de conformité

### 9.1 Plan d'essai 1 – Nombre fixe de défaillances

Ce plan d'essai peut être appliqué lorsque les temps de disponibilité suivent une distribution exponentielle et les temps d'indisponibilité une distribution gamma.

### 7.3 Decision alternatives in case of non-validity of assumptions

If a violation of the steady-state assumption occurs, the situation has to be judged in the individual case. If, for example, the mean availability is acceptable but the up times have an increasing trend, it is obvious that the item is acceptable. However, difficulties in the interpretation of the results might make prolonged testing necessary.

NOTE - The parties may agree not to perform a trend test and a distribution test but rather define and agree upon the distribution assumptions. In this way disagreements regarding interpretation of the result of the availability performance test can be avoided.

## 8 Compliance testing planning

The result of a compliance test is a yes/no answer to whether or not the true steady-state availability of the tested item meets the specified acceptable value  $A_o$ . The decision is associated with given risk levels  $\alpha$  and  $\beta$ .

A compliance test should be designed in the following way:

- a) In the requirement specification, the availability performance measure, the failure definition(s), the test conditions and the consequence in case of rejection should be defined together with the acceptable value,  $U_o$ , of the steady-state unavailability, calculated as  $U_o = 1 - A_o$ .
- b) Based on what is stated in the requirement specification and on agreement between supplier and customer, the value for the "p" parameter in the gamma distribution for the down time is selected. Frequently  $E(t)$  and  $E(t^2)$  are used to assist this process. Predictions of  $m_d$  and  $m_u$  are given by means of the selected distributions, and a prediction of the item steady-state unavailability can thus be calculated. This predicted value need not equal  $U_o$ .
- c) Acceptable risk levels,  $\alpha$  and  $\beta$ , are selected, and the remaining test parameters are determined according to the directions in clause 9.
- d) For a fixed number of failures (test plan 1), the sample size,  $n$ , and the rejection limit,  $U_{lim}$ .
- e) For a fixed time test (test plan 2 and test plan 3), the test time,  $T^*$ , and the rejection limit  $U_{lim}$ .
- f) For a sequential test (test plan 4) the decision limits,  $Ac(r)$  and  $Re(r)$ .

The selection of these parameters will always involve a compromise between accuracy and costs. For given decision risks, the closer that the discrimination ratio,  $D$ , is to one, the more extensive a test is required.

## 9 Compliance test plans

### 9.1 Test plan 1 – Fixed number of failures

This test plan may be applied if up times are exponentially distributed and down times are modelled with a gamma distribution.

L'essai est conçu de façon à inclure  $n$  défaillances,  $n$  étant le plus petit nombre entier répondant à l'inégalité:

$$F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times F_{1-\beta}(2n, 2pn) \leq D(1-U_0) / (1-DU_0)$$

NOTE - Habituellement, cela nécessite une interpolation dans les tables de la distribution  $F$  (tableau A.1).

Règles de décision:

Rejet si  $Y/T > U_{lim}$

où  $U_{lim} = F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times U_0 / (1-U_0)$

Dans le cas contraire, acceptation.

### 9.2 Plan d'essai 2 - Temps fixe, de durée supérieure à 15 fois le temps moyen de disponibilité

Ce plan d'essai peut être appliqué si les temps de disponibilité suivent une distribution exponentielle et les temps d'indisponibilité une distribution gamma, et si la durée d'essai est supérieure à 15 fois le temps moyen de disponibilité,  $m_u$ . Ce plan se fonde sur une approximation de la distribution normale de la disponibilité en régime établi.

Cet essai est conçu pour présenter une durée de  $T^*$  unités de temps,  $T^*$  étant déterminé à l'aide de l'équation ci-dessous:

$$T^* = m_u (1+p^{-1}) \left\{ \frac{u_{1-\alpha} \sqrt{1-U_0} + \left[ \frac{u_{1-\beta} (1-DU_0) \sqrt{D}}{\sqrt{1-U_0}} \right]}{(D-1)} \right\}^2$$

Les valeurs pour  $u_{1-\alpha}$  et  $u_{1-\beta}$  peuvent être trouvées dans le tableau A.2.

Règle de décision:

Rejet si  $Y / (Y + T) > U_{lim}$

où:

$$U_{lim} = U_0 \times \frac{[u_{1-\alpha} D (1-U_0) + u_{1-\beta} \sqrt{D} (1-DU_0)]}{[u_{1-\alpha} (1-U_0) + u_{1-\beta} \sqrt{D} (1-DU_0)]}$$

Dans le cas contraire, acceptation.

### 9.3 Plan d'essai 3 - Temps fixe ( $U < 0,05$ )

Ce plan d'essai peut être appliqué quand le rapport entre  $m_d$  et  $m_u$ , c'est-à-dire  $m_d/m_u$ , est inférieur à 0,05.

The test is designed to include  $n$  failures, where  $n$  is the smallest integer satisfying the inequality:

$$F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times F_{1-\beta}(2n, 2pn) \leq D(1-U_0) / (1-DU_0)$$

NOTE - This usually requires interpolation in the tables of the  $F$  distribution (table A.1).

Decision rule:

Reject if  $Y/T > U_{\text{lim}}$

where  $U_{\text{lim}} = F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times U_0 / (1-U_0)$

Accept otherwise.

### 9.2 Test plan 2 – Fixed time longer than 15 mean up times

This test plan may be applied if up times are exponentially distributed, down times are modelled with a gamma distribution, and the test time is longer than 15 multiples of mean up time,  $m_u$ . It is based on a normal distribution approximation of the steady-state availability.

The test is designed to have a duration of  $T^*$  time units, where  $T^*$  is determined using the expression:

$$T^* = m_u (1+p^{-1}) \left\{ \frac{u_{1-\alpha} \sqrt{1-U_0} + \left[ \frac{u_{1-\beta} (1-DU_0) \sqrt{D}}{\sqrt{1-U_0}} \right]}{(D-1)} \right\}^2$$

Values for  $u_{1-\alpha}$  and  $u_{1-\beta}$  are found in table A.2.

Decision rule:

Reject if  $Y / (Y + T) > U_{\text{lim}}$

where:

$$U_{\text{lim}} = U_0 \times \frac{[u_{1-\alpha} D (1-U_0) + u_{1-\beta} \sqrt{D} (1-DU_0)]}{[u_{1-\alpha} (1-U_0) + u_{1-\beta} \sqrt{D} (1-DU_0)]}$$

Accept otherwise.

### 9.3 Test plan 3 – Fixed time ( $U < 0,05$ )

This test plan may be applied when the ratio between  $m_d$  and  $m_u$ , i.e.  $m_d/m_u$ , is less than 0,05.

Cet essai est conçu pour présenter une durée de  $T^*$  unités de temps. La relation existant entre la durée d'essai  $T^*$  et le rapport de discrimination  $D$  est illustrée dans le tableau A.3.

Règle de décision:

Rejet si  $Y / (Y + T) > U_{\text{lim}}$

où  $U_{\text{lim}}$  est considérée comme une fonction de la durée d'essai  $T^*$  (voir le tableau A.3).

Dans le cas contraire, acceptation.

#### 9.4 Plan d'essai 4 – Essai progressif

La durée de l'essai dépend de la disponibilité observée de l'entité au cours de l'essai. Après chaque réparation, la règle permet de savoir s'il convient ou non de prolonger l'essai. Les valeurs limites dépendent du nombre de défaillances,  $r$ , intervenues jusqu'alors.

Règle de décision:

Rejet si  $Y/T > \text{Re}(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

Acceptation si  $Y/T < \text{Ac}(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

Poursuite de l'essai si  $\text{Ac}(r) \times U_0 / (1 - U_0) \leq Y/T \leq \text{Re}(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

Les valeurs limites de la décision,  $\text{Ac}(r)$  et  $\text{Re}(r)$ , sont déterminées de la façon suivante:

$$\text{Ac}(r) = \frac{[D-H(r)]}{p[H(r)-1]} \quad \text{si } r > \frac{\ln[(1-\alpha)/\beta]}{p \cdot \ln(D)}, \quad \text{autrement } \text{Ac}(r) = 0$$

$$\text{Re}(r) = \frac{[D-G(r)]}{p[G(r)-1]} \quad \text{si } r > \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{p \cdot \ln(D)}, \quad \text{autrement } \text{Re}(r) = \infty$$

où:

$$G(r) = D^{1/(1+p)} [\alpha / (1 - \beta)]^{1/(r+rp)}, \quad \text{et}$$

$$H(r) = D^{1/(1+p)} [(1 - \alpha)/\beta]^{1/(r+rp)}$$

Les valeurs de  $\text{Ac}(r)$  et de  $\text{Re}(r)$  figurent dans le tableau A.4.

The test is designed to have a duration of  $T^*$  time units. The relationship between the test time  $T^*$ , and the discrimination ratio,  $D$ , is given in table A.3.

Decision rule:

Reject if  $Y / (Y + T) > U_{lim}$

where  $U_{lim}$  is taken as a function of the test time,  $T^*$ , from table A.3.

Accept otherwise.

#### 9.4 Test plan 4 – Sequential test

The test is designed to have a duration that depends on the observed availability of the item during the test. Each time a repair is completed, the decision rule gives guidance as to whether the test should be terminated or continued. The decision limits depend on the number of failures,  $r$ , that have occurred up to that instant of time.

Decision rule:

Reject if  $Y/T > Re(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

Accept if  $Y/T < Ac(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

Continue if  $Ac(r) \times U_0 / (1 - U_0) \leq Y/T \leq Re(r) \times U_0 / (1 - U_0)$

The decision limits,  $Ac(r)$  and  $Re(r)$ , are determined in the following way:

$$Ac(r) = \frac{[D-H(r)]}{p[H(r)-1]} \quad \text{if } r > \frac{\ln[(1-\alpha)/\beta]}{p \cdot \ln(D)}, \text{ else } Ac(r) = 0$$

$$Re(r) = \frac{[D-G(r)]}{p[G(r)-1]} \quad \text{if } r > \frac{\ln[(1-\beta)/\alpha]}{p \cdot \ln(D)}, \text{ else } Re(r) = \infty$$

where:

$$G(r) = D^{1/(1+p)} [\alpha / (1 - \beta)]^{1/(r+rp)}, \text{ and}$$

$$H(r) = D^{1/(1+p)} [(1 - \alpha)/\beta]^{1/(r+rp)}$$

Values of  $Ac(r)$  and  $Re(r)$  are given in table A.4.

Un exemple de plan d'essai pour essai progressif est donné à la figure 2.

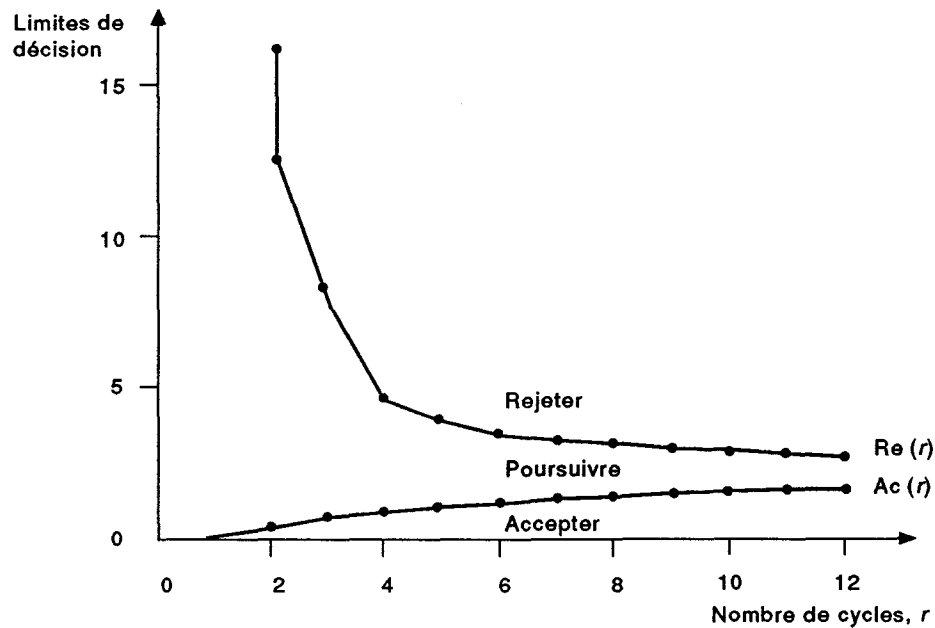


Figure 2 – Exemple de plan d'essai progressif ( $p = 1$ ;  $D = 5$ ;  $\alpha = \beta = 0,1$ )

## 10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit être suffisamment complet pour constituer une base solide pour la décision finale d'acceptation ou de rejet. Il doit contenir les documents ci-après. Chacun des documents exigés doit se référer à l'entité en essai et à la spécification particulière à l'essai de disponibilité.

### 10.1 Feuilles de fonctionnement et d'enregistrement des données

Il convient qu'un document soit établi pour chaque entité en essai. L'enregistrement chronologique est fait à des instants déterminés et après chaque défaillance.

Contenu:

- 1) Identification de l'entité:
  - désignation de l'entité;
  - nom du fabricant;
  - type d'entité;
  - numéros de série des entités en essai.

An example of a sequential test plan is shown in figure 2.

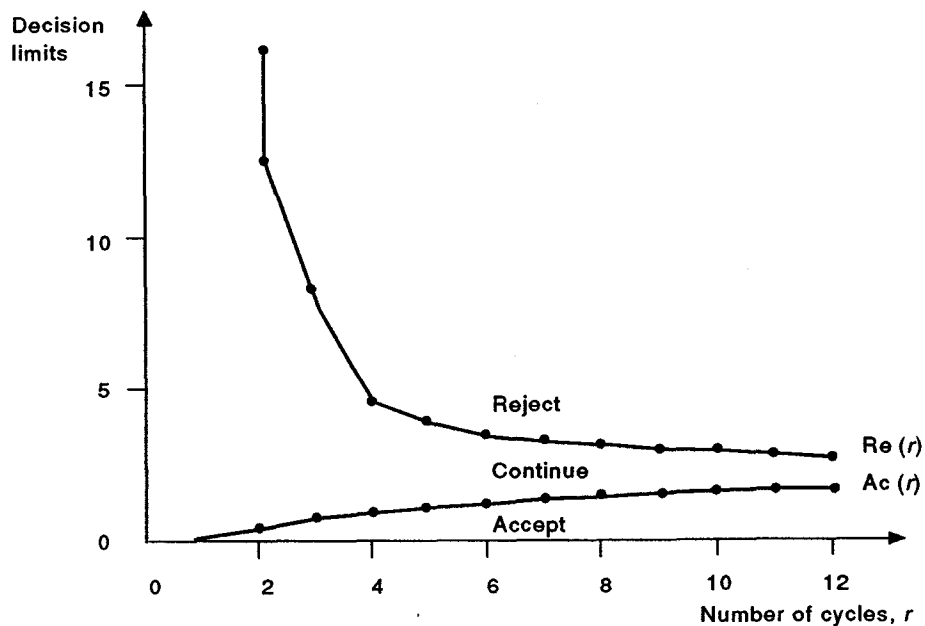


Figure 2 – Example of a sequential test plan ( $p = 1$ ,  $D = 5$ ,  $\alpha = \beta = 0,1$ )

## 10 Test report

The test report shall be complete enough to give a solid basis for the final decision to accept or reject. It shall contain the following documents. Each of the documents required shall refer to the item under test and the detailed availability test specification.

### 10.1 Test logs and data records

One document should be established for each test item. The chronological data are recorded at defined times after each failure.

Contents:

- 1) Item identification;
  - item name;
  - name of manufacturer;
  - item type;
  - serial numbers of the test items.

2) Enregistrement chronologique des observations et interventions:

- date et heure;
- conditions de fonctionnement;
- conditions d'environnement;
- valeurs des caractéristiques de fonctionnement;
- remarques sur les conditions hors spécification;
- relevé des compteurs horaires;
- noms des personnes concernées.

3) Commentaires généraux.

10.2 *Rapports de défaillance*

Il convient qu'un rapport soit établi pour chaque défaillance et qu'il comporte la description de la défaillance, le résultat de l'analyse de défaillance et les mesures prises en ce qui concerne l'entité et ses composants ou pièces.

Il convient que les noms des responsables et les renseignements détaillés soient énumérés comme suit:

10.2.1 *Renseignements fournis par l'opérateur*

1) Identification de la défaillance:

- date et heure de la défaillance
- numéro de série de l'entité en essai;
- ensemble, sous-ensemble et composant ou pièce concernés;
- conditions de fonctionnement au moment de la défaillance;
- conditions d'environnement au moment de la défaillance;
- relevé des compteurs horaires;
- nom de l'opérateur.

2) Symptômes de la panne:

- nature de toute panne partielle ou complète;
- valeurs des caractéristiques dépassant les limites spécifiées;
- moyens utilisés pour la détection de la panne;

3) Références à des rapports de défaillance connexes.

4) Avis sur le classement de la défaillance.

5) Mesures correctives recommandées.

6) Commentaires généraux.

10.2.2 *Renseignements fournis par le personnel de maintenance*

1) Confirmation de la panne

- méthodes et moyens utilisés;
- observations et commentaires.

2) Description de la maintenance:

- mesures prises;
- temps de fonctionnement de l'équipement au cours de la réparation (si possible);
- date, heure et durée de toute la maintenance corrective relative aux temps;
- organisation et noms des réparateurs.

2) Chronological recording for each observation and action:

- date and time;
- operating conditions;
- environmental conditions;
- performance parameter values;
- comments on out-of-specification conditions;
- time meter reading;
- names of personnel involved.

3) General comments.

## 10.2 *Failure reports*

One report should be made on each failure, containing the description of the failure, the result of the failure analysis, and the actions taken concerning the item (and its components or parts).

Originators and detailed contents should be as listed below:

### 10.2.1 *From the test operator*

1) Failure identification:

- date and calendar time of the failure;
- serial number of the test item;
- assembly, subassembly and component or part involved;
- operating conditions at failure;
- environmental conditions at failure;
- time meter reading;
- name of test operator.

2) Fault symptom:

- nature of any partial or complete fault;
- values of parameters exceeding specified limits;
- instruments used for indicating the fault.

3) References to related failure reports.

4) Opinion concerning the classification of the fault.

5) Recommended corrective action.

6) General comments.

### 10.2.2 *From the maintenance personnel*

1) Fault confirmation:

- method and instruments used;
- observations and comments.

2) Maintenance description:

- actions taken;
- operating time of the equipment during the repair (where possible);
- date, time and duration of all corrective maintenance related times;
- organization and name of repair personnel.

**3) Identification des éléments remplacés:**

Pour chaque composant ou pièce remplacé:

- emplacement ou position dans le circuit;
- désignation du composant ou de la pièce;
- indication du type et caractéristiques;
- nom du fabricant.

**4) Avis sur la cause et le classement de la défaillance.**

**5) Mesures correctives recommandées ou modification autorisée introduite pour remédier à la panne.**

**6) Commentaires généraux.**

**10.2.3 Renseignements fournis par le personnel d'analyse des défaillances**

**1) Analyse des composants ou pièces remplacés:**

- examen visuel et mesures initiales;
- description de l'analyse effectuée (physique, chimique, etc.);
- résultats;
- date de l'analyse;
- organisation et noms des analystes.

**2) Analyse des conditions ayant eu une influence sur la défaillance.**

**3) Cause et classement de la défaillance.**

**4) Mesures correctives recommandées.**

**5) Commentaires généraux.**

**10.3 Etat récapitulatif des défaillances**

Il convient que ce document unique résume les informations disponibles sur toutes les défaillances et que les données sur les défaillances et la durée d'essai à prendre en compte soient tirées de la feuille de fonctionnement et des rapports de défaillance.

Contenu:

**1) Informations générales:**

- identification de l'équipement;
- référence à la spécification particulière pour l'essai de disponibilité.

**2) Récapitulation chronologique des défaillances à prendre en compte:**

- jour et heure de la défaillance;
- classement de la défaillance;
- référence au rapport de défaillance;
- numéro de série de l'entité en essai;
- nombre cumulé de défaillances à prendre en compte;
- durée d'essai cumulée à prendre en compte.

**3) Récapitulation des défaillances à ne pas prendre en compte:**

- classement de la défaillance;
- référence au rapport de défaillance.

**4) Information sur le temps d'indisponibilité.**

**3) Replacement identification:**

For each component or part replaced:

- location or circuit position;
- name of the component or part;
- type designation and characteristics;
- name of manufacturer.

**4) Opinion concerning the cause and classification of the failure.****5) Recommended corrective action or authorized modification introduced to remedy the fault.****6) General comments.****10.2.3 From the failure analysis personnel****1) Analysis of the replaced components or parts:**

- visual examination and initial measurements;
- analysis description (physical, chemical, etc.):
- results;
- date of analysis;
- organization and name of analysis personnel.

**2) Analysis of conditions influencing the failure.****3) Cause and classification of the failure.****4) Recommended corrective action.****5) General comments.****10.3 Failure summary record**

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

**Contents:****1) General information:**

- equipment identification;
- reference to the detailed availability test specification.

**2) Chronological summary of all the relevant failures:**

- failure date and time;
- failure classification;
- reference to failure report;
- test item serial number;
- accumulated number of relevant failures;
- accumulated relevant test time.

**3) Summary of all non-relevant failures:**

- failure classification;
- reference to failure report.

**4) Down time information.**

#### 10.4 *Etat récapitulatif des éléments de remplacement et des pièces détachées défaillantes (facultatif)*

Il convient que cet état récapitulatif donne des informations concernant la fréquence de remplacement des unités de remplacement et des pièces détachées; il est destiné au planning de maintenance.

Contenu:

1) Informations générales:

- identification de l'équipement;
- référence à la spécification particulière pour l'essai de disponibilité.

2) Etat récapitulatif:

Pour chaque unité de remplacement ou pièce détachée:

- identification;
- conditions d'utilisation au cours de l'essai;
- nombre total dans l'équipement;
- nombre total de défaillants;
- durée d'essai cumulée totale à prendre en compte.

#### 10.5 *Rapport final*

Il convient que le rapport final de l'essai de conformité de disponibilité contienne:

- l'état récapitulatif des défaillances;
- les graphiques et les valeurs donnant les résultats du traitement statistique;
- les conclusions finales et les mesures à prendre, s'il y a lieu.

#### 10.4 *Replacement units and spare parts inventory (optional)*

This inventory should give information about the intensity of replacement of units and spare parts and is intended for maintenance planning.

##### Contents:

##### 1) General information:

- equipment identification;
- reference to the detailed availability test specification.

##### 2) Inventory:

For each replacement unit and spare part:

- identification;
- conditions of use during the test;
- total number in the equipment;
- total number failed;
- total accumulated relevant test time.

#### 10.5 *Final report*

The final report resulting from the availability compliance testing should contain:

- failure summary record;
- plots and values presenting the results of the statistical treatment;
- final conclusions and proposed actions to be taken, if applicable.

**Annexe A**  
(normative)

**Tableaux A.1 à A.4**

**Tableau A.1 - Distribution de  $F$**

| Fractiles d'ordre 0,80 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_1$                  | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2                      | 4,00  | 4,24  | 4,32  | 4,36  | 4,38  | 4,43  | 4,45  | 4,46  | 4,46  | 4,47  |
| 4                      | 2,47  | 2,48  | 2,47  | 2,47  | 2,46  | 2,44  | 2,44  | 2,44  | 2,43  | 2,43  |
| 6                      | 2,13  | 2,09  | 2,06  | 2,04  | 2,03  | 2,00  | 1,98  | 1,98  | 1,97  | 1,96  |
| 8                      | 1,98  | 1,92  | 1,88  | 1,86  | 1,84  | 1,80  | 1,78  | 1,77  | 1,76  | 1,75  |
| 10                     | 1,90  | 1,83  | 1,78  | 1,75  | 1,73  | 1,68  | 1,66  | 1,65  | 1,64  | 1,63  |
| 12                     | 1,85  | 1,77  | 1,72  | 1,69  | 1,66  | 1,61  | 1,59  | 1,58  | 1,56  | 1,55  |
| 14                     | 1,81  | 1,73  | 1,67  | 1,65  | 1,62  | 1,56  | 1,53  | 1,52  | 1,51  | 1,49  |
| 16                     | 1,78  | 1,70  | 1,64  | 1,61  | 1,58  | 1,52  | 1,49  | 1,48  | 1,47  | 1,45  |
| 18                     | 1,76  | 1,67  | 1,62  | 1,58  | 1,55  | 1,49  | 1,46  | 1,45  | 1,43  | 1,42  |
| 20                     | 1,75  | 1,65  | 1,60  | 1,56  | 1,53  | 1,47  | 1,44  | 1,42  | 1,41  | 1,39  |
| 30                     | 1,70  | 1,60  | 1,54  | 1,50  | 1,47  | 1,39  | 1,36  | 1,35  | 1,33  | 1,31  |
| 40                     | 1,68  | 1,57  | 1,51  | 1,47  | 1,44  | 1,36  | 1,33  | 1,31  | 1,29  | 1,26  |
| 60                     | 1,65  | 1,55  | 1,48  | 1,44  | 1,41  | 1,32  | 1,29  | 1,27  | 1,24  | 1,22  |
| 120                    | 1,63  | 1,52  | 1,45  | 1,41  | 1,37  | 1,29  | 1,25  | 1,23  | 1,20  | 1,17  |
| Fractiles d'ordre 0,90 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $v_1$                  | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2                      | 9,00  | 9,24  | 9,33  | 9,37  | 9,39  | 9,44  | 9,46  | 9,47  | 9,47  | 9,48  |
| 4                      | 4,32  | 4,11  | 4,01  | 3,96  | 3,92  | 3,84  | 3,82  | 3,80  | 3,79  | 3,78  |
| 6                      | 3,46  | 3,18  | 3,05  | 2,98  | 2,94  | 2,84  | 2,80  | 2,78  | 2,76  | 2,74  |
| 8                      | 3,11  | 2,81  | 2,67  | 2,59  | 2,54  | 2,42  | 2,38  | 2,36  | 2,34  | 2,32  |
| 10                     | 2,92  | 2,61  | 2,46  | 2,38  | 2,32  | 2,20  | 2,16  | 2,13  | 2,11  | 2,08  |
| 12                     | 2,81  | 2,48  | 2,33  | 2,24  | 2,19  | 2,06  | 2,01  | 1,99  | 1,96  | 1,93  |
| 14                     | 2,73  | 2,39  | 2,24  | 2,15  | 2,10  | 1,96  | 1,91  | 1,89  | 1,86  | 1,83  |
| 16                     | 2,67  | 2,33  | 2,18  | 2,09  | 2,03  | 1,89  | 1,84  | 1,81  | 1,78  | 1,75  |
| 18                     | 2,62  | 2,29  | 2,13  | 2,04  | 1,98  | 1,84  | 1,78  | 1,75  | 1,72  | 1,69  |
| 20                     | 2,59  | 2,25  | 2,09  | 2,00  | 1,94  | 1,78  | 1,74  | 1,71  | 1,68  | 1,64  |
| 30                     | 2,49  | 2,14  | 1,98  | 1,88  | 1,82  | 1,67  | 1,61  | 1,57  | 1,54  | 1,50  |
| 40                     | 2,44  | 2,09  | 1,93  | 1,83  | 1,76  | 1,61  | 1,54  | 1,51  | 1,47  | 1,42  |
| 60                     | 2,39  | 2,04  | 1,87  | 1,77  | 1,71  | 1,54  | 1,48  | 1,44  | 1,40  | 1,35  |
| 120                    | 2,35  | 1,99  | 1,82  | 1,72  | 1,65  | 1,48  | 1,41  | 1,37  | 1,32  | 1,26  |
| Fractiles d'ordre 0,95 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $v_1$                  | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$                  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2                      | 19,00 | 19,25 | 19,33 | 19,37 | 19,40 | 19,45 | 19,46 | 19,47 | 19,48 | 19,49 |
| 4                      | 6,94  | 6,39  | 6,16  | 6,04  | 5,96  | 5,80  | 5,75  | 5,72  | 5,69  | 5,66  |
| 6                      | 5,14  | 4,53  | 4,28  | 4,15  | 4,06  | 3,87  | 3,81  | 3,77  | 3,74  | 3,71  |
| 8                      | 4,46  | 3,84  | 3,58  | 3,44  | 3,35  | 3,15  | 3,08  | 3,04  | 3,01  | 2,97  |
| 10                     | 4,10  | 3,48  | 3,22  | 3,07  | 2,98  | 2,77  | 2,70  | 2,66  | 2,62  | 2,58  |
| 12                     | 3,89  | 3,26  | 3,00  | 2,85  | 2,75  | 2,54  | 2,47  | 2,43  | 2,38  | 2,34  |
| 14                     | 3,74  | 3,11  | 2,85  | 2,70  | 2,60  | 2,39  | 2,31  | 2,27  | 2,22  | 2,18  |
| 16                     | 3,63  | 3,01  | 2,74  | 2,59  | 2,49  | 2,28  | 2,19  | 2,15  | 2,11  | 2,06  |
| 18                     | 3,55  | 2,93  | 2,66  | 2,51  | 2,41  | 2,19  | 2,11  | 2,06  | 2,02  | 1,97  |
| 20                     | 3,49  | 2,87  | 2,60  | 2,45  | 2,35  | 2,12  | 2,04  | 1,99  | 1,95  | 1,90  |
| 30                     | 3,32  | 2,69  | 2,42  | 2,27  | 2,16  | 1,93  | 1,84  | 1,79  | 1,74  | 1,68  |
| 40                     | 3,23  | 2,61  | 2,34  | 2,18  | 2,08  | 1,84  | 1,74  | 1,69  | 1,64  | 1,58  |
| 60                     | 3,15  | 2,53  | 2,25  | 2,10  | 1,99  | 1,75  | 1,65  | 1,59  | 1,53  | 1,47  |
| 120                    | 3,07  | 2,45  | 2,17  | 2,02  | 1,91  | 1,66  | 1,55  | 1,50  | 1,43  | 1,35  |

# Annex A

## (normative)

### Tables A.1 to A.4

Table A.1 - *F* distribution

| 0,80 fractiles |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_1$          | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2              | 4,00  | 4,24  | 4,32  | 4,36  | 4,38  | 4,43  | 4,45  | 4,46  | 4,46  | 4,47  |
| 4              | 2,47  | 2,48  | 2,47  | 2,47  | 2,46  | 2,44  | 2,44  | 2,44  | 2,43  | 2,43  |
| 6              | 2,13  | 2,09  | 2,06  | 2,04  | 2,03  | 2,00  | 1,98  | 1,98  | 1,97  | 1,96  |
| 8              | 1,98  | 1,92  | 1,88  | 1,86  | 1,84  | 1,80  | 1,78  | 1,77  | 1,76  | 1,75  |
| 10             | 1,90  | 1,83  | 1,78  | 1,75  | 1,73  | 1,68  | 1,66  | 1,65  | 1,64  | 1,63  |
| 12             | 1,85  | 1,77  | 1,72  | 1,69  | 1,66  | 1,61  | 1,59  | 1,58  | 1,56  | 1,55  |
| 14             | 1,81  | 1,73  | 1,67  | 1,65  | 1,62  | 1,56  | 1,53  | 1,52  | 1,51  | 1,49  |
| 16             | 1,78  | 1,70  | 1,64  | 1,61  | 1,58  | 1,52  | 1,49  | 1,48  | 1,47  | 1,45  |
| 18             | 1,76  | 1,67  | 1,62  | 1,58  | 1,55  | 1,49  | 1,46  | 1,45  | 1,43  | 1,42  |
| 20             | 1,75  | 1,65  | 1,60  | 1,56  | 1,53  | 1,47  | 1,44  | 1,42  | 1,41  | 1,39  |
| 30             | 1,70  | 1,60  | 1,54  | 1,50  | 1,47  | 1,39  | 1,36  | 1,35  | 1,33  | 1,31  |
| 40             | 1,68  | 1,57  | 1,51  | 1,47  | 1,44  | 1,36  | 1,33  | 1,31  | 1,29  | 1,26  |
| 60             | 1,65  | 1,55  | 1,48  | 1,44  | 1,41  | 1,32  | 1,29  | 1,27  | 1,24  | 1,22  |
| 120            | 1,63  | 1,52  | 1,45  | 1,41  | 1,37  | 1,29  | 1,25  | 1,23  | 1,20  | 1,17  |
| 0,90 fractiles |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $v_1$          | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2              | 9,00  | 9,24  | 9,33  | 9,37  | 9,39  | 9,44  | 9,46  | 9,47  | 9,47  | 9,48  |
| 4              | 4,32  | 4,11  | 4,01  | 3,96  | 3,92  | 3,84  | 3,82  | 3,80  | 3,79  | 3,78  |
| 6              | 3,46  | 3,18  | 3,05  | 2,98  | 2,94  | 2,84  | 2,80  | 2,78  | 2,76  | 2,74  |
| 8              | 3,11  | 2,81  | 2,67  | 2,59  | 2,54  | 2,42  | 2,38  | 2,36  | 2,34  | 2,32  |
| 10             | 2,92  | 2,61  | 2,46  | 2,38  | 2,32  | 2,20  | 2,16  | 2,13  | 2,11  | 2,08  |
| 12             | 2,81  | 2,48  | 2,33  | 2,24  | 2,19  | 2,06  | 2,01  | 1,99  | 1,96  | 1,93  |
| 14             | 2,73  | 2,39  | 2,24  | 2,15  | 2,10  | 1,96  | 1,91  | 1,89  | 1,86  | 1,83  |
| 16             | 2,67  | 2,33  | 2,18  | 2,09  | 2,03  | 1,89  | 1,84  | 1,81  | 1,78  | 1,75  |
| 18             | 2,62  | 2,29  | 2,13  | 2,04  | 1,98  | 1,84  | 1,78  | 1,75  | 1,72  | 1,69  |
| 20             | 2,59  | 2,25  | 2,09  | 2,00  | 1,94  | 1,78  | 1,74  | 1,71  | 1,68  | 1,64  |
| 30             | 2,49  | 2,14  | 1,98  | 1,88  | 1,82  | 1,67  | 1,61  | 1,57  | 1,54  | 1,50  |
| 40             | 2,44  | 2,09  | 1,93  | 1,83  | 1,76  | 1,61  | 1,54  | 1,51  | 1,47  | 1,42  |
| 60             | 2,39  | 2,04  | 1,87  | 1,77  | 1,71  | 1,54  | 1,48  | 1,44  | 1,40  | 1,35  |
| 120            | 2,35  | 1,99  | 1,82  | 1,72  | 1,65  | 1,48  | 1,41  | 1,37  | 1,32  | 1,26  |
| 0,95 fractiles |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $v_1$          | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 20    | 30    | 40    | 60    | 120   |
| $v_2$          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2              | 19,00 | 19,25 | 19,33 | 19,37 | 19,40 | 19,45 | 19,46 | 19,47 | 19,48 | 19,49 |
| 4              | 6,94  | 6,39  | 6,16  | 6,04  | 5,96  | 5,80  | 5,75  | 5,72  | 5,69  | 5,66  |
| 6              | 5,14  | 4,53  | 4,28  | 4,15  | 4,06  | 3,87  | 3,81  | 3,77  | 3,74  | 3,71  |
| 8              | 4,46  | 3,84  | 3,58  | 3,44  | 3,35  | 3,15  | 3,08  | 3,04  | 3,01  | 2,97  |
| 10             | 4,10  | 3,48  | 3,22  | 3,07  | 2,98  | 2,77  | 2,70  | 2,66  | 2,62  | 2,58  |
| 12             | 3,89  | 3,26  | 3,00  | 2,85  | 2,75  | 2,54  | 2,47  | 2,43  | 2,38  | 2,34  |
| 14             | 3,74  | 3,11  | 2,85  | 2,70  | 2,60  | 2,39  | 2,31  | 2,27  | 2,22  | 2,18  |
| 16             | 3,63  | 3,01  | 2,74  | 2,59  | 2,49  | 2,28  | 2,19  | 2,15  | 2,11  | 2,06  |
| 18             | 3,55  | 2,93  | 2,66  | 2,51  | 2,41  | 2,19  | 2,11  | 2,06  | 2,02  | 1,97  |
| 20             | 3,49  | 2,87  | 2,60  | 2,45  | 2,35  | 2,12  | 2,04  | 1,99  | 1,95  | 1,90  |
| 30             | 3,32  | 2,69  | 2,42  | 2,27  | 2,16  | 1,93  | 1,84  | 1,79  | 1,74  | 1,68  |
| 40             | 3,23  | 2,61  | 2,34  | 2,18  | 2,08  | 1,84  | 1,74  | 1,69  | 1,64  | 1,58  |
| 60             | 3,15  | 2,53  | 2,25  | 2,10  | 1,99  | 1,75  | 1,65  | 1,59  | 1,53  | 1,47  |
| 120            | 3,07  | 2,45  | 2,17  | 2,02  | 1,91  | 1,66  | 1,55  | 1,50  | 1,43  | 1,35  |

Tableau A.2 – Distribution normale centrée réduite

Table A.2 – Standardized normal distribution

| $1-\alpha$<br>$1-\beta$ | $u_{1-\alpha}$<br>$u_{1-\beta}$ |
|-------------------------|---------------------------------|
| 0,80                    | 0,842                           |
| 0,90                    | 1,282                           |
| 0,95                    | 1,645                           |

Tableau A.3 – Rapport de discrimination ( $D$ ) et valeur limite de rejet ( $U_{lim}$ ) pour le plan d'essai 3

Table A.3 – Discrimination ratio ( $D$ ) and rejection limit ( $U_{lim}$ ) for test plan 3

Dans le tableau, la durée d'essai ( $T^*$ ) est exprimée en multiples du temps moyen de disponibilité prévu ( $m_u$ ) de la valeur acceptable spécifiée pour l'indisponibilité en régime établi ( $U_o$ ). Les directives sur le choix d'un paramètre de forme  $p$  sont données en 7.1. Les niveaux de risque ( $\alpha$  et  $\beta$ ) sont traités à l'article 8. Les détails sur le plan d'essai 3 sont donnés en 9.3.

In the table, the test time ( $T^*$ ) is expressed in multiples of the predicted mean up time ( $m_u$ ) of the specified acceptable value of the steady-state unavailability ( $U_o$ ). Guidelines on the selection of the shape parameter  $p$  are given in 7.1. The risk levels ( $\alpha$  and  $\beta$ ) are dealt with in clause 8. Details on test plan 3 are given in 9.3.

| $T^*/m_u$ | $p = 1$                 |               |                         |               |                         |               |
|-----------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|           | $\alpha = \beta = 0,05$ |               | $\alpha = \beta = 0,10$ |               | $\alpha = \beta = 0,20$ |               |
|           | $D$                     | $U_{lim}/U_o$ | $D$                     | $U_{lim}/U_o$ | $D$                     | $U_{lim}/U_o$ |
| 1,0       | 24,72                   | 3,92          | 15,01                   | 2,91          | 7,37                    | 1,86          |
| 1,2       | 20,01                   | 3,64          | 12,39                   | 2,75          | 6,30                    | 1,83          |
| 1,4       | 16,88                   | 3,42          | 10,64                   | 2,63          | 5,56                    | 1,80          |
| 1,6       | 14,66                   | 3,24          | 9,38                    | 2,52          | 5,03                    | 1,77          |
| 1,8       | 13,01                   | 3,10          | 8,44                    | 2,44          | 4,63                    | 1,74          |
| 2,0       | 11,73                   | 2,98          | 7,70                    | 2,36          | 4,31                    | 1,71          |
| 2,5       | 9,52                    | 2,75          | 6,42                    | 2,22          | 3,74                    | 1,65          |
| 3,0       | 8,12                    | 2,58          | 5,59                    | 2,11          | 3,37                    | 1,61          |
| 3,5       | 7,15                    | 2,45          | 5,01                    | 2,03          | 3,10                    | 1,57          |
| 4,0       | 6,44                    | 2,34          | 4,58                    | 1,96          | 2,90                    | 1,54          |
| 5,0       | 5,46                    | 2,19          | 3,98                    | 1,86          | 2,61                    | 1,49          |
| 6,0       | 4,82                    | 2,07          | 3,58                    | 1,78          | 2,42                    | 1,45          |
| 7,0       | 4,36                    | 1,99          | 3,29                    | 1,72          | 2,28                    | 1,42          |
| 8,0       | 4,02                    | 1,92          | 3,07                    | 1,67          | 2,17                    | 1,40          |
| 9,0       | 3,75                    | 1,86          | 2,90                    | 1,63          | 2,08                    | 1,37          |
| 10,0      | 3,53                    | 1,81          | 2,76                    | 1,60          | 2,01                    | 1,36          |
| 15,0      | 2,88                    | 1,65          | 2,33                    | 1,49          | 1,78                    | 1,29          |
| 20,0      | 2,53                    | 1,56          | 2,10                    | 1,42          | 1,65                    | 1,26          |

| $T^*/m_u$ | $p = 2$                 |               |                         |               |                         |               |
|-----------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|           | $\alpha = \beta = 0,05$ |               | $\alpha = \beta = 0,10$ |               | $\alpha = \beta = 0,20$ |               |
|           | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ |
| 1,0       | 18,94                   | 3,47          | 11,74                   | 2,69          | 6,01                    | 1,87          |
| 1,2       | 15,43                   | 3,22          | 9,78                    | 2,54          | 5,19                    | 1,81          |
| 1,4       | 13,11                   | 3,04          | 8,46                    | 2,42          | 4,63                    | 1,76          |
| 1,6       | 11,45                   | 2,89          | 7,52                    | 2,33          | 4,22                    | 1,72          |
| 1,8       | 10,22                   | 2,77          | 6,80                    | 2,25          | 3,91                    | 1,69          |
| 2,0       | 9,26                    | 2,67          | 6,25                    | 2,18          | 3,66                    | 1,66          |
| 2,5       | 7,62                    | 2,47          | 5,28                    | 2,06          | 3,22                    | 1,60          |
| 3,0       | 6,56                    | 2,33          | 4,65                    | 1,96          | 2,93                    | 1,55          |
| 3,5       | 5,83                    | 2,22          | 4,20                    | 1,89          | 2,72                    | 1,51          |
| 4,0       | 5,29                    | 2,13          | 3,87                    | 1,83          | 2,56                    | 1,48          |
| 5,0       | 4,54                    | 2,00          | 3,40                    | 1,74          | 2,33                    | 1,44          |
| 6,0       | 4,05                    | 1,91          | 3,09                    | 1,67          | 2,17                    | 1,40          |
| 7,0       | 3,70                    | 1,84          | 2,87                    | 1,62          | 2,06                    | 1,37          |
| 8,0       | 3,43                    | 1,78          | 2,70                    | 1,58          | 1,97                    | 1,35          |
| 9,0       | 3,22                    | 1,73          | 2,56                    | 1,54          | 1,90                    | 1,33          |
| 10,0      | 3,06                    | 1,69          | 2,45                    | 1,51          | 1,84                    | 1,31          |
| 15,0      | 2,54                    | 1,56          | 2,10                    | 1,42          | 1,65                    | 1,26          |
| 20,0      | 2,26                    | 1,48          | 1,92                    | 1,36          | 1,55                    | 1,22          |

| $T^*/m_u$ | $p = 5$                 |               |                         |               |                         |               |
|-----------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|           | $\alpha = \beta = 0,05$ |               | $\alpha = \beta = 0,10$ |               | $\alpha = \beta = 0,20$ |               |
|           | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ | $D$                     | $U_{llm}/U_o$ |
| 1,0       | 15,37                   | 3,14          | 9,64                    | 2,52          | 5,05                    | 1,83          |
| 1,2       | 12,72                   | 2,93          | 8,19                    | 2,38          | 4,48                    | 1,77          |
| 1,4       | 10,87                   | 2,77          | 7,15                    | 2,27          | 4,04                    | 1,72          |
| 1,6       | 9,54                    | 2,64          | 6,38                    | 2,19          | 3,71                    | 1,68          |
| 1,8       | 8,55                    | 2,54          | 5,80                    | 2,11          | 3,45                    | 1,61          |
| 2,0       | 7,78                    | 2,45          | 5,36                    | 2,05          | 3,25                    | 1,61          |
| 2,5       | 6,47                    | 2,28          | 4,57                    | 1,94          | 2,89                    | 1,55          |
| 3,0       | 5,62                    | 2,16          | 4,06                    | 1,85          | 2,65                    | 1,51          |
| 3,5       | 5,03                    | 2,07          | 3,70                    | 1,79          | 2,47                    | 1,47          |
| 4,0       | 4,59                    | 1,99          | 3,43                    | 1,73          | 2,34                    | 1,44          |
| 5,0       | 3,98                    | 1,88          | 3,04                    | 1,65          | 2,15                    | 1,40          |
| 6,0       | 3,58                    | 1,80          | 2,79                    | 1,60          | 2,02                    | 1,36          |
| 7,0       | 3,29                    | 1,73          | 2,60                    | 1,55          | 1,92                    | 1,34          |
| 8,0       | 3,07                    | 1,68          | 2,46                    | 1,51          | 1,84                    | 1,32          |
| 9,0       | 2,90                    | 1,64          | 2,34                    | 1,48          | 1,78                    | 1,30          |
| 10,0      | 2,76                    | 1,61          | 2,25                    | 1,46          | 1,73                    | 1,28          |
| 15,0      | 2,32                    | 1,49          | 1,96                    | 1,37          | 1,57                    | 1,23          |
| 20,0      | 2,09                    | 1,42          | 1,80                    | 1,32          | 1,48                    | 1,20          |

Tableau A.4 – Limites d'acceptation (Ac) et de rejet (Re) pour le plan d'essai 4

Table A.4 – Acceptance (Ac) and rejection (Re) limits for test plan 4

Les directives sur le choix du paramètre de forme  $p$  sont données en 7.1. Les niveaux de risque ( $\alpha$  et  $\beta$ ) sont traités à l'article 8. Les détails sur le plan d'essai 4 sont donnés en 9.4.

Guidelines on the selection of the shape parameter  $p$  are given in 7.1. The risk levels ( $\alpha$  and  $\beta$ ) are dealt with in clause 8. Details on test plan 4 are given in 9.4.

| $r$ | $D = 2 \quad p = 1$     |           |                         |           |                         |           |
|-----|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |           | $\alpha = \beta = 0,10$ |           | $\alpha = \beta = 0,20$ |           |
|     | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) |
| 1   | 0,00                    | INF*      | 0,00                    | INF       | 0,00                    | INF       |
| 2   | 0,00                    | INF       | 0,00                    | INF       | 0,00                    | INF       |
| 3   | 0,00                    | INF       | 0,00                    | INF       | 0,28                    | 7,17      |
| 4   | 0,00                    | INF       | 0,16                    | 12,41     | 0,47                    | 4,29      |
| 5   | 0,11                    | 17,69     | 0,31                    | 6,39      | 0,60                    | 3,33      |
| 6   | 0,24                    | 8,39      | 0,43                    | 4,63      | 0,70                    | 2,85      |
| 7   | 0,34                    | 5,85      | 0,53                    | 3,79      | 0,78                    | 2,56      |
| 8   | 0,43                    | 4,67      | 0,61                    | 3,30      | 0,84                    | 2,37      |
| 9   | 0,50                    | 3,98      | 0,67                    | 2,97      | 0,90                    | 2,23      |
| 10  | 0,57                    | 3,53      | 0,73                    | 2,74      | 0,94                    | 2,13      |
| 11  | 0,62                    | 3,22      | 0,78                    | 2,57      | 0,98                    | 2,05      |
| 12  | 0,67                    | 2,99      | 0,82                    | 2,44      | 1,01                    | 1,99      |
| 13  | 0,71                    | 2,81      | 0,86                    | 2,34      | 1,03                    | 1,93      |
| 14  | 0,75                    | 2,66      | 0,89                    | 2,25      | 1,06                    | 1,89      |
| 15  | 0,79                    | 2,55      | 0,92                    | 2,18      | 1,08                    | 1,85      |
| 16  | 0,82                    | 2,45      | 0,94                    | 2,12      | 1,10                    | 1,82      |
| 17  | 0,84                    | 2,37      | 0,97                    | 2,07      | 1,11                    | 1,80      |
| 18  | 0,87                    | 2,30      | 0,99                    | 2,03      | 1,13                    | 1,77      |
| 19  | 0,89                    | 2,24      | 1,01                    | 1,99      | 1,14                    | 1,75      |
| 20  | 0,91                    | 2,19      | 1,02                    | 1,95      | 1,15                    | 1,73      |

| $r$ | $D = 2 \quad p = 2$     |           |                         |           |                         |           |
|-----|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |           | $\alpha = \beta = 0,10$ |           | $\alpha = \beta = 0,20$ |           |
|     | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) | Ac( $r$ )               | Re( $r$ ) |
| 1   | 0,00                    | INF*      | 0,00                    | INF       | 0,00                    | INF       |
| 2   | 0,00                    | INF       | 0,11                    | INF       | 0,35                    | INF       |
| 3   | 0,17                    | INF       | 0,32                    | INF       | 0,56                    | 5,75      |
| 4   | 0,32                    | INF       | 0,47                    | 9,68      | 0,71                    | 3,58      |
| 5   | 0,44                    | 13,64     | 0,59                    | 5,17      | 0,81                    | 2,86      |
| 6   | 0,53                    | 6,66      | 0,68                    | 3,84      | 0,89                    | 2,50      |
| 7   | 0,61                    | 4,76      | 0,75                    | 3,21      | 0,95                    | 2,29      |
| 8   | 0,68                    | 3,87      | 0,81                    | 2,84      | 0,99                    | 2,14      |
| 9   | 0,73                    | 3,35      | 0,86                    | 2,60      | 1,03                    | 2,04      |
| 10  | 0,78                    | 3,02      | 0,91                    | 2,42      | 1,06                    | 1,96      |
| 11  | 0,82                    | 2,78      | 0,94                    | 2,30      | 1,09                    | 1,90      |
| 12  | 0,86                    | 2,61      | 0,97                    | 2,20      | 1,12                    | 1,85      |
| 13  | 0,89                    | 2,47      | 1,00                    | 2,12      | 1,14                    | 1,82      |
| 14  | 0,92                    | 2,36      | 1,03                    | 2,05      | 1,15                    | 1,78      |
| 15  | 0,95                    | 2,28      | 1,05                    | 2,00      | 1,17                    | 1,76      |
| 16  | 0,97                    | 2,20      | 1,07                    | 1,96      | 1,18                    | 1,73      |
| 17  | 0,99                    | 2,14      | 1,09                    | 1,92      | 1,20                    | 1,71      |
| 18  | 1,01                    | 2,09      | 1,10                    | 1,88      | 1,21                    | 1,69      |
| 19  | 1,03                    | 2,04      | 1,12                    | 1,86      | 1,22                    | 1,68      |
| 20  | 1,05                    | 2,01      | 1,13                    | 1,83      | 1,23                    | 1,66      |

\* INF signifie qu'aucun rejet n'est possible dans ce cas.

\* INF signifies no rejection possible for this case.

| $r$ | $D = 2 \quad p = 5$     |         |                         |         |                         |         |
|-----|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |         | $\alpha = \beta = 0,10$ |         | $\alpha = \beta = 0,20$ |         |
|     | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ |
| 1   | 0,04                    | INF*    | 0,12                    | INF     | 0,28                    | INF     |
| 2   | 0,26                    | INF     | 0,37                    | INF     | 0,57                    | INF     |
| 3   | 0,42                    | INF     | 0,55                    | INF     | 0,74                    | 4,89    |
| 4   | 0,54                    | INF     | 0,67                    | 8,04    | 0,86                    | 3,16    |
| 5   | 0,64                    | 11,21   | 0,76                    | 4,43    | 0,94                    | 2,59    |
| 6   | 0,72                    | 5,63    | 0,84                    | 3,37    | 1,00                    | 2,30    |
| 7   | 0,78                    | 4,10    | 0,89                    | 2,87    | 1,05                    | 2,13    |
| 8   | 0,83                    | 3,39    | 0,94                    | 2,57    | 1,09                    | 2,01    |
| 9   | 0,88                    | 2,98    | 0,98                    | 2,37    | 1,12                    | 1,93    |
| 10  | 0,92                    | 2,71    | 1,02                    | 2,24    | 1,15                    | 1,87    |
| 11  | 0,95                    | 2,52    | 1,05                    | 2,13    | 1,17                    | 1,82    |
| 12  | 0,99                    | 2,38    | 1,07                    | 2,05    | 1,19                    | 1,78    |
| 13  | 1,01                    | 2,27    | 1,09                    | 1,99    | 1,20                    | 1,75    |
| 14  | 1,03                    | 2,19    | 1,11                    | 1,94    | 1,22                    | 1,72    |
| 15  | 1,05                    | 2,12    | 1,13                    | 1,90    | 1,23                    | 1,70    |
| 16  | 1,07                    | 2,06    | 1,15                    | 1,86    | 1,24                    | 1,68    |
| 17  | 1,09                    | 2,01    | 1,16                    | 1,83    | 1,25                    | 1,66    |
| 18  | 1,10                    | 1,97    | 1,17                    | 1,80    | 1,26                    | 1,65    |
| 19  | 1,12                    | 1,93    | 1,19                    | 1,78    | 1,27                    | 1,64    |
| 20  | 1,13                    | 1,90    | 1,20                    | 1,76    | 1,28                    | 1,63    |

| $r$ | $D = 5 \quad p = 1$     |         |                         |         |                         |         |
|-----|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |         | $\alpha = \beta = 0,10$ |         | $\alpha = \beta = 0,20$ |         |
|     | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ |
| 1   | 0,00                    | INF*    | 0,00                    | INF     | 0,15                    | 32,89   |
| 2   | 0,09                    | 55,32   | 0,39                    | 12,75   | 0,85                    | 5,88    |
| 3   | 0,51                    | 9,84    | 0,80                    | 6,27    | 1,20                    | 4,16    |
| 4   | 0,79                    | 6,31    | 1,06                    | 4,72    | 1,41                    | 3,54    |
| 5   | 1,00                    | 5,01    | 1,24                    | 4,03    | 1,55                    | 3,23    |
| 6   | 1,15                    | 4,34    | 1,37                    | 3,64    | 1,65                    | 3,03    |
| 7   | 1,27                    | 3,93    | 1,48                    | 3,39    | 1,72                    | 2,90    |
| 8   | 1,37                    | 3,65    | 1,56                    | 3,21    | 1,78                    | 2,81    |
| 9   | 1,45                    | 3,45    | 1,62                    | 3,09    | 1,83                    | 2,74    |
| 10  | 1,51                    | 3,30    | 1,67                    | 2,99    | 1,86                    | 2,68    |
| 11  | 1,57                    | 3,18    | 1,72                    | 2,91    | 1,90                    | 2,64    |
| 12  | 1,62                    | 3,09    | 1,76                    | 2,84    | 1,92                    | 2,60    |
| 13  | 1,66                    | 3,01    | 1,79                    | 2,79    | 1,94                    | 2,57    |
| 14  | 1,70                    | 2,95    | 1,82                    | 2,75    | 1,96                    | 2,55    |
| 15  | 1,73                    | 2,89    | 1,84                    | 2,71    | 1,98                    | 2,52    |
| 16  | 1,76                    | 2,85    | 1,87                    | 2,68    | 2,00                    | 2,50    |
| 17  | 1,78                    | 2,81    | 1,89                    | 2,65    | 2,01                    | 2,49    |
| 18  | 1,80                    | 2,77    | 1,91                    | 2,62    | 2,02                    | 2,47    |
| 19  | 1,82                    | 2,74    | 1,92                    | 2,60    | 2,03                    | 2,46    |
| 20  | 1,84                    | 2,71    | 1,94                    | 2,58    | 2,04                    | 2,45    |

- \* INF signifie qu'aucun rejet n'est possible dans ce cas.
- \* INF signifies no rejection possible for this case.

| $r$ | $D = 5 \quad p = 2$     |         |                         |         |                         |         |
|-----|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |         | $\alpha = \beta = 0,10$ |         | $\alpha = \beta = 0,20$ |         |
|     | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ |
| 1   | 0,06                    | INF*    | 0,28                    | INF     | 0,67                    | 25,40   |
| 2   | 0,62                    | 42,23   | 0,86                    | 10,27   | 1,23                    | 5,10    |
| 3   | 0,96                    | 8,09    | 1,19                    | 5,39    | 1,51                    | 3,79    |
| 4   | 1,19                    | 5,42    | 1,40                    | 4,22    | 1,68                    | 3,32    |
| 5   | 1,35                    | 4,44    | 1,54                    | 3,69    | 1,78                    | 3,08    |
| 6   | 1,47                    | 3,93    | 1,65                    | 3,39    | 1,86                    | 2,93    |
| 7   | 1,57                    | 3,61    | 1,73                    | 3,20    | 1,92                    | 2,83    |
| 8   | 1,64                    | 3,40    | 1,79                    | 3,07    | 1,96                    | 2,76    |
| 9   | 1,71                    | 3,25    | 1,84                    | 2,97    | 2,00                    | 2,70    |
| 10  | 1,76                    | 3,14    | 1,88                    | 2,89    | 2,03                    | 2,66    |
| 11  | 1,80                    | 3,05    | 1,92                    | 2,83    | 2,05                    | 2,63    |
| 12  | 1,84                    | 2,97    | 1,95                    | 2,79    | 2,07                    | 2,60    |
| 13  | 1,87                    | 2,92    | 1,97                    | 2,75    | 2,09                    | 2,58    |
| 14  | 1,90                    | 2,87    | 1,99                    | 2,71    | 2,11                    | 2,56    |
| 15  | 1,92                    | 2,82    | 2,01                    | 2,68    | 2,12                    | 2,54    |
| 16  | 1,94                    | 2,79    | 2,03                    | 2,66    | 2,13                    | 2,52    |
| 17  | 1,96                    | 2,76    | 2,05                    | 2,64    | 2,14                    | 2,51    |
| 18  | 1,98                    | 2,73    | 2,06                    | 2,62    | 2,15                    | 2,50    |
| 19  | 2,00                    | 2,71    | 2,07                    | 2,60    | 2,16                    | 2,49    |
| 20  | 2,01                    | 2,68    | 2,08                    | 2,58    | 2,17                    | 2,48    |

| $r$ | $D = 5 \quad p = 5$     |         |                         |         |                         |         |
|-----|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
|     | $\alpha = \beta = 0,05$ |         | $\alpha = \beta = 0,10$ |         | $\alpha = \beta = 0,20$ |         |
|     | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ | $Ac(r)$                 | $Re(r)$ |
| 1   | 0,50                    | INF*    | 0,70                    | INF     | 1,04                    | 20,91   |
| 2   | 0,99                    | 34,38   | 1,20                    | 8,80    | 1,51                    | 4,65    |
| 3   | 1,28                    | 7,05    | 1,48                    | 4,88    | 1,74                    | 3,60    |
| 4   | 1,47                    | 4,91    | 1,65                    | 3,94    | 1,88                    | 3,21    |
| 5   | 1,61                    | 4,11    | 1,77                    | 3,52    | 1,97                    | 3,02    |
| 6   | 1,71                    | 3,70    | 1,85                    | 3,27    | 2,03                    | 2,90    |
| 7   | 1,79                    | 3,45    | 1,92                    | 3,12    | 2,08                    | 2,82    |
| 8   | 1,85                    | 3,28    | 1,97                    | 3,01    | 2,11                    | 2,76    |
| 9   | 1,90                    | 3,16    | 2,01                    | 2,93    | 2,14                    | 2,71    |
| 10  | 1,94                    | 3,06    | 2,04                    | 2,87    | 2,17                    | 2,68    |
| 11  | 1,98                    | 2,99    | 2,07                    | 2,82    | 2,19                    | 2,64    |
| 12  | 2,01                    | 2,93    | 2,10                    | 2,78    | 2,20                    | 2,63    |
| 13  | 2,03                    | 2,89    | 2,12                    | 2,75    | 2,22                    | 2,61    |
| 14  | 2,06                    | 2,85    | 2,14                    | 2,72    | 2,23                    | 2,59    |
| 15  | 2,08                    | 2,81    | 2,15                    | 2,70    | 2,24                    | 2,58    |
| 16  | 2,10                    | 2,78    | 2,17                    | 2,68    | 2,25                    | 2,57    |
| 17  | 2,11                    | 2,76    | 2,18                    | 2,66    | 2,26                    | 2,56    |
| 18  | 2,13                    | 2,74    | 2,19                    | 2,64    | 2,26                    | 2,55    |
| 19  | 2,14                    | 2,72    | 2,20                    | 2,63    | 2,27                    | 2,54    |
| 20  | 2,15                    | 2,70    | 2,21                    | 2,62    | 2,28                    | 2,53    |

- \* INF signifie qu'aucun rejet n'est possible dans ce cas.
- \* INF signifies no rejection possible for this case.

– Page blanche –  
– Blank page –

## Annexe B (informative)

### Exemples numériques

#### Premier exemple

Le premier exemple suppose que le plan d'essai 1: Nombre fixe de défaillances (voir 9.1), est souhaité pour distinguer entre  $U_o = 0,01$  et  $U_1 = 0,05$ . Dans la distribution du temps d'indisponibilité, on suppose que  $p = 2$ . On suppose également que  $\alpha = 0,10$  et que  $\beta = 0,05$ .

Ensuite, voir la première inégalité de 9.1.

$$D (1 - U_o) / (1 - DU_o) = (5) (0,99) / (0,95) = 5,2105$$

et les valeurs données dans le tableau suivant peuvent être calculées (voir 9.1):

| $n$                                                 | 10   | 4    | 5    |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|
| $F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times F_{1-\beta}(2n, 2pn)$ | 3,15 | 6,40 | 5,17 |

[Par exemple, pour  $n = 10$ ,  $(1,71) (1,84) = 3,15$ ]

En conséquence, il convient d'effectuer les essais jusqu'à ce que se produisent cinq défaillances et rétablissements et, ensuite, de rejeter si  $Y/T$  est plus grand que:

$$(2,20) (0,01/0,99) = 0,0222$$

où  $Y$  et  $T$  sont, respectivement, les temps cumulés d'indisponibilité et de disponibilité.

#### Second exemple

Cet exemple suppose que le plan d'essai 2: Temps fixe (voir 9.2), est souhaité pour essayer  $U_o = 0,10$  en utilisant  $D = 2$ . Les temps d'indisponibilité sont supposés suivre une distribution exponentielle ( $p = 1$ ) et les risques  $\alpha$  et  $\beta$  sont fixés à 0,05.

En remplaçant dans la formule pour  $T^*$  dans le plan d'essai 2,

$$\begin{aligned}
 T^* &= m_u (1 + 1^{-1}) \left\{ \frac{(1,645) \sqrt{0,9} + \left[ \frac{(1,645) (0,8) \sqrt{2}}{\sqrt{0,9}} \right]}{(1)} \right\}^2 \\
 &= m_u (2) \left[ \frac{1,5606 + 1,9618}{1} \right]^2 \\
 &= 24,8 m_u
 \end{aligned}$$

## Annex B (informative)

### Numerical examples

#### First example

The first example will assume that Test plan 1: Fixed number of failures (see 9.1) is desired to distinguish between  $U_0 = 0,01$  and  $U_1 = 0,05$ . For the down time distribution  $p = 2$  is assumed. Also  $\alpha = 0,10$  and  $\beta = 0,05$  are assumed.

Then see the first inequality of 9.1.

$$D (1 - U_0) / (1 - DU_0) = (5) (0,99) / (0,95) = 5,2105$$

and the following table can be calculated (see 9.1):

| $n$                                                 | 10   | 4    | 5    |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|
| $F_{1-\alpha}(2pn, 2n) \times F_{1-\beta}(2n, 2pn)$ | 3,15 | 6,40 | 5,17 |

[For example, for  $n = 10$ ,  $(1,71)(1,84) = 3,15$ ]

Therefore, one would test until five failures and restorations had occurred and then reject if  $Y/T$  is greater than:

$$(2,20) (0,01/0,99) = 0,0222$$

where  $Y$  and  $T$  are the accumulated down time and up time respectively.

#### Second example:

This example will assume that Test plan 2: Fixed time (see 9.2) is desired to test  $U_0 = 0,10$  using  $D = 2$ . The down times are assumed to be exponentially distributed ( $p = 1$ ) and both  $\alpha$  and  $\beta$  risks are set at 0,05.

Substituting in the formula for  $T^*$  in test plan 2,

$$\begin{aligned}
 T^* &= m_u (1 + 1^{-1}) \left\{ \frac{(1,645) \sqrt{0,9} + \left[ \frac{(1,645) (0,8) \sqrt{2}}{\sqrt{0,9}} \right]}{(1)} \right\}^2 \\
 &= m_u (2) \left[ \frac{1,5606 + 1,9618}{1} \right]^2 \\
 &= 24,8 m_u
 \end{aligned}$$

Egalement,

$$U_{\text{lim}} = \frac{(0,10) [(1,645)(2)(1-0,10) + (1,645)(\sqrt{2}) (1-(2)(0,10))]}{[1,645 (1-0,10) + (1,645) (\sqrt{2})(1-(2)(0,10))]}$$

$$U_{\text{lim}} = 0,2288$$

c'est-à-dire, rejet de  $U_o$  si

$$Y/(Y + T) > 0,2288.$$

Also,

$$U_{\text{lim}} = \frac{(0,10) [(1,645)(2)(1-0,10) + (1,645)(\sqrt{2}) (1-(2)(0,10))]}{[1,645 (1-0,10) + (1,645) (\sqrt{2})(1-(2)(0,10))]}$$

$$U_{\text{lim}} = 0,2288$$

i.e., reject  $U_o$  if

$$Y/(Y + T) > 0,2288.$$

**Annexe C / Annex C**  
(informative)

**Bibliographie / Bibliography**

- [1] Hällgren, Bengt. *Availability compliance testing of systems with long mean time between failures*, Reliability Engineering, 15 (1986), pp. 83-94.
- [2] Rise, Jan L. *Compliance test plans for availability*, Proc. 1979 Annual Reliability and Maintainability Symposium, Jan. 23-25, 1979, Washington, DC, ISSN 0149-144X, pp. 368-373.
-



---

**ICS 03.120.01 ; 03.120.99**

---