



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Reliability testing – Compliance test plans for success ratio

Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité pour une proportion de succès

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 03.120.01; 03.120.30; 21.020

ISBN 978-2-8322-7647-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms and symbols	9
3.2.1 Abbreviated terms	9
3.2.2 Symbols	9
4 General requirements and area of application.....	10
4.1 Reliability requirement	10
4.2 Repair and replacement.....	10
4.3 Types of test plans.....	10
4.3.1 General	10
4.3.2 Features of the test plan types.....	10
4.4 General test procedure	11
4.5 General decision criteria	11
5 Truncated sequential probability ratio test plans (SPRT).....	13
5.1 Characteristics.....	13
5.2 Decision criteria	13
5.3 Operating characteristic curve (OC).....	14
5.4 Expected number of trials to decision (ENT)	15
6 Fixed trial/failure terminated test plans (FTFT)	16
6.1 Characteristics.....	16
6.2 Decision criteria	16
7 Design of fixed trial/failure terminated test plans	17
7.1 Characteristics.....	17
7.2 Approach	17
7.3 Common case.....	18
7.4 Other cases	18
7.5 Example of application.....	18
7.6 Procedure to determine D and c or n and c	18
7.6.1 Figure and table readings	18
7.6.2 Use of figures and tables	19
7.7 Decision criteria	19
Annex A (informative) Additional information on sequential test plans.....	20
A.1 Example.....	20
A.2 Extension of the test set (through interpolation and extrapolation)	21
A.2.1 General	21
A.2.2 Extrapolation for $p_0 < 0,001$	21
A.2.3 Interpolation	21
Annex B (informative) Design of fixed trial/failure terminated test plans – Examples	24
B.1 Use of figures and tables	24
B.2 Case where number of events, n , is not known, but is predictable	24
Annex C (informative) Design of fixed trial/failure terminated test plans – Mathematical procedures and formulas	26

C.1	General.....	26
C.2	Symbols.....	26
C.3	Computation	26
C.3.1	Determination of D versus n	26
C.3.2	Determination of n and c versus p_0, D, α, β	27
C.3.3	Test without failures – Determination of n and D versus p_0, α, β	27
C.3.4	Determination of OC curves	28
C.3.5	Determination of inverse OC curves	28
C.4	Accuracy.....	29
C.5	Tables of cumulative normal distribution and its Inverse.....	29
Annex D	(normative) Truncated sequential test plans	31
Annex E	(informative) Design of fixed trial/failure terminated test plans – Figures and tables to determine D and c or n and c	40
Bibliography	49
Figure 1	– Expected and maximal number of trials for SPRT and FTFT with the same risks ..	11
Figure 2	– SPRT diagram.....	14
Figure 3	– OC curve.....	15
Figure 4	– SPRT – Curve of expected number of trials to decision (ENT).....	15
Figure 5	– Principal layout of Tables E.1 to E.3.....	19
Figure A.1	– Example of a truncated sequential test	20
Figure E.1	– Discrimination ratio, D , versus number of events, n for $p_0 = 0,05$	40
Figure E.2	– Discrimination ratio, D , versus number of events, n for $p_0 = 0,10$	41
Figure E.3	– Discrimination ratio, D , versus number of events, n for $p_0 = 0,15$	42
Table 1	– Overview – Maximal number of trials and expected number of trials at p_0 for SPRT and FTFT.....	12
Table 2	– Range of the test parameters	13
Table 3	– OC curve.....	14
Table 4	– ENT (n_e) versus true failure ratio (p).....	15
Table 5	– Fixed trial/failure terminated test plans	16
Table A.1	– Example for interpolation by α and β	23
Table C.1	– Cumulative normal distribution for fixed u_γ values	29
Table C.2	– Inverse cumulative normal distribution for fixed $1 - \gamma$ values	30
Table D.1	– Truncated sequential test plans	31
Table E.1	– Acceptable number of failures, c , versus number of events, n for $p_0 = 0,05$	43
Table E.2	– Acceptable number of failures, c , versus number of events, n for $p_0 = 0,10$	45
Table E.3	– Acceptable number of failures, c , versus number of events, n for $p_0 = 0,15$	47

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RELIABILITY TESTING – COMPLIANCE TEST PLANS FOR SUCCESS RATIO

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61123 has been prepared by IEC technical committee 56, Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1991. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The sequential probability ratio test (SPRT) [1, 2]¹ has been significantly developed in recent years [3, 4, 5]. This edition contains shorter and accurate tests, a wide range of test plans, and significant additional characteristic data, as follows:
 - the tests are significantly truncated (the maximum trial numbers are low) without substantially increasing the expected number of trials to decision (ENT);
 - the true producer’s and consumer’s risks (α' , β') are given and very close to the nominal (α , β);

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

- the range of the test parameters is wide (failure ratio, risks and discrimination ratio);
 - the test plans include various risk ratios (not restricted to equal risks only);
 - the values of ENT are accurate and given in the relevant region (for practical use);
 - guidelines for extension of the test sets (interpolation and extrapolation) are included.
- b) In Annex C, the use of the cumulative binomial distribution function of Excel that simplifies the procedure of designing has been added (Clause C.3).

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
56/1852/FDIS	56/1873/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

A compliance test is an essential part of the reliability assurance system. Reliability is affected by many random factors, so its prediction is not accurate. The direct way to check if the item/system meets its reliability specifications is to perform a compliance test.

The test serves to verify the compliance with the specified probability that an item will perform as required. The outcome of each trial of the test is either success or failure.

The probability of making the correct decision in the test depends on the sample size (number of trials). The tests require a large sample size and, accordingly, a large consumption of funds and time. The consumptions are especially high for reliability testing. For this reason, sampling plans of the tests must be carefully planned in order to reduce the sample size.

This document is dedicated to sampling plans for the tests.

The procedures are based on the assumption that trials of the test are statistically independent and the probability of success, q in them is constant. This document also applies the probability of failure $p = 1 - q$.

The tests are characterized by operating characteristic (OC) and number of trials to decision.

OC is the probability of accepting an item as meeting the requirements. In this document, the OC is represented by the coordinates of its two points (see ISO 3534-2):

- $(p_0, 1 - \alpha)$ are the coordinates of the producer's risk point (PRP);
- (p_1, β) are the coordinates of the consumer's risk point (CRP).

The number of trials to reaching a decision regarding the test is a random value and in this document is usually characterized by its expected (ENT) and maximum (MaxNT) values.

This document contains two types of tests:

- truncated sequential probability ratio test (SPRT);
- fixed trial/failure terminated test (FTFT).

The FTFT is characterized by decision rules for accepting or rejecting compliance when the termination trials number n_f (MaxNT) has been reached, or the acceptable number of failures c has been exceeded. This test has the smallest n_f among all tests with specified PRP and CRP. When testing objects with $p \leq p_0$, ENT is close to n_f , and for $p > p_0$, ENT decreases significantly. Another advantage of the FTFT is the ability to conduct all trials simultaneously, but ENT increases and becomes equal to n_f .

In the SPRT, the decision is made after each trial: accept or reject compliance, or continue testing. This document contains a truncated SPRT with $\text{MaxNT} = n_t$. This n_t is 1,1 to 1,2 times greater than n_f of the FTFT with the same PRP and CRP. However, the ENT of the SPRT is significantly smaller than that of the corresponding FTFT, and for $p \leq p_0$ it can be 1,4 to 1,8 times smaller. This is a great advantage of the SPRT. If it is necessary to shorten the calendar time of the SPRT, it is possible to run the trials by small portions of n_t , while the OC and ENT will not change significantly.

The planning of the SPRT is quite complicated so this document contains extensive tables with ready-to-use test plans and their characteristics. Tests are listed for $\alpha = \beta$ as well as for $\alpha \neq \beta$. The tables also allow the design of additional tests by simple interpolation and, for small p_0 , by extrapolation.

Some of the tests have a very large sample size, which will probably be used rarely. However, the data allow the user of this document to assess the economic benefit of the OC test requirements and, in general, to assess the advisability of performing the test.

The test is used for reliability testing; for example, to check compliance of the reliability of a non-repairable item for a given time interval (warranty period or designed lifetime). The test makes no assumption on whether the failure rate is constant or non-constant. IEC 61124 assumes a constant failure rate and is more statistically efficient since it takes the accumulated operating time into account.

Clause 4 presents the types of tests and recommendations for their selection. It also discusses the ability to reuse items during the test. Clause 5 explains the parameters of the stopping boundaries and the characteristics of the SPRT (their values are given in Annex D). Clause 6 is devoted to the FTFT, a table with parameters of stopping boundaries and characteristics is given. Annex A is devoted to the SPRT and provides examples of choosing a test by cost-benefit considerations, extension of the test set of Clause 5 by extra- and interpolation.

RELIABILITY TESTING – COMPLIANCE TEST PLANS FOR SUCCESS RATIO

1 Scope

This international standard is intended to define a procedure to verify if a reliability of an item/system complies with the stated requirements. The requirement is assumed to be specified as the percentage of success (success ratio) or the percentage of failures (failure ratio).

This document can be used where a number of items are tested (number of trials performed) and classified as passed or failed. It can also be used where one or a number of items are tested repeatedly. The procedures are based on the assumption that the probability of success or failure is the same from trial to trial (statistically independent events). Plans for fixed trial/failure terminated tests as well as truncated sequential probability ratio tests (SPRTs) are included. This document contains extensive tables with ready-to-use SPRT plans and their characteristics for equal and non-equal risks for supplier and customer.

In the case of the reliability compliance tests for constant failure rate/intensity, IEC 61124 applies.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-192:2015, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability* (available at <http://www.electropedia.org>)

IEC 60300-3-5:2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	52
INTRODUCTION.....	54
1 Domaine d'application	56
2 Références normatives	56
3 Termes, définitions, termes abrégés et symboles	56
3.1 Termes et définitions	56
3.2 Termes abrégés et symboles	57
3.2.1 Termes abrégés.....	57
3.2.2 Symboles.....	57
4 Exigences générales et domaine d'application.....	58
4.1 Exigence de fiabilité.....	58
4.2 Réparation et remplacement	58
4.3 Types de plans d'essai.....	58
4.3.1 Généralités	58
4.3.2 Caractéristiques des types de plans d'essai.....	59
4.4 Méthode générale d'essai	60
4.5 Critères généraux de décision.....	60
5 Plans d'essai de rapport de probabilité progressif tronqué (SPRT).....	61
5.1 Caractéristiques.....	61
5.2 Critères de décision	62
5.3 Courbe d'efficacité (OC).....	63
5.4 Nombre prévu d'épreuves pour décision (ENT)	64
6 Plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances (FTFT)	65
6.1 Caractéristiques.....	65
6.2 Critères de décision	65
7 Conception des plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances	66
7.1 Caractéristiques.....	66
7.2 Approche	66
7.3 Cas typique.....	67
7.4 Autres cas	67
7.5 Exemple d'application	67
7.6 Procédure pour déterminer D et c ou n et c	67
7.6.1 Lecture des figures et des tableaux	67
7.6.2 Utilisation des figures et des tableaux.....	68
7.7 Critères de décision	68
Annexe A (informative) Informations supplémentaires sur les plans d'essai progressifs	69
A.1 Exemple.....	69
A.2 Extension de la série d'essais (par interpolation et extrapolation)	70
A.2.1 Généralités	70
A.2.2 Extrapolation pour $p_0 < 0,001$	70
A.2.3 Interpolation	70
Annexe B (informative) Plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances – Exemples.....	73
B.1 Utilisation des figures et des tableaux.....	73
B.2 Nombre d'événements n , où n est inconnu mais prévisible	73

Annexe C (informative) Plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances – Procédures mathématiques et formules	75
C.1 Généralités	75
C.2 Symboles	75
C.3 Calculs	75
C.3.1 Détermination de D en fonction de n	75
C.3.2 Détermination de n et de c en fonction de p_0 , D , α , β	76
C.3.3 Essai sans défaillances – Détermination de n et de D en fonction de p_0 , α , β	77
C.3.4 Détermination des courbes d'efficacité.....	77
C.3.5 Détermination des courbes d'efficacité inverses.....	77
C.4 Précision.....	78
C.5 Tableaux de la distribution normale cumulée et de son inverse	79
Annexe D (normative) Plans d'essai progressifs tronqués	80
Annexe E (informative) Plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances – Figures et tableaux pour déterminer D et c ou n et c	89
Bibliographie.....	98
Figure 1 – Nombre prévu et nombre maximal d'épreuves pour un SPRT et un FTFT avec les mêmes risques.....	59
Figure 2 – Diagramme SPRT	63
Figure 3 – Courbe d'efficacité	64
Figure 4 – SPRT – Courbe du nombre prévu d'épreuves pour décision (ENT).....	64
Figure 5 – Présentation principale des Tableaux E.1 à E.3	68
Figure A.1 – Exemple d'essai progressif tronqué	69
Figure E.1 – Rapport de discrimination, D , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,05$	89
Figure E.2 – Rapport de discrimination, D , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,10$	90
Figure E.3 – Rapport de discrimination, D , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,15$	91
Tableau 1 – Vue d'ensemble – Nombre maximal d'épreuves et nombre prévu d'épreuves à p_0 pour le SPRT et le FTFT.....	61
Tableau 2 – Plage des paramètres d'essai.....	62
Tableau 3 – Courbe d'efficacité.....	63
Tableau 4 – ENT (n_e) en fonction du rapport vrai de défaillances (p).....	64
Tableau 5 – Plans d'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances.....	65
Tableau A.1 – Exemple d'interpolation par α et β	72
Tableau C.1 – Distribution normale cumulée pour des valeurs fixées de u_γ	79
Tableau C.2 – Distribution normale cumulée inverse pour des valeurs fixées de $1 - \gamma$	79
Tableau D.1 – Plans d'essai progressifs tronqués	80
Tableau E.1 – Nombre acceptable de défaillances, c , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,05$	92
Tableau E.2 – Nombre acceptable de défaillances, c , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,10$	94
Tableau E.3 – Nombre acceptable de défaillances, c , en fonction du nombre d'événements, n pour $p_0 = 0,15$	96

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS DE FIABILITÉ – PLANS D'ESSAI DE CONFORMITÉ POUR UNE PROPORTION DE SUCCÈS AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61123 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC, Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1991. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'essai de rapport de probabilité progressif (SPRT – sequential probability ratio test) [1, 2]¹ a été considérablement développé au cours des dernières années [3, 4, 5]. La présente édition décrit des essais plus courts et précis, un large éventail de plans d'essai, ainsi que des données caractéristiques supplémentaires importantes, comme suit:
- les essais sont considérablement tronqués (le nombre maximal d'épreuves est faible) sans pour autant augmenter substantiellement le nombre prévu d'épreuves pour décision (ENT – expected number of trials);
 - les risques vrais du fournisseur et du client (α' , β') sont connus et très proches des valeurs nominales (α , β);
 - la plage des paramètres d'essai est étendue (proportion de défaillance, risques et rapport de discrimination);
 - les plans d'essai intègrent différents rapports de risque (qui ne se limitent pas uniquement à des risques égaux);
 - les valeurs de l'ENT sont précises et données dans la région pertinente (à des fins d'utilisation pratique);
 - des lignes directrices sont fournies en vue d'étendre les séries d'essais (interpolation et extrapolation);
- b) en Annexe C, l'utilisation de la fonction de distribution binomiale cumulative d'Excel pour simplifier la procédure de calcul a été ajoutée (Article C.3).

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1852/FDIS	56/1873/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

INTRODUCTION

Un essai de conformité constitue une partie essentielle du système d'assurance de la fiabilité. La fiabilité étant affectée par de nombreux facteurs aléatoires, l'exactitude de sa prévision se révèle limitée. La mise en œuvre d'un essai de conformité est un moyen direct de vérifier si l'entité/le système est conforme à ses spécifications de fiabilité.

L'essai permet de vérifier qu'une entité fonctionne conformément aux exigences selon la probabilité spécifiée. Chaque épreuve de l'essai se solde soit par un succès, soit par une défaillance.

La probabilité de prendre la bonne décision au cours de l'essai dépend de la taille de l'échantillon (nombre d'épreuves). Les essais nécessitent une taille d'échantillon importante, ce qui implique de mobiliser des ressources conséquentes en temps et en argent. Cela se vérifie tout particulièrement dans le cas des essais de fiabilité. Aussi, les plans d'échantillonnage des essais doivent être soigneusement planifiés afin de réduire la taille de l'échantillon.

Le présent document concerne les plans d'échantillonnage aux fins des essais.

Les procédures sont fondées sur l'hypothèse que les épreuves de l'essai sont statistiquement indépendantes et que la probabilité de succès, q , qui leur est associée demeure constante. Le présent document s'applique également à la probabilité de défaillance $p = 1 - q$.

Les essais sont caractérisés par la notion d'efficacité (OC – operating characteristic) et par un nombre d'épreuves pour décision.

L'OC désigne la probabilité d'accepter une entité comme satisfaisant aux exigences. Dans le présent document, l'OC est représentée par les coordonnées de ses deux points (selon ISO 3534-2):

- $(p_0, 1 - \alpha)$ sont les coordonnées du point de risque du fournisseur (PRP – producer's risk point);
- (p_1, β) sont les coordonnées du point de risque du client (CRP – consumer's risk point).

Le nombre d'épreuves à effectuer avant de prendre une décision concernant l'essai est une valeur aléatoire et, dans le présent document, il est caractérisé de manière générale par ses valeurs prévue (ENT) et maximale (MaxNT).

Le présent document décrit deux types d'essais:

- l'essai de rapport de probabilité progressif (SPRT) tronqué;
- l'essai à nombre fixé d'épreuves et de défaillances (FTFT – fixed trial/failure terminated test).

Le FTFT est caractérisé par des règles de décision d'acceptation ou de rejet de conformité lorsque le nombre maximal d'épreuves n_f (MaxNT) a été atteint ou que le nombre acceptable de défaillances c a été dépassé. La valeur de n_f pour cet essai est la plus faible parmi tous les essais à PRP et CRP spécifiés. Lors de l'essai d'objets pour lesquels $p \leq p_0$, l'ENT est proche de n_f , et il diminue de manière significative lorsque $p > p_0$. Un FTFT présente également l'avantage de permettre une réalisation simultanée de toutes les épreuves; toutefois, l'ENT augmente jusqu'à devenir égal à n_f .

Pour le SPRT, la décision d'accepter ou rejeter la conformité ou de poursuivre l'essai est prise après chaque épreuve. Le présent document décrit un SPRT tronqué avec $\text{MaxNT} = n_t$. Cette valeur n_t est de 1,1 à 1,2 fois supérieure à la valeur n_f du FTFT, avec un PRP et un CRP identiques. Toutefois, l'ENT du SPRT est beaucoup plus faible que celui du FTFT correspondant; pour $p \leq p_0$, il peut être de 1,4 à 1,8 fois inférieur. Il s'agit là d'un des avantages importants du SPRT. S'il est nécessaire de raccourcir la durée calendaire du SPRT, il est possible de réaliser les épreuves par faibles portions de n_t , sans que l'OC et l'ENT ne varient de manière significative.

La planification du SPRT étant assez complexe, le présent document inclut des tableaux complets décrivant des plans d'essai prêts à l'emploi et leurs caractéristiques associées. Les essais sont indiqués pour $\alpha = \beta$ ainsi que pour $\alpha \neq \beta$. Les tableaux permettent également de concevoir des essais supplémentaires par simple interpolation ou, dans le cas de faibles valeurs de p_0 , par extrapolation.

Certains des essais spécifient une taille d'échantillon très importante, qui sera probablement rarement utilisée. Cependant, les données permettent à l'utilisateur du présent document d'évaluer l'avantage économique des exigences d'essai d'OC et, de manière générale, d'évaluer la pertinence de la conduite de l'essai.

L'essai est utilisé dans le cadre des essais de fiabilité, par exemple, pour vérifier la conformité d'une entité non réparable aux exigences de fiabilité pendant une durée spécifiée (période de garantie ou durée de vie prévue). L'essai ne formule aucune hypothèse quant au caractère constant ou non du taux de défaillance. L'IEC 61124 prend pour hypothèse un taux de défaillance constant et est plus efficace d'un point de vue statistique, car elle tient compte du temps de fonctionnement cumulé.

L'Article 4 présente les types d'essais et les recommandations relatives à leur choix. Il traite également de la possibilité de réutiliser les entités au cours de l'essai. L'Article 5 décrit les paramètres des limites d'arrêt ainsi que les caractéristiques du SPRT (leurs valeurs sont données en Annexe D). L'Article 6, consacré au FTFT, contient un tableau spécifiant les paramètres des limites d'arrêt et les caractéristiques de cet essai. L'Annexe A concerne le SPRT. Elle présente des exemples de choix d'un essai en fonction du rapport coût-avantage et étend par interpolation et par extrapolation la série d'essais de l'Article 5.

ESSAIS DE FIABILITÉ – PLANS D'ESSAI DE CONFORMITÉ POUR UNE PROPORTION DE SUCCÈS

1 Domaine d'application

La présente norme internationale vise à définir une procédure pour vérifier si la fiabilité d'une entité/d'un système satisfait aux exigences spécifiées. L'exigence est admise comme étant spécifiée sous forme de pourcentage de succès (proportion de succès) ou de pourcentage de défaillances (proportion de défaillances).

Le présent document peut être utilisé lorsqu'un certain nombre d'entités sont soumises à l'essai (nombre d'épreuves réalisées) et classées comme ayant satisfait ou échoué à l'essai. Il peut également être utilisé lorsqu'une ou plusieurs entités sont soumises à l'essai de façon répétée. Les procédures sont fondées sur l'hypothèse que la probabilité de succès ou de défaillance est identique d'une épreuve à l'autre (événements statistiquement indépendants). Le présent document inclut des plans d'essais à nombre fixé d'épreuves et de défaillances, ainsi que des essais de rapport de probabilité progressifs (SPRT). Il contient des tableaux complets décrivant des plans de SPRT prêts à l'emploi et leurs caractéristiques associées, les risques pour le fournisseur et le client étant égaux ou non.

Dans le cas d'essais de conformité de fiabilité relatifs à un taux/une intensité constant(e) de défaillance, l'IEC 61124 s'applique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-192:2015, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 192: Sûreté de fonctionnement* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

IEC 60300-3-5:2001, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques*