

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



---

**Reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity**

**Essais de fiabilité – Plans d’essai de conformité pour un taux de défaillance constant et une intensité de défaillance constante**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 03.120.30; 19.020; 21.020

ISBN 978-2-8322-6453-9

|                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.</b></p> <p><b>Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## CONTENTS

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                | 6  |
| INTRODUCTION.....                                                                            | 8  |
| 1 Scope.....                                                                                 | 10 |
| 2 Normative references .....                                                                 | 10 |
| 3 Terms, definitions, abbreviated terms and symbols.....                                     | 11 |
| 3.1 Terms and definitions.....                                                               | 11 |
| 3.2 Abbreviated terms and symbols .....                                                      | 11 |
| 3.2.1 Abbreviated terms .....                                                                | 11 |
| 3.2.2 Symbols .....                                                                          | 11 |
| 4 General requirements and area of application.....                                          | 13 |
| 4.1 Requirements and characteristics .....                                                   | 13 |
| 4.2 Applicability to replaced and repaired items .....                                       | 13 |
| 4.3 Types of test plans.....                                                                 | 14 |
| 4.3.1 General .....                                                                          | 14 |
| 4.3.2 Advantages and disadvantages of the different test plan types .....                    | 14 |
| 5 General test procedure .....                                                               | 16 |
| 5.1 Test conditions .....                                                                    | 16 |
| 5.2 General characteristics of the test plans .....                                          | 17 |
| 5.3 Data to be recorded .....                                                                | 17 |
| 5.4 Calculation of accumulated test time, $T^*$ .....                                        | 17 |
| 5.5 Number of failures .....                                                                 | 18 |
| 6 Truncated sequential probability ratio test (SPRT) plans.....                              | 18 |
| 6.1 General.....                                                                             | 18 |
| 6.2 Common test procedure.....                                                               | 19 |
| 6.3 Decision criteria .....                                                                  | 19 |
| 6.4 Operating characteristic (OC) curve .....                                                | 20 |
| 6.5 Expected accumulated test time to decision (ETT) .....                                   | 21 |
| 6.6 Overview of test plans.....                                                              | 22 |
| 7 Fixed time/failure terminated test plans – Fixed duration (to acceptance) test plans ..... | 25 |
| 7.1 General.....                                                                             | 25 |
| 7.2 Common test procedure.....                                                               | 26 |
| 7.3 Decision criteria .....                                                                  | 26 |
| 7.4 Test plans .....                                                                         | 26 |
| 8 Design of alternative time/failure terminated test plans (FTFT) .....                      | 27 |
| 8.1 General.....                                                                             | 27 |
| 8.2 Design procedures .....                                                                  | 27 |
| 8.3 Common FTFT procedure .....                                                              | 28 |
| 8.4 Decision criteria .....                                                                  | 28 |
| 9 Calendar time/failure terminated test plans (FTFT) for non-replaced items .....            | 28 |
| 9.1 General.....                                                                             | 28 |
| 9.2 Common test procedure.....                                                               | 29 |
| 9.3 Decision criteria .....                                                                  | 29 |
| 9.4 Use of IEC 61123:2019, Table 5 for fixed calendar time tests .....                       | 29 |
| 9.4.1 General .....                                                                          | 29 |
| 9.4.2 Procedure when the test time is given .....                                            | 30 |

|         |                                                                                                                 |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.4.3   | Procedure when the number of items is given .....                                                               | 30 |
| 10      | Combined test plans .....                                                                                       | 30 |
| 10.1    | General .....                                                                                                   | 30 |
| 10.2    | Common test procedure .....                                                                                     | 30 |
| 10.3    | Decision criteria .....                                                                                         | 31 |
| 10.4    | Test plans .....                                                                                                | 31 |
| 11      | Performing the test and presenting the results .....                                                            | 32 |
| Annex A | (normative) Tables for border lines of SPRT plans (types A and C) .....                                         | 33 |
| A.1     | Symbols .....                                                                                                   | 33 |
| A.2     | Border lines .....                                                                                              | 33 |
| A.3     | Example of the SPRT plan from Clause 6 .....                                                                    | 37 |
| Annex B | (normative) Tables and graphs for combined test plans (type D) .....                                            | 39 |
| B.1     | General .....                                                                                                   | 39 |
| B.2     | Test plans D.3 and C.3 ( $\alpha = \beta = 10\%$ , $D = 1,7$ ) .....                                            | 41 |
| Annex C | (informative) Extension of the set of SPRTs type A .....                                                        | 44 |
| C.1     | Symbols .....                                                                                                   | 44 |
| C.2     | Extension of the set of type A tests (through interpolation by $\alpha$ and $\beta$ ) .....                     | 44 |
| Annex D | (informative) Approximation of operating characteristic for type A SPRTs by<br>Wald's formula .....             | 47 |
| D.1     | Symbols .....                                                                                                   | 47 |
| D.2     | Approximations of OC in this document .....                                                                     | 47 |
| D.3     | Approximation of OC for type A SPRT by Wald's formula .....                                                     | 47 |
| D.4     | Construction of the approximated OC curve using a spreadsheet .....                                             | 49 |
| Annex E | (informative) Mathematical references and examples for fixed time/failure<br>terminated test (FTFT) plans ..... | 51 |
| E.1     | Symbols .....                                                                                                   | 51 |
| E.2     | Mathematical references .....                                                                                   | 51 |
| E.2.1   | General .....                                                                                                   | 51 |
| E.2.2   | Mathematical references .....                                                                                   | 51 |
| E.2.3   | Design procedure {a} .....                                                                                      | 54 |
| E.2.4   | Design procedure {b} .....                                                                                      | 55 |
| E.2.5   | Design procedure {c} .....                                                                                      | 55 |
| E.2.6   | Design procedure {d} .....                                                                                      | 56 |
| E.3     | Examples of FTFT design using test plans B .....                                                                | 56 |
| E.3.1   | Example 1 .....                                                                                                 | 56 |
| E.3.2   | Example 2 .....                                                                                                 | 57 |
| E.4     | Test OC approximation using formula for FTFT .....                                                              | 58 |
| Annex F | (informative) Examples of FTFT design using a spreadsheet program .....                                         | 59 |
| F.1     | General .....                                                                                                   | 59 |
| F.2     | Finding the test border lines using optimization on the example of the design<br>procedure {b} .....            | 61 |
| F.3     | ETT and OC curves .....                                                                                         | 63 |
| F.4     | Example of FTFT design by procedure {a} .....                                                                   | 65 |
| F.5     | Example of FTFT design by procedure {c} .....                                                                   | 67 |
| F.6     | Example of FTFT design by procedure {d} .....                                                                   | 69 |
| F.7     | Example of a test with replacement of failed items .....                                                        | 72 |
| F.8     | Evaluation of an approximate OC for non-FTFT plans using a spreadsheet .....                                    | 73 |
| Annex G | (informative) Examples and mathematical references for the calendar time<br>terminated test plans .....         | 78 |

|                                                                                                                      |                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----|
| G.1                                                                                                                  | Examples .....                                               | 78 |
| G.1.1                                                                                                                | Example 1 .....                                              | 78 |
| G.1.2                                                                                                                | Example 2 .....                                              | 78 |
| G.2                                                                                                                  | Mathematical background .....                                | 79 |
| Annex H (informative) Derivation and mathematical reference for the optimized test plans of GOST R 27 402 [12] ..... |                                                              | 80 |
| H.1                                                                                                                  | Symbols .....                                                | 80 |
| H.2                                                                                                                  | Test plan types and terminology .....                        | 81 |
| H.3                                                                                                                  | Introductory remarks .....                                   | 81 |
| H.4                                                                                                                  | Procedure used for developing the optimized test plans ..... | 82 |
| Bibliography .....                                                                                                   |                                                              | 89 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Relative ETT ( $T_e^*/m_0$ ) and MaxTT ( $T_t^*/m_0$ ) of various tests with the same risks .....    | 16 |
| Figure 2 – SPRT diagram and test example .....                                                                  | 20 |
| Figure 3 – OC curve, $P_a$ .....                                                                                | 21 |
| Figure 4 – SPRT – Curve of expected accumulated test time to decision (ETT) .....                               | 22 |
| Figure 5 – Example of a decision graph for combined test plan (type D) and for SPRT type C .....                | 31 |
| Figure A.1 – Decision graph of SPRT plan .....                                                                  | 34 |
| Figure B.1 – Expected accumulated test time to acceptance decision, $T_e^*(+)$ for D.3 and C.3 test plans ..... | 43 |
| Figure B.2 – Operating characteristic $P_a$ for D.3 and C.3 test plans .....                                    | 43 |
| Figure D.1 – Approximation of OC for type A SPRT using Wald's formula .....                                     | 48 |
| Figure E.1 – Example 1 – Expected accumulated test time to decision (ETT) of tests B.2 and A.25 .....           | 57 |
| Figure E.2 – Example 1 – Operating characteristic of tests B.2 and A.25 .....                                   | 58 |
| Figure F.1 – Using Solver to find $T_t^*/m_0$ – Accumulated test truncation time in terms of $m_0$ .....        | 63 |
| Figure F.2 – ETT plotted from the spreadsheet calculations .....                                                | 64 |
| Figure F.3 – OC curve plotted from the spreadsheet calculations .....                                           | 64 |
| Figure F.4 – Using Solver to find $T_t^*/m_0$ and $c$ in Step {a1} .....                                        | 66 |
| Figure F.5 – Using Solver to find $T_t^*/m_0$ in Step {a2} .....                                                | 67 |
| Figure F.6 – Using Solver to find $T_t^*/m_0$ in Step {c2} .....                                                | 69 |
| Figure F.7 – Using Solver to find $D$ and $c$ in Step {d1} .....                                                | 71 |
| Figure F.8 – Using Solver to find $D$ and $T_t^*$ in Step {d2} .....                                            | 72 |
| Figure F.9 – Using Solver to find $c$ and $T_t^*/m_0$ from Clause F.8 .....                                     | 75 |
| Figure F.10 – OC approximated by formula for FTFT (example from Clause F.8) .....                               | 77 |
| Figure H.1 – Test plan types and terminology .....                                                              | 81 |
| Figure H.2 – Principle of test plans .....                                                                      | 83 |
| Figure H.3 – Partitioning of the test plan graph .....                                                          | 83 |
| Figure H.4 – Interior nodes and border nodes .....                                                              | 83 |
| Figure H.5 – Paths to the accept line .....                                                                     | 84 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure H.6 – Paths to the reject line .....                                                                  | 84 |
| Figure H.7 – Probabilities of paths transfer between nodes .....                                             | 85 |
| Figure H.8 – Recurrent element – Two cases .....                                                             | 88 |
| Table 1 – Advantages and disadvantages for the different test plan types .....                               | 15 |
| Table 2 – OC curve .....                                                                                     | 20 |
| Table 3 – Relative ETT versus $m/m_0$ .....                                                                  | 21 |
| Table 4 – Overview of type A SPRT plans .....                                                                | 23 |
| Table 5 – Overview of type C SPRT plans .....                                                                | 25 |
| Table 6 – Type B FTFT plans .....                                                                            | 27 |
| Table 7 – Overview of type D combined plans .....                                                            | 32 |
| Table A.1 – Constants for border line formulae and their coordinates for type A SPRT plans .....             | 35 |
| Table A.2 – Constants for border line formulae and their coordinates for type C SPRT plans .....             | 36 |
| Table A.3 – Example for SPRT using test plan A.41 (with example data) .....                                  | 38 |
| Table B.1 – Combined test plans in Annex B .....                                                             | 39 |
| Table B.2 – Type D test plans – Accept and reject lines .....                                                | 40 |
| Table B.3 – Expected accumulated test time to acceptance decision, $T_e^*(+)$ , for D and C test plans ..... | 41 |
| Table B.4 – Accept and reject lines for D.3 and C.3 test plans .....                                         | 42 |
| Table C.1 – Example for interpolation by $\alpha$ and $\beta$ .....                                          | 46 |
| Table D.1 – Spreadsheet set-up for construction of the OC curve by Wald .....                                | 50 |
| Table D.2 – Formulae embedded in the spreadsheet .....                                                       | 50 |
| Table E.1 – List of the typical FTFT design procedures .....                                                 | 54 |
| Table F.1 – Set-up of the spreadsheet with embedded formulae .....                                           | 60 |
| Table F.2 – Formulae embedded in the spreadsheet .....                                                       | 61 |
| Table F.3 – Fragment from Table 6 .....                                                                      | 62 |
| Table F.4 – Set-up 1 of the spreadsheet for example by procedure {a} .....                                   | 65 |
| Table F.5 – Set-up 2 of the spreadsheet for example by procedure {a} .....                                   | 66 |
| Table F.6 – Set-up 3 (final solution) for example by procedure {a} .....                                     | 67 |
| Table F.7 – Set-up 2 for example by procedure {c} .....                                                      | 68 |
| Table F.8 – Set-up 3 (final solution) for example by procedure {c} .....                                     | 69 |
| Table F.9 – Set-up 1 of the spreadsheet for example by procedure {d} .....                                   | 70 |
| Table F.10 – Set-up 2 of the spreadsheet for example by procedure {d} .....                                  | 71 |
| Table F.11 – Set-up 3 (final solution) for example by procedure {d} .....                                    | 72 |
| Table F.12 – Set-up of the spreadsheet with embedded formulae from Clause F.8 .....                          | 74 |
| Table F.13 – Set-up 1 of the spreadsheet from Clause F.8 .....                                               | 75 |
| Table F.14 – Set-up 2 of the spreadsheet for example from Clause F.8 .....                                   | 76 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**RELIABILITY TESTING –  
COMPLIANCE TESTS FOR CONSTANT FAILURE RATE  
AND CONSTANT FAILURE INTENSITY****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.

IEC 61124 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The truncated sequential probability ratio test (SPRT) [1], [2], [3]<sup>1</sup> has been significantly developed in recent years [4], [5], [6]. In this edition, type A test plans (optimally truncated SPRT) have been significantly changed, as follows:

---

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

- the tests are significantly truncated (the maximal test time is low) without substantially increasing the expected accumulated test time to decision (ETT);
  - the true producer's and consumer's risks ( $\alpha'$ ,  $\beta'$ ) are given and are very close to the nominal values;
  - the range of the test parameters is wide (risks and discrimination ratio);
  - the test plans include various risk ratios (not restricted to equal risks only);
  - the values of the ETT are accurate and given in the relevant region (for practical use);
  - guidelines for extension of the tests set (using accurate interpolation) are included.
- b) Other ready-to-use test plans (types B, C, D) are not changed, only the form of presentation of the data on their border lines and the characteristics has been changed. This form is made unified for all types of test plans, which helps the comparison of different plans and, accordingly, to facilitate the selection of the most appropriate.
- c) FTFT design procedures, to extend the set of test plans B, are significantly changed and make the design accurate and simple. The implementation of this design is given on a spreadsheet program. A unified approach to the calculation of the operational characteristics of all types of test plans is introduced.

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Draft        | Report on voting |
| 56/1980/FDIS | 56/1985/RVD      |

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](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 document 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 [7], [8], [9]. Reliability is affected by many random factors, so its prediction is not accurate. The direct way to check if the item meets its reliability specifications is to perform a compliance test.

The tests described in this document can be applied to items that have a failure rate or failure intensity (denoted by  $\lambda$ ) which can be considered as a constant. The procedures are based on the assumption that trials of the test are statistically independent. If it is necessary to test the constant failure rate and constant failure intensity assumption, the procedures given in IEC 60605-6 should be used.

The test serves to verify the compliance with a specified  $\lambda_0$ , that is, to verify that  $\lambda \leq \lambda_0$ .

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

This document is dedicated to sampling plans for the tests.

The tests are characterized by the operating characteristic (OC) and test duration until the test stops with the accept/reject decision on the compliance.

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 [10]):

- $(\lambda_0, 1 - \alpha)$  are the coordinates of the producer's risk point (PRP);
- $(\lambda_1, \beta)$  are the coordinates of the consumer's risk point (CRP);

where  $\alpha$  and  $\beta$  are producer's and consumer's risks, and  $\lambda_1 > \lambda_0$ .

The test duration (test time) is a random value and in this document is usually characterized by its expected (ETT) and maximum (MaxTT) values.

This document contains the following types of tests:

- optimally truncated sequential probability ratio test (SPRT, type A);
- maximally truncated SPRT (type C);
- fixed time/failure terminated test (FTFT, type B);
- FTFT – calendar time terminated test without replacement;
- combined test plan (type D).

The tests can be used for testing equipment (repaired or non-repaired) as well as for components (replaced or not replaced when failing).

All the plans in this document are sequential, that is, every time an event occurs during the test, a decision is made to continue or stop the test. An event occurs in two cases: when a failure occurs, or when the acceptance boundary is crossed, which means that there is compliance with the requirements. The decision can be one of three types:

- accept the compliance and stop the test;
- reject the compliance and stop the test;
- continue the test, because there is not enough information to stop it.



The difference between the types of tests is in the shape of border lines.

The FTFT is characterized by decision rules for accepting or rejecting compliance when the MaxTT has been reached, or the acceptable number of failures has been exceeded. This test has the smallest MaxTT among all tests with specified PRP and CRP. If, for a tested item  $\lambda \leq \lambda_0$ , then ETT is close to MaxTT; otherwise, if  $\lambda > \lambda_0$ , then ETT decreases. In fact, the only advantage of the FTFT over the SPRT is the simplicity of designing new test plans. A detailed procedure for the design is provided in this document.

The optimally truncated SPRT (type A) has a MaxTT of 1,1 to 1,2 times greater than the FTFT with the same PRP and CRP. However, the ETT of the SPRT is significantly smaller than that of the corresponding FTFT, and for  $\lambda \leq \lambda_0$  it can be 1,4 to 1,8 times smaller. This is a great advantage of the SPRT. This document contains an extensive set of ready-to-use type A plans. The set also allows the design of additional tests by simple interpolation according to the procedure provided in this document.

The maximally truncated SPRT (type C) has a MaxTT, like the FTFT; however, its ETT is less than that of the FTFT, but greater than that of the type A SPRT.

In the combined test plan (type D), test items with early failures will not be rejected in the initial stages of the test.

Some of the ready-to-use tests listed in this document have a very large maximal acceptable number of failures, which is why they are likely to be rarely used. However, the data allows 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.

Accumulated test time can be reduced by accelerated testing (see IEC 62506 [11]).

An example of objects covered by this document can be electronic equipment and its components, which usually have a failure rate or failure intensity that can be considered constant.

Clause 4 presents the requirements and area of application of the tests and recommendations for their selection. Clause 5 explains the general elements of the test procedure. Clause 6 explains the characteristics of the ready-to-use SPRT and the parameters of the border lines (their values are given in Annex A). Extension of the set of SPRT tests are given in Annex C. Clause 7 is devoted to the ready-to-use FTFT. Clause 8 presents the design of FTFT plans that are not covered in the tables of this document. Mathematical references and procedures of the design of FTFT plans are given in Annex E and in Annex F. Clause 9 is devoted to the calendar FTFT for non-replaced items (examples and mathematical references of their design are given in Annex G). Clause 10 is devoted to the combined test plans (parameters of their border lines are given in Annex B). Clause 11 explains how to perform the test and presentation of results. Annex D presents the approximation of OC by Wald's formula. Annex H is devoted to the mathematical reference for the test plans of GOST R 27.402 [12].

## **RELIABILITY TESTING – COMPLIANCE TESTS FOR CONSTANT FAILURE RATE AND CONSTANT FAILURE INTENSITY**

### **1 Scope**

This document gives a number of optimized test plans, the corresponding border lines and characteristics. In addition, the algorithms for designing test plans using a spreadsheet program are also given, together with guidance on how to choose test plans.

This document specifies procedures to test whether an observed value of

- failure rate,
- failure intensity,
- mean operating time to failure (MTTF),
- mean operating time between failures (MTBF),

conforms to a given requirement.

It is assumed, except where otherwise stated, that during the accumulated test time, the times to failure or the operating times between failures are independent and identically exponentially distributed. This assumption implies that the failure rate or failure intensity is assumed to be constant.

Four types of test plans are described as follows:

- truncated sequential probability ratio test (SPRT);
- fixed time/failure terminated test (FTFT);
- fixed calendar time terminated test without replacement;
- combined test.

This document does not cover guidance on how to plan, perform, analyse and report a test. This information can be found in IEC 60300-3-5.

This document does not describe test conditions. This information can be found in IEC 60605-2 and in IEC 60300-3-5.

### **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, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – 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*

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

IEC 60605-4:2001, *Equipment reliability testing – Part 4: Statistical procedures for exponential distribution – Point estimates, confidence intervals, prediction intervals and tolerance intervals*

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

IEC 61123:2019, *Reliability testing – Compliance test plans for success ratio*

## SOMMAIRE

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                 | 95  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                  | 97  |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                      | 99  |
| 2 Références normatives .....                                                                                      | 99  |
| 3 Termes, définitions, abréviations et symboles.....                                                               | 100 |
| 3.1 Termes et définitions .....                                                                                    | 100 |
| 3.2 Abréviations et symboles .....                                                                                 | 100 |
| 3.2.1 Abréviations .....                                                                                           | 100 |
| 3.2.2 Symboles.....                                                                                                | 101 |
| 4 Exigences générales et domaine d'application.....                                                                | 102 |
| 4.1 Exigences et caractéristiques .....                                                                            | 102 |
| 4.2 Applicabilité aux entités réparées et remplacées.....                                                          | 103 |
| 4.3 Types de plans d'essai .....                                                                                   | 103 |
| 4.3.1 Généralités.....                                                                                             | 103 |
| 4.3.2 Avantages et inconvénients des différents types de plans d'essai.....                                        | 104 |
| 5 Procédure générale d'essai .....                                                                                 | 105 |
| 5.1 Conditions d'essai.....                                                                                        | 105 |
| 5.2 Caractéristiques générales des plans d'essai.....                                                              | 106 |
| 5.3 Données à consigner .....                                                                                      | 106 |
| 5.4 Calcul du temps d'essai cumulé, $T^*$ .....                                                                    | 107 |
| 5.5 Nombre de défaillances .....                                                                                   | 107 |
| 6 Plans d'essai de rapport de probabilité progressif (SPRT) tronqués.....                                          | 108 |
| 6.1 Généralités .....                                                                                              | 108 |
| 6.2 Procédure d'essai commune .....                                                                                | 108 |
| 6.3 Critères de décision .....                                                                                     | 109 |
| 6.4 Courbe d'efficacité (OC) .....                                                                                 | 110 |
| 6.5 Temps d'essai cumulé prévu pour décision (ETT) .....                                                           | 111 |
| 6.6 Vue d'ensemble des plans d'essai .....                                                                         | 112 |
| 7 Plans d'essai à temps fixé/à nombre fixé de défaillances – Plans d'essai à durée fixe (jusqu'à acceptation)..... | 114 |
| 7.1 Généralités .....                                                                                              | 114 |
| 7.2 Procédure d'essai commune .....                                                                                | 115 |
| 7.3 Critères de décision .....                                                                                     | 115 |
| 7.4 Plans d'essai .....                                                                                            | 115 |
| 8 Conception de variantes de plans d'essai tronqués/censurés (FTFT).....                                           | 116 |
| 8.1 Généralités .....                                                                                              | 116 |
| 8.2 Procédures de conception.....                                                                                  | 116 |
| 8.3 Procédure commune pour les essais FTFT .....                                                                   | 117 |
| 8.4 Critères de décision .....                                                                                     | 117 |
| 9 Plans d'essai tronqués (à durée calendaire)/censurés (FTFT) pour entités non remplacées.....                     | 118 |
| 9.1 Généralités .....                                                                                              | 118 |
| 9.2 Procédure d'essai commune .....                                                                                | 118 |
| 9.3 Critères de décision .....                                                                                     | 118 |
| 9.4 Utilisation de l'IEC 61123:2019, Tableau 5 pour les essais à durée calendaire fixe .....                       | 119 |

|                                                                                                                                           |                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.4.1                                                                                                                                     | Généralités .....                                                                                               | 119 |
| 9.4.2                                                                                                                                     | Procédure relative à un temps d'essai déterminé .....                                                           | 119 |
| 9.4.3                                                                                                                                     | Procédure relative à un nombre d'entités déterminé .....                                                        | 119 |
| 10                                                                                                                                        | Plans d'essai combinés .....                                                                                    | 120 |
| 10.1                                                                                                                                      | Généralités .....                                                                                               | 120 |
| 10.2                                                                                                                                      | Procédure d'essai commune .....                                                                                 | 120 |
| 10.3                                                                                                                                      | Critères de décision .....                                                                                      | 120 |
| 10.4                                                                                                                                      | Plans d'essai .....                                                                                             | 121 |
| 11                                                                                                                                        | Réalisation de l'essai et présentation des résultats.....                                                       | 122 |
| Annexe A (normative) Tableaux des limites des plans d'essai SPRT (essais de types A et C).....                                            |                                                                                                                 | 123 |
| A.1                                                                                                                                       | Symboles .....                                                                                                  | 123 |
| A.2                                                                                                                                       | Limites .....                                                                                                   | 123 |
| A.3                                                                                                                                       | Exemple du plan d'essai SPRT de l'Article 6 .....                                                               | 127 |
| Annexe B (normative) Tableaux et graphiques relatifs aux plans d'essai combinés (essais de type D).....                                   |                                                                                                                 | 129 |
| B.1                                                                                                                                       | Généralités .....                                                                                               | 129 |
| B.2                                                                                                                                       | Plans d'essai D.3 et C.3 ( $\alpha = \beta = 10 \%$ , $D = 1,7$ ).....                                          | 131 |
| Annexe C (informative) Extension de l'ensemble d'essais SPRT de type A .....                                                              |                                                                                                                 | 134 |
| C.1                                                                                                                                       | Symboles .....                                                                                                  | 134 |
| C.2                                                                                                                                       | Extension de l'ensemble d'essais de type A (par interpolation selon $\alpha$ et $\beta$ ) .....                 | 134 |
| Annexe D (informative) Approximation de l'efficacité pour les essais SPRT de type A selon la formule de Wald .....                        |                                                                                                                 | 137 |
| D.1                                                                                                                                       | Symboles .....                                                                                                  | 137 |
| D.2                                                                                                                                       | Approximations de l'efficacité dans le présent document.....                                                    | 137 |
| D.3                                                                                                                                       | Approximation de l'efficacité pour les essais SPRT de type A selon la formule de Wald.....                      | 138 |
| D.4                                                                                                                                       | Construction de la courbe d'approximation de l'efficacité à l'aide d'une feuille de calcul .....                | 139 |
| Annexe E (informative) Références mathématiques et exemples pour les plans d'essai à temps fixé/à nombre fixé de défaillances (FTFT)..... |                                                                                                                 | 142 |
| E.1                                                                                                                                       | Symboles .....                                                                                                  | 142 |
| E.2                                                                                                                                       | Références mathématiques.....                                                                                   | 142 |
| E.2.1                                                                                                                                     | Généralités .....                                                                                               | 142 |
| E.2.2                                                                                                                                     | Références mathématiques .....                                                                                  | 143 |
| E.2.3                                                                                                                                     | Procédure de conception {a}.....                                                                                | 146 |
| E.2.4                                                                                                                                     | Procédure de conception {b}.....                                                                                | 147 |
| E.2.5                                                                                                                                     | Procédure de conception {c}.....                                                                                | 147 |
| E.2.6                                                                                                                                     | Procédure de conception {d}.....                                                                                | 148 |
| E.3                                                                                                                                       | Exemples de conception d'essai FTFT utilisant des plans d'essai de type B .....                                 | 148 |
| E.3.1                                                                                                                                     | Exemple 1 .....                                                                                                 | 148 |
| E.3.2                                                                                                                                     | Exemple 2 .....                                                                                                 | 149 |
| E.4                                                                                                                                       | Approximation de l'efficacité de l'essai à l'aide de la formule pour les essais FTFT.....                       | 150 |
| Annexe F (informative) Exemples de conception d'essai FTFT en utilisant une feuille de calcul .....                                       |                                                                                                                 | 151 |
| F.1                                                                                                                                       | Généralités .....                                                                                               | 151 |
| F.2                                                                                                                                       | Déterminer les limites de l'essai à l'aide de l'optimisation sur l'exemple de procédure de conception {b} ..... | 154 |
| F.3                                                                                                                                       | Courbe ETT et courbe d'efficacité .....                                                                         | 156 |

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| F.4                                                                                                                                  | Exemple de conception d'essai FTFT selon la procédure {a}.....                                                                                 | 157 |
| F.5                                                                                                                                  | Exemple de conception d'essai FTFT selon la procédure {c}.....                                                                                 | 160 |
| F.6                                                                                                                                  | Exemple de conception d'essai FTFT selon la procédure {d}.....                                                                                 | 162 |
| F.7                                                                                                                                  | Exemple d'essai avec remplacement des entités défaillantes.....                                                                                | 165 |
| F.8                                                                                                                                  | Évaluation d'une approximation d'efficacité pour des plans d'essai autres<br>que des plans d'essai FTFT à l'aide d'une feuille de calcul ..... | 165 |
| Annexe G (informative) Exemples et références mathématiques relatifs aux plans<br>d'essai censurés à durée calendaire .....          |                                                                                                                                                | 171 |
| G.1                                                                                                                                  | Exemples .....                                                                                                                                 | 171 |
| G.1.1                                                                                                                                | Exemple 1 .....                                                                                                                                | 171 |
| G.1.2                                                                                                                                | Exemple 2 .....                                                                                                                                | 171 |
| G.2                                                                                                                                  | Base mathématique .....                                                                                                                        | 172 |
| Annexe H (informative) Déduction et référence mathématique pour les plans d'essai<br>optimisés de la GOST R 27.402 [12] .....        |                                                                                                                                                | 173 |
| H.1                                                                                                                                  | Symboles .....                                                                                                                                 | 173 |
| H.2                                                                                                                                  | Types de plans d'essai et terminologie.....                                                                                                    | 174 |
| H.3                                                                                                                                  | Remarques d'introduction .....                                                                                                                 | 175 |
| H.4                                                                                                                                  | Procédure utilisée pour développer des plans d'essai optimisés .....                                                                           | 176 |
| Bibliographie.....                                                                                                                   |                                                                                                                                                | 182 |
|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                |     |
| Figure 1 – Valeurs ETT relative ( $T_e^* / m_0$ ) et MaxTT ( $T_t^* / m_0$ ) de différents essais<br>avec les mêmes risques.....     |                                                                                                                                                | 105 |
| Figure 2 – Schéma d'essai SPRT et exemple d'essai.....                                                                               |                                                                                                                                                | 109 |
| Figure 3 – Courbe d'efficacité, $P_a$ .....                                                                                          |                                                                                                                                                | 110 |
| Figure 4 – Essai SPRT – Courbe du temps d'essai cumulé prévu pour décision (ETT).....                                                |                                                                                                                                                | 111 |
| Figure 5 – Exemple de graphique de décision pour un plan d'essai combiné (type D) et<br>pour un essai SPRT de type C .....           |                                                                                                                                                | 121 |
| Figure A.1 – Graphique de décision du plan d'essai SPRT.....                                                                         |                                                                                                                                                | 124 |
| Figure B.1 – Temps d'essai cumulé prévu pour acceptation, $T_e^*(+)$ pour les plans<br>d'essai de types D.3 et C.3 .....             |                                                                                                                                                | 133 |
| Figure B.2 – Efficacité $P_a$ pour les plans d'essai de types D.3 et C.3 .....                                                       |                                                                                                                                                | 133 |
| Figure D.1 – Approximation de l'efficacité pour les essais SPRT de type A en utilisant<br>la formule de Wald .....                   |                                                                                                                                                | 139 |
| Figure E.1 – Exemple 1 – Temps d'essai cumulé prévu pour décision (ETT) des plans<br>d'essai B.2 et A.25.....                        |                                                                                                                                                | 149 |
| Figure E.2 – Exemple 1 – Efficacité des plans d'essai B.2 et A.25 .....                                                              |                                                                                                                                                | 150 |
| Figure F.1 – Utilisation du Solveur pour déterminer $T_t^* / m_0$ – temps cumulé de<br>troncature d'essai en fonction de $m_0$ ..... |                                                                                                                                                | 155 |
| Figure F.2 – Courbe ETT tracée à partir de la feuille de calcul.....                                                                 |                                                                                                                                                | 156 |
| Figure F.3 – Courbe d'efficacité tracée à partir de la feuille de calcul.....                                                        |                                                                                                                                                | 157 |
| Figure F.4 – Utilisation du Solveur pour déterminer $T_t^* / m_0$ et $c$ à l'étape {a1}.....                                         |                                                                                                                                                | 158 |
| Figure F.5 – Utilisation du Solveur pour déterminer $T_t^* / m_0$ à l'étape {a2} .....                                               |                                                                                                                                                | 159 |
| Figure F.6 – Utilisation du Solveur pour déterminer $T_t^* / m_0$ à l'étape {a2} .....                                               |                                                                                                                                                | 161 |
| Figure F.7 – Utilisation du Solveur pour déterminer $D$ et $c$ à l'étape {d1}.....                                                   |                                                                                                                                                | 163 |
| Figure F.8 – Utilisation du Solveur pour déterminer $D$ et $T_t^*$ à l'étape {d2} .....                                              |                                                                                                                                                | 164 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure F.9 – Utilisation du Solveur pour déterminer $c$ et $T_t^* / m_0$ tirés de l'Article F.8 .....                             | 168 |
| Figure F.10 – Efficacité approximée par formule pour essai FTFT (exemple issu de l'Article F.8 .....                              | 170 |
| Figure H.1 – Types de plans d'essai et terminologie .....                                                                         | 174 |
| Figure H.2 – Principe des plans d'essai .....                                                                                     | 176 |
| Figure H.3 – Découpage du graphique correspondant au plan d'essai .....                                                           | 176 |
| Figure H.4 – Nœuds intérieurs et nœuds limites .....                                                                              | 177 |
| Figure H.5 – Chemins vers la ligne d'acceptation .....                                                                            | 177 |
| Figure H.6 – Chemins vers la ligne de rejet.....                                                                                  | 177 |
| Figure H.7 – Probabilités de transfert de chemins entre les nœuds.....                                                            | 178 |
| Figure H.8 – Élément récurrent – Deux cas.....                                                                                    | 181 |
| Tableau 1 – Avantages et inconvénients des différents types de plans d'essai .....                                                | 104 |
| Tableau 2 – Courbe d'efficacité .....                                                                                             | 110 |
| Tableau 3 – Valeur ETT relative en fonction de $m / m_0$ .....                                                                    | 111 |
| Tableau 4 – Vue d'ensemble des plans d'essai SPRT de type A .....                                                                 | 112 |
| Tableau 5 – Vue d'ensemble des plans d'essai SPRT de type C .....                                                                 | 114 |
| Tableau 6 – Plans d'essai FTFT de type B.....                                                                                     | 116 |
| Tableau 7 – Vue d'ensemble des plans d'essai combinés de type D .....                                                             | 122 |
| Tableau A.1 – Constantes pour les formules des limites, et coordonnées de ces limites pour les plans d'essai SPRT de type A ..... | 125 |
| Tableau A.2 – Constantes pour les formules des limites, et coordonnées de ces limites pour les plans d'essai SPRT de type C ..... | 126 |
| Tableau A.3 – Exemple pour un essai SPRT utilisant le plan d'essai A.41 (avec données d'exemple).....                             | 128 |
| Tableau B.1 – Plans d'essai combinés de l'Annex B .....                                                                           | 129 |
| Tableau B.2 – Plans d'essai de type D – Lignes d'acceptation et de rejet .....                                                    | 130 |
| Tableau B.3 – Temps d'essai cumulé prévu pour acceptation, $T_e^*(+)$ , pour les plans d'essai de types D et C .....              | 131 |
| Tableau B.4 – Lignes d'acceptation et de rejet pour les plans d'essai D.3 et C.3 .....                                            | 132 |
| Tableau C.1 – Exemple d'interpolation selon $\alpha$ et $\beta$ .....                                                             | 136 |
| Tableau D.1 – Configuration de la feuille de calcul pour la réalisation de la courbe d'efficacité selon la formule de Wald.....   | 140 |
| Tableau D.2 – Formules intégrées dans la feuille de calcul .....                                                                  | 141 |
| Tableau E.1 – Liste des procédures types de conception d'un essai FTFT .....                                                      | 145 |
| Tableau F.1 – Configuration de la feuille de calcul avec formules intégrées .....                                                 | 152 |
| Tableau F.2 – Formules intégrées dans la feuille de calcul .....                                                                  | 153 |
| Tableau F.3 – Fragment provenant du Tableau 6 .....                                                                               | 154 |
| Tableau F.4 – Configuration 1 de la feuille de calcul pour l'exemple de la procédure {a}.....                                     | 158 |
| Tableau F.5 – Configuration 2 de la feuille de calcul pour l'exemple de la procédure {a}.....                                     | 159 |
| Tableau F.6 – Configuration 3 (solution finale) pour l'exemple de la procédure {a}.....                                           | 160 |
| Tableau F.7 – Configuration 2 pour l'exemple de la procédure {c}.....                                                             | 161 |
| Tableau F.8 – Configuration 3 (solution finale) pour l'exemple de la procédure {c}.....                                           | 162 |
| Tableau F.9 – Configuration 1 de la feuille de calcul pour l'exemple de la procédure {d}.....                                     | 163 |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau F.10 – Configuration 2 de la feuille de calcul pour l'exemple de la<br>procédure {d} .....     | 164 |
| Tableau F.11 – Configuration 3 (solution finale) pour l'exemple de la procédure {d}.....               | 165 |
| Tableau F.12 – Configuration de la feuille de calcul avec formules intégrées de<br>l'Article F.8 ..... | 167 |
| Tableau F.13 – Configuration 1 de la feuille de calcul tirée de l'Article F.8.....                     | 168 |
| Tableau F.14 – Configuration 2 de la feuille de calcul pour l'exemple de l'Article F.8 .....           | 169 |



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS DE FIABILITÉ – PLANS D'ESSAI DE CONFORMITÉ  
POUR UN TAUX DE DÉFAILLANCE CONSTANT ET  
UNE INTENSITÉ DE DÉFAILLANCE CONSTANTE**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 propriété et averti de leur existence.

L'IEC 61124 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2012. 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) tronqué [1], [2], [3] <sup>1</sup> a été sensiblement amélioré au cours des dernières années [4], [5], [6]. Dans la présente édition, les plans

---

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

d'essai de type A (essai SPRT à troncature optimale) ont subi des modifications majeures, comme suit:

- les essais sont considérablement tronqués (le temps d'essai maximal est court) sans augmenter de manière substantielle le temps d'essai cumulé prévu pour décision (ETT);
  - les risques vrais du fournisseur et du client ( $\alpha'$ ,  $\beta'$ ) sont connus et très proches des valeurs nominales;
  - la plage des paramètres d'essai est étendue (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'ETT sont précises et données dans la région pertinente (à des fins d'utilisation pratique);
  - des lignes directrices sont fournies en vue d'étendre la série d'essais (en appliquant une interpolation précise);
- b) les autres plans d'essai prêts à l'emploi (types B, C et D) ne sont pas modifiés; seule la forme de présentation des données par rapport à leurs limites et leurs caractéristiques a été modifiée. Cette forme a été unifiée pour tous les types de plans d'essai, ce qui simplifie la comparaison des différents plans et, par conséquent, facilite le choix du plan le plus approprié;
- c) les procédures de conception d'essai FTFT, visant à étendre l'ensemble de plans d'essai de type B, ont été sensiblement modifiées et apportent à la conception exactitude et simplicité. La mise en œuvre de cette conception est décrite dans une feuille de calcul. Une approche unifiée est présentée pour le calcul des caractéristiques opérationnelles de tous les types de plans d'essai.

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

| Projet       | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 56/1980/FDIS | 56/1985/RVD     |

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

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 [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À 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 ce document 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.**

## INTRODUCTION

Un essai de conformité constitue une partie essentielle du système d'assurance de fiabilité [7], [8], [9]. Comme la fiabilité est affectée par de nombreux facteurs aléatoires, l'exactitude de sa prédiction se révèle limitée. Le moyen direct de vérifier qu'une entité respecte ses spécifications de fiabilité consiste à réaliser un essai de conformité.

Les essais décrits dans le présent document peuvent s'appliquer à des entités qui présentent un taux de défaillance ou une intensité de défaillance (désigné par  $\lambda$ ) qui peut être considéré comme constant. Les procédures reposent sur l'hypothèse selon laquelle les épreuves de l'essai sont statistiquement indépendantes. S'il est nécessaire de vérifier l'hypothèse du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante, il convient d'utiliser les procédures de l'IEC 60605-6.

L'essai sert à vérifier la conformité à une valeur  $\lambda_0$  spécifiée, c'est-à-dire à vérifier que  $\lambda \leq \lambda_0$ .

La probabilité de prendre la bonne décision au cours de l'essai dépend de la durée de l'essai et de la taille d'échantillon (nombre de défaillances). Les essais exigent généralement 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. C'est la raison pour laquelle il convient de planifier soigneusement les plans d'échantillonnage des essais afin de réduire la quantité de ressources mobilisées.

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

Les essais sont caractérisés par la notion d'efficacité (OC) et par la durée de l'essai jusqu'à son arrêt, avec la décision d'acceptation/de rejet relative à la conformité.

L'efficacité désigne la probabilité d'accepter qu'une entité satisfasse aux exigences. Dans le présent document, l'efficacité est représentée par les coordonnées de ses deux points (voir ISO 3534-2 [10]):

- $(\lambda_0, 1 - \alpha)$  sont les coordonnées du point de risque du fournisseur (PRP);
- $(\lambda_1, \beta)$  sont les coordonnées du point de risque du client (CRP);

où  $\alpha$  et  $\beta$  sont les risques du producteur et du consommateur, et  $\lambda_1 > \lambda_0$ .

La durée de l'essai (temps d'essai) est une valeur aléatoire et est généralement caractérisée dans le présent document par sa valeur prévue (ETT) et sa valeur maximale (MaxTT).

Le présent document décrit les types d'essais suivants:

- essai de rapport de probabilité progressif à troncature optimale (essai SPRT, type A);
- essai SPRT à troncature maximale (type C);
- essai à temps fixé/à nombre fixé de défaillances (essai FTFT, type B);
- essai FTFT tronqué à durée calendaire sans remplacement;
- plan d'essai combiné (type D).

Les essais peuvent être utilisés pour contrôler des équipements (réparés ou non réparés) ainsi que des composants (remplacés ou non remplacés en cas de défaillance).

Tous les plans du présent document sont progressifs, c'est-à-dire qu'à chaque fois qu'un événement se produit pendant l'essai, une décision est prise quant à la poursuite ou l'arrêt de l'essai. Un événement se produit dans deux cas: lorsqu'une défaillance survient, ou lorsque la limite d'acceptation est franchie, ce qui signifie qu'il y a conformité aux exigences. La décision peut être l'une des trois suivantes:

- accepter la conformité et arrêter l'essai;
- rejeter la conformité et arrêter l'essai;
- continuer l'essai parce qu'il n'y a pas assez d'informations pour l'arrêter.

La différence entre les types d'essais se situe dans la forme des limites.

L'essai FTFT est caractérisé par des règles de décision relatives à l'acceptation ou au rejet de la conformité, lorsque MaxTT est atteint ou lorsque le nombre acceptable de défaillances est dépassé. Cet essai présente la valeur MaxTT la plus faible parmi tous les essais avec un PRP et un CRP spécifiés. Si, pour une entité soumise à essai,  $\lambda \leq \lambda_0$ , alors ETT est proche de MaxTT; dans le cas contraire, si  $\lambda > \lambda_0$ , alors ETT diminue. En fait, le seul avantage de l'essai FTFT par rapport à l'essai SPRT réside dans la simplicité de conception de nouveaux plans d'essai. Une procédure de conception détaillée est spécifiée dans le présent document.

Un essai SPRT à troncature optimale (type A) a une valeur MaxTT de 1,1 à 1,2 fois supérieure à celle de l'essai FTFT, avec les mêmes PRP et CRP. Cependant, la valeur ETT de l'essai SPRT est nettement plus faible que celle de l'essai FTFT correspondant et pour  $\lambda \leq \lambda_0$ , elle peut être de 1,4 à 1,8 fois plus petite. Il s'agit d'un avantage majeur de l'essai SPRT. Le présent document contient un ensemble complet de plans d'essai de type A prêts à l'emploi. L'ensemble permet également la conception d'essais supplémentaires par interpolation simple, conformément à la procédure exposée dans le présent document.

Un essai SPRT à troncature maximale (type C) a une valeur MaxTT similaire à celle d'un essai FTFT; en revanche, sa valeur ETT est inférieure à celle d'un essai FTFT, mais supérieure à celle d'un essai SPRT de type A.

Dans le plan d'essai combiné (type D), les entités soumises à essai présentant des défaillances précoces ne sont pas rejetées lors des phases initiales de l'essai.

Certains des essais prêts à l'emploi énumérés dans le présent document présentent un nombre de défaillances maximal acceptable très élevé, ce qui explique qu'ils ne soient potentiellement que rarement utilisés. Cependant, les données permettent à l'utilisateur du présent document d'évaluer l'avantage économique des exigences d'essai d'efficacité, et plus généralement, d'évaluer la pertinence de la conduite de l'essai.

Le temps d'essai cumulé peut être réduit par des essais accélérés (voir IEC 62506 [11]).

Un équipement électronique et ses composants peuvent être un exemple d'objets couverts par le présent document; ils présentent généralement un taux de défaillance ou une intensité de défaillance qui peut être considéré comme constant.

L'Article 4 présente les exigences et le domaine d'application des essais, ainsi que des recommandations pour leur sélection. L'Article 5 explique les éléments généraux de la procédure d'essai. L'Article 6 spécifie les caractéristiques de l'essai SPRT prêt à l'emploi et les paramètres des limites (dont les valeurs sont données à l'Annex A). L'extension de l'ensemble d'essais SPRT est décrite à l'Annex C. L'Article 7 est dédié à l'essai FTFT prêt à l'emploi. L'Article 8 présente la conception des plans d'essai FTFT qui ne sont pas couverts dans les tableaux du présent document. Les références mathématiques et les procédures pour la conception des plans d'essai FTFT sont données dans l'Annex E et l'Annex F. L'Article 9 est consacré aux essais FTFT à durée calendaire pour des entités non remplacées (des exemples et des références mathématiques de leur conception sont donnés à l'Annex G). L'Article 10 est dédié aux plans d'essai combinés (les paramètres de leurs limites sont donnés à l'Annex B). L'Article 11 décrit comment réaliser l'essai et la présentation des résultats. L'Annex D présente l'approximation de l'efficacité selon la formule de Wald. L'Annex H est dédiée aux références mathématiques des plans d'essai de la GOST R 27.402 [12].

# **ESSAIS DE FIABILITÉ – PLANS D'ESSAI DE CONFORMITÉ POUR UN TAUX DE DÉFAILLANCE CONSTANT ET UNE INTENSITÉ DE DÉFAILLANCE CONSTANTE**

## **1 Domaine d'application**

Le présent document spécifie un certain nombre de plans d'essai optimisés, ainsi que les limites et caractéristiques correspondantes. De plus, les algorithmes pour concevoir des plans d'essai à l'aide d'une feuille de calcul sont également fournis, avec des recommandations relatives au choix de ces plans.

Le présent document spécifie les procédures utilisées pour vérifier qu'une valeur observée:

- d'un taux de défaillance;
- d'une intensité de défaillance;
- d'un temps moyen de fonctionnement avant défaillance (MTTF);
- d'un temps moyen de fonctionnement entre défaillances (MTBF).

est conforme à une exigence donnée.

Il est présumé, sauf spécification contraire, que pendant le temps d'essai cumulé, les temps de fonctionnement avant défaillance ou les temps de fonctionnement entre défaillances sont indépendants et suivent une distribution identique et exponentielle. Cette hypothèse implique que le taux de défaillance ou l'intensité de défaillance est présumé constant.

Les quatre types de plans d'essai suivants sont décrits:

- essai de rapport de probabilité progressif (SPRT) tronqué;
- essai à temps fixé/à nombre fixé de défaillances (FTFT);
- essai tronqué à durée calendaire fixe sans remplacement;
- essai combiné.

Le présent document ne couvre pas les recommandations sur les modalités de planification, de réalisation, d'analyse et de production de rapport sur un essai. Ces informations peuvent être consultées dans l'IEC 60300-3-5.

Le présent document ne couvre pas les conditions d'essai. Ces informations peuvent être trouvées dans l'IEC 60605-2 et l'IEC 60300-3-5.

## **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, *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*

IEC 60605-2, *Essais de fiabilité des équipements – Partie 2: Conception des cycles d'essai*

IEC 60605-4:2001, *Essai de fiabilité des équipements – Partie 4: Méthodes statistiques de distribution exponentielle – Estimateurs ponctuels, intervalles de confiance, intervalles de prédiction et intervalles de tolérance*

IEC 60605-6, *Essais de fiabilité des équipements – Partie 6: Tests pour la validité et l'estimation du taux de défaillance constant et de l'intensité de défaillance constante*

IEC 61123:2019, *Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité pour une proportion de succès*