

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Essais de fiabilité – Plan d’essais de conformité d’un taux de défaillance constant et d’une intensité de défaillance constante

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XF

ICS 03.120.30; 19.020; 21.020

ISBN 978-2-88912-061-1

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.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions, abbreviations and symbols.....	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations and symbols	11
3.2.1 Abbreviations	11
3.2.2 Symbols	11
4 General requirements and area of application	13
4.1 Requirements	13
4.2 Applicability to replaced and repaired items.....	13
4.3 Types of test plans	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Advantages and disadvantages of the different test plan types	14
5 General test procedure	14
5.1 Test conditions	14
5.2 General characteristics of the test plans	15
5.3 Data to be recorded.....	15
5.4 Calculation of accumulated test time, T^*	15
5.5 Number of failures	16
6 Sequential test plans	17
6.1 General	17
6.2 Common test procedure	17
6.3 Decision criteria	17
6.4 Overview of test plans	17
7 Fixed time/failure terminated test plans – Fixed duration test plans	18
7.1 General	18
7.2 Common test procedure	18
7.3 Decision criteria	19
7.4 Test plans	19
8 Design of alternative time/failure terminated test plans	20
8.1 General	20
8.2 Design procedures	20
8.3 Common test procedure	20
8.4 Decision criteria	21
9 Calendar time/failure terminated test plans for non-replaced items	21
9.1 General	21
9.2 Common test procedure	21
9.3 Decision criteria	21
9.4 Use of Table 2 of IEC 61123:1991 for fixed calendar time tests	22
9.4.1 General	22
9.4.2 Procedure when the test time is given	22
9.4.3 Procedure when the number of items is given.....	22
10 Combined test plans	23

10.1 General	23
10.2 Common test procedure	23
10.3 Decision criteria	23
10.4 Test plans	24
11 Performing the test	24
12 Presentation of results	24
Annex A (normative) Tables and graphs for sequential test plans	25
Annex B (normative) Graphs for fixed time/failure terminated test plans	44
Annex C (normative) Graphs for alternative time/failure terminated test plans	53
Annex D (normative) Tables and graphs for combined test plans and additional sequential test plans	60
Annex E (informative) Examples and mathematical references for sequential test plans	78
Annex F (informative) Design of sequential test plans using a common spreadsheet program	86
Annex G (informative) Examples and mathematical references for fixed time/failure terminated test plans – Fixed duration test plans	97
Annex H (informative) Design of fixed duration time/failure terminated test plans using a spreadsheet program	99
Annex I (informative) Examples and mathematical references for the design of alternative time/failure terminated test plans	105
Annex J (informative) Examples and mathematical references for the calendar time terminated test plans	112
Annex K (informative) Derivation and mathematical reference for the optimized test plans of GOST R 27 402	114
Bibliography	122
Figure A.1 – Accept and reject lines for test plan A.1	25
Figure A.2 – Test plan A.1 – Operating characteristic curve	26
Figure A.3 – Test plan A.1 – Expected accumulated test time to decision	27
Figure A.4 – Accept and reject lines for test plan A.2	27
Figure A.5 – Test plan A.2 – Operating characteristic curve	28
Figure A.6 – Test plan A.2 – Expected accumulated test time to decision	29
Figure A.7 – Accept and reject lines for test plan A.3	29
Figure A.8 – Test plan A.3 – Operating characteristic curve	30
Figure A.9 – Test plan A.3 – Expected accumulated test time to decision	31
Figure A.10 – Accept and reject lines for test plan A.4	31
Figure A.11 – Test plan A.4 – Operating characteristic curve	32
Figure A.12 – Test plan A.4 – Expected accumulated test time to decision	33
Figure A.13 – Accept and reject lines for test plan A.5	33
Figure A.14 – Test plan A.5 – Operating characteristic curve	34
Figure A.15 – Test plan A.5 – Expected accumulated test time to decision	35
Figure A.16 – Accept and reject lines for test plan A.6	35
Figure A.17 – Test plan A.6 – Operating characteristic curve	36
Figure A.18 – Test plan A.6 – Expected accumulated test time to decision	37
Figure A.19 – Accept and reject lines for test plan A.7	37

Figure A.20 – Test plan A.7 – Operating characteristic curve	38
Figure A.21 – Test plan A.7 – Expected accumulated test time to decision	39
Figure A.22 – Accept and reject lines for test plan A.8	40
Figure A.23 – Test plan A.8 – Operating characteristic curve	41
Figure A.24 – Test plan A.8 – Expected accumulated test time to decision	41
Figure A.25 – Accept and reject lines for test plan A.9	42
Figure A.26 – Test plan A.9 – Operating characteristic curve	43
Figure A.27 – Test plan A.9 – Expected accumulated test time to decision	43
Figure B.1 – Operating characteristic curves for test plans B.1, B.2, B.3 and B.4	44
Figure B.2 – Test plan B.1 – Expected test time to decision	45
Figure B.3 – Test plan B.2 – Expected test time to decision	45
Figure B.4 – Test plan B.3 – Expected test time to decision	46
Figure B.5 – Test plan B.4 – Expected test time to decision	46
Figure B.6 – Operating characteristic curves for test plans B.5, B.6, B.7 and B.8	47
Figure B.7 – Test plan B.5 – Expected test time to decision	47
Figure B.8 – Test plan B.6 – Expected test time to decision	48
Figure B.9 – Test plan B.7 – Expected test time to decision	48
Figure B.10 – Test plan B.8 – Expected test time to decision	49
Figure B.11 – Operating characteristic curves for test plans B.9, B.10 and B.11	49
Figure B.12 – Test plan B.9 – Expected test time to decision	50
Figure B.13 – Test plan B.10 – Expected test time to decision	50
Figure B.14 – Test plan B.11 – Expected test time to decision	51
Figure B.15 – Operating characteristic curves for test plans B.12 and B.13	51
Figure B.16 – Test plan B.12 – Expected test time to decision	52
Figure B.17 – Test plan B.13 – Expected test time to decision	52
Figure C.1 – Discrimination ratio, D , and the acceptable number of failures, $c = 0$ to 8 , as a function of the expected number of failures, μ_0 , for recommended values, 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 %, and 30 % of $\alpha = \beta$	56
Figure C.2 – Operation characteristic curves for $c = 0$ to 8 ; probability of acceptance P_a as a function of the (unknown) true expected number of failures, μ_0	57
Figure C.3 – Discrimination ratio, D , as a function of the expected number of failures, μ_0 , for recommended values, 2,5 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % and 30 % of $\alpha = \beta$	58
Figure C.4 – Acceptable number of failures, c , minus expected number of failures, μ_0 ($\Delta\mu_0 = c - \mu_0$) as a function of the expected number of failures μ_0 for recommended values 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 %, and 30 % of $\alpha = \beta$	59
Figure D.1 – Accept and reject lines	61
Figure D.2 – Expected test time to decision T_e^*	62
Figure D.3 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	62
Figure D.4 – Operating characteristic P_a	62
Figure D.5 – Accept and reject lines	63
Figure D.6 – Expected test time to decision T_e^*	64
Figure D.7 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	64
Figure D.8 – Operating characteristic P_a	64

Figure D.9 – Accept and reject lines	65
Figure D.10 – Expected test time to decision T_e^*	66
Figure D.11 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	66
Figure D.12 – Operating characteristic P_a	67
Figure D.13 – Accept and reject lines	68
Figure D.14 – Expected test time to decision T_e^*	69
Figure D.15 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	69
Figure D.16 – Operating characteristic P_a	69
Figure D.17 – Accept and reject lines	70
Figure D.18 – Expected test time to decision T_e^*	71
Figure D.19 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	71
Figure D.20 – Operating characteristic P_a	71
Figure D.21 – Accept and reject lines	72
Figure D.22 – Expected test time to decision T_e^*	73
Figure D.23 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	73
Figure D.24 – Operating characteristic P_a	73
Figure D.25 – Accept and reject lines	74
Figure D.26 – Expected test time to decision T_e^*	74
Figure D.27 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	74
Figure D.28 – Operating characteristic P_a	75
Figure D.29 – Accept and reject lines	75
Figure D.30 – Expected test time to decision T_e^*	76
Figure D.31 – Expected test time to decision of acceptance $T_e^*(+)$	76
Figure D.32 – Operating characteristic P_a	76
Figure E.1 – Example of a sequential test using test plan A.3 – $\alpha = \beta = 10\%$, $D = 3$, $m_0 = 1,11 \times 10^6$ h; r versus $\frac{T^*}{m_0}$	80
Figure F.1 – SPRT spreadsheet graphing example	92
Figure F.2 – OC curve for probability of acceptance, P_a	95
Figure F.3 – Expected test time for making a decision	95
Figure H.1 – OC curve plotted from the spreadsheet calculations	104
Figure K.1 – Test plan types and terminology	115
Figure K.2 – Principle of test plans	117
Figure K.3 – Partitioning of the test plan graph	117
Figure K.4 – Interior nodes and border nodes	118
Figure K.5 – Paths to the accept line	118
Figure K.6 – Paths to the reject line	118
Figure K.7 – Probabilities of paths transfer between nodes	119

Figure K.8 – The recurrent element – Two cases	121
Table 1 – Advantages and disadvantages for the different test plan types.....	14
Table 2 – Overview of the sequential test plans given in Annex A and D.....	18
Table 3 – Fixed time/failure terminated test plans	19
Table 4 – Combined test plans in Annex D.....	24
Table A.1 – Accept and reject lines for test plan A.1	26
Table A.2 – Accept and reject lines for test plan A.2	28
Table A.3 – Accept and reject lines for test plan A.3	30
Table A.4 – Accept and reject lines for test plan A.4	32
Table A.5 – Accept and reject lines for test plan A.5	34
Table A.6 – Accept and reject lines for test plan A.6	36
Table A.7 – Accept and reject lines for test plan A.7	38
Table A.8 – Accept and reject lines for test plan A.8	40
Table A.9 – Accept and reject lines for test plan A.9	42
Table D.1 – Sequential test plans in this annex.....	60
Table D.2 – Combined test plans in this annex	60
Table D.3 – Accept and reject lines.....	61
Table D.4 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	62
Table D.5 – Accept and reject lines.....	63
Table D.6 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	65
Table D.7 – Accept and reject lines.....	66
Table D.8 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	67
Table D.9 – Accept and reject lines.....	68
Table D.10 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	69
Table D.11 – Accept and reject lines.....	70
Table D.12 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	71
Table D.13 – Accept and reject lines.....	72
Table D.14 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	73
Table D.15 – Accept and reject lines.....	74
Table D.16 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	75
Table D.17 – Accept and reject lines.....	76
Table D.18 – Expected test time to decision and operating characteristic P_a	77
Table E.1 – Example for a sequential test using test plan A.3 (with example data).....	80
Table E.2 – Constants for border line formulae and their coordinates for sequential test plans A.1 to A.9	85
Table F.1 – Beginning of the spreadsheet prepared to obtain a sequential test graph	87
Table F.2 – Continuation of parameters calculation for the lines necessary for the SPRT graph.....	88
Table F.3 – Calculations of accept and reject line for the SPRT graph	88
Table F.4 – Determination of the test termination time	89
Table F.5 – Formulae for accept and reject line along with the test termination.....	91
Table F.6 – Spreadsheet set-up for construction of the OC curves for the SPRT.....	94

Table H.1 – Set-up of the spreadsheet with embedded formulae – Example	100
Table H.2 – Formulae embedded into the spreadsheet shown in Table H.1.....	101
Table H.3 – OC curve for the time/failure terminated fixed duration test.....	103
Table I.1 – Cumulative normal distribution for fixed u_γ values.....	111
Table I.2 – Inverse cumulative normal distribution for fixed $1-\gamma$ values.....	111

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.

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

This third edition of IEC 61124 cancels and replaces the second edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are as follows:

- A number of new test plans have been added based on the Russian standard GOST R 27.402 [1]¹, and it is intended to align the new edition of MIL-HDBK-781 [2] with this edition. Algorithms for optimizing test plans using a spreadsheet program are given and a number of optimized test plans are listed. Furthermore, emphasis is laid on the fact that the test should be repeated following design changes.

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

- Discrepancies in test plans A, B as well as Annexes A and B that originated in IEC 60605-7 [3], now withdrawn, have been corrected so these test plans differ from those given in previous editions of IEC 61124. As requested by the National Committees, mathematical background material and spreadsheet program information has been moved to informative annexes. In addition, the symbol lists have been divided, so that some annexes have separate lists of symbols.
- Guidance on how to choose test plans has been added as well as guidance on how to use spreadsheet programs to create them. Test plans A.1 to A.9 and B.1 to B.13 have been corrected.
- Subclauses 8.1, 8.2, 8.3, Clause 9, Annex C, Clauses G.2, I.2, I.3 and Annex J are unchanged, except for updated terminology and references.
- Corrections to the second edition proposed by National Committees have been implemented.

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

FDIS	Report on voting
56/1461/FDIS	56/1468/RVD

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

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

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

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

1 Scope

This International Standard gives a number of optimized test plans, the corresponding operating characteristic curves and expected test times. 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 standard specifies procedures to test whether an observed value of

- failure rate,
- failure intensity,
- mean 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 constant.

Four types of test plans are described as follows:

- truncated sequential tests;
- time/failure terminated tests;
- fixed calendar time terminated tests without replacement;
- combined test plans.

This standard 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 standard 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, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	130
1 Domaine d'application	132
2 Références normatives	132
3 Termes, définitions, abréviations et symboles	133
3.1 Termes et définitions	133
3.2 Abréviations et symboles	133
3.2.1 Abréviations	133
3.2.2 Symboles	133
4 Exigences générales et domaine d'applicabilité	135
4.1 Exigences	135
4.2 Applicabilité aux entités réparées et remplacées	135
4.3 Types de plans d'essais	136
4.3.1 Généralités	136
4.3.2 Avantages et inconvénients des différents types de plans d'essais	136
5 Méthode générale d'essai	137
5.1 Conditions d'essai	137
5.2 Caractéristiques générales des plans d'essais	138
5.3 Données à enregistrer	138
5.4 Calcul du temps d'essai accumulé, T^*	139
5.5 Nombre de défaillances	139
6 Plans d'essais progressifs	140
6.1 Généralités	140
6.2 Méthode d'essai commune	140
6.3 Critères de décision	140
6.4 Vue d'ensemble des plans d'essais	141
7 Plans d'essais terminé par le temps ou les défaillances – Plans d'essais à durée fixe	141
7.1 Généralités	141
7.2 Méthode d'essai commune	142
7.3 Critères de décision	142
7.4 Plans d'essais	142
8 Etude de plans d'essais tronqués/censurés alternatifs	143
8.1 Généralités	143
8.2 Procédures de conception	144
8.3 Méthode d'essai commune	144
8.4 Critères de décision	144
9 Plans d'essais à durée calendaire censurés pour entités non réparées	145
9.1 Généralités	145
9.2 Méthode d'essai commune	145
9.3 Critères de décision	145
9.4 Utilisation du Tableau 2 de la CEI 61123:1991 pour les essais à durée calendaire	146
9.4.1 Généralités	146
9.4.2 Méthode relative à un temps d'essai déterminé	146

9.4.3 Méthode relative à un nombre d'entités déterminé	146
10 Plans d'essais combinés	147
10.1 Généralités.....	147
10.2 Méthode d'essai commune	147
10.3 Critères de décision	147
10.4 Plans d'essais	148
11 Réalisation de l'essai.....	148
12 Présentation des résultats	148
Annexe A (normative) Tableaux et graphiques relatifs aux plans d'essais progressifs	149
Annexe B (normative) Graphiques relatifs aux plans d'essais terminés par le temps ou les défaillances	168
Annexe C (normative) Graphiques relatifs aux plans d'essais censurés alternatifs	177
Annexe D (normative) Tableaux et graphiques pour plan d'essais combinés et plans d'essais progressifs supplémentaires	184
Annexe E (informative) Exemple et référence mathématique pour les plans d'essais progressifs.....	203
Annexe F (informative) Conception des plans d'essais progressifs en utilisant un tableur électronique courant	211
Annexe G (informative) Exemples et références mathématiques relatifs aux plans d'essais fixé par le temps ou les défauts – Plans d'essai de durée fixe	222
Annexe H (informative) Conception des plans d'essais censurés à durée fixe en utilisant un tableur électronique	224
Annexe I (informative) Exemples et référence mathématique relatifs à l'étude de plans d'essais censurés alternatifs	230
Annexe J (informative) Exemples et références mathématiques relatifs aux plans d'essais à durée calendaire censurés	238
Annexe K (informative) Déduction et référence mathématique pour les plans d'essais optimisés de GOST R 27 402.....	240
Bibliographie.....	248
Figure A.1 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.1	149
Figure A.2 – Plan d'essais A.1 – Courbe caractéristique d'exploitation	150
Figure A.3 – Plan d'essais A.1 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	151
Figure A.4 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.2	151
Figure A.5 – Plan d'essais A.2 – Courbe caractéristique d'exploitation	152
Figure A.6 – Plan d'essais A.2 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	153
Figure A.7 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.3	153
Figure A.8 – Plan d'essais A.3 – Courbe caractéristique d'exploitation	154
Figure A.9 – Plan d'essais A.3 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	155
Figure A.10 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.4	156
Figure A.11 – Plan d'essais A.4 – Courbe caractéristique d'exploitation.....	157
Figure A.12 – Plan d'essais A.4 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	157
Figure A.13 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.5	158

Figure A.14 – Plan d'essais A.5 – Courbe caractéristique d'exploitation.....	159
Figure A.15 – Plan d'essais A.5 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	159
Figure A.16 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.6	160
Figure A.17 – Plan d'essais A.6 – Courbe caractéristique d'exploitation.....	161
Figure A.18 – Plan d'essais A.6 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	161
Figure A.19 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.7	162
Figure A.20 – Plan d'essais A.7 – Courbe d'efficacité	163
Figure A.21 – Plan d'essais A.7 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	163
Figure A.22 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.8	164
Figure A.23 – Plan d'essais A.8 – Courbe caractéristique d'exploitation.....	165
Figure A.24 – Plan d'essais A.8 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	165
Figure A.25 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.9	166
Figure A.26 – Plan d'essais A.9 – Courbe caractéristique d'exploitation.....	167
Figure A.27 – Plan d'essais A.9 – Valeur moyenne du temps d'essai cumulé au moment de la décision	167
Figure B.1 – Courbe caractéristique d'exploitation pour les plans d'essais B.1, B.2, B.3 et B.4.....	168
Figure B.2 – Plan d'essais B.1 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	169
Figure B.3 – Plan d'essais B.2 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	169
Figure B.4 – Plan d'essais B.3 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	170
Figure B.5 – Plan d'essais B.4 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	170
Figure B.6 – Courbe caractéristique d'exploitation pour les plans d'essais B.5, B.6, B.7 et B.8.....	171
Figure B.7 – Plan d'essais B.5 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	171
Figure B.8 – Plan d'essais B.6 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	172
Figure B.9 – Plan d'essais B.7 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	172
Figure B.10 – Plan d'essais B.8 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	173
Figure B.11 – Courbe caractéristique d'exploitation pour les plans d'essais B.9, B.10 et B.11.....	173
Figure B.12 – Plan d'essais B.9 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	174
Figure B.13 – Plan d'essais B.10 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	174
Figure B.14 – Plan d'essais B.11 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	175
Figure B.15 – Courbe caractéristique d'exploitation pour les plans d'essais B.12 et B.13.....	175
Figure B.16 – Plan d'essais B.12 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	176
Figure B.17 – Plan d'essais B.13 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision	176
Figure C.1 – Rapport de discrimination, D , et nombre acceptable de défaillances $c = 0$ à 8, en fonction de l'espérance mathématique du nombre de défaillances, μ_0 , pour les valeurs recommandées de 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 % et 30 % de $\alpha = \beta$	180
Figure C.2 – Courbe caractéristique d'exploitation pour $c = 0$ à 8; probabilité d'acceptation, P_a en fonction de l'espérance mathématique du nombre (inconnu) vrai de défaillances, μ_0	181

Figure C.3 – Rapport de discrimination, D , en fonction de l'espérance mathématique du nombre de défaillances, μ_0 , pour les valeurs recommandées de 2,5 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 30 % de $\alpha = \beta$	182
Figure C.4 – Nombre acceptable de défaillance, c , moins l'espérance mathématique du nombre de défaillances, μ_0 ($\Delta\mu_0 = c - \mu_0$) comme une fonction de l'espérance mathématique du nombre de défaillances μ_0 pour les valeurs recommandées 2,5 %, 5 %, 10 %, 20 %, et 30 % de $\alpha = \beta$	183
Figure D.1 – Lignes d'acceptation et de rejet	185
Figure D.2 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	186
Figure D.3 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	186
Figure D.4 – Caractéristique d'exploitation P_a	186
Figure D.5 – Lignes d'acceptation et de rejet	187
Figure D.6 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	189
Figure D.7 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	189
Figure D.8 – Caractéristique d'exploitation P_a	189
Figure D.9 – Lignes d'acceptation et de rejet	190
Figure D.10 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	191
Figure D.11 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	191
Figure D.12 – Caractéristique d'exploitation P_a	192
Figure D.13 – Lignes d'acceptation et de rejet	193
Figure D.14 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	194
Figure D.15 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	194
Figure D.16 – Caractéristique d'exploitation P_a	194
Figure D.17 – Lignes d'acceptation et de rejet	195
Figure D.18 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	196
Figure D.19 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	196
Figure D.20 – Caractéristique d'exploitation P_a	196
Figure D.21 – Lignes d'acceptation et de rejet	197
Figure D.22 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	198
Figure D.23 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	198
Figure D.24 – Caractéristique d'exploitation P_a	198
Figure D.25 – Lignes d'acceptation et de rejet	199
Figure D.26 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	199
Figure D.27 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	199
Figure D.28 – Caractéristique d'exploitation P_a	200
Figure D.29 – Lignes d'acceptation et de rejet	200
Figure D.30 – Durée d'essai cumulée au moment de la décision T_e^*	201
Figure D.31 – Durée d'essai cumulée au moment de l'acceptation $T_e^*(+)$	201

Figure D.32 – Caractéristique d'exploitation P_a	201
Figure E.1 – Exemple d'essai progressif utilisant le plan d'essais A.3 – $\alpha = \beta = 10 \%$, $D = 3$, $m_0 = 1,11 \times 10^6$ h; r en fonction de $\frac{T^*}{m_0}$	206
Figure F.1 – Exemple de graphique de tableur SPRT.....	217
Figure F.2 – Caractéristique d'exploitation pour probabilité d'acceptation, P_a	220
Figure F.3 – Valeur moyenne du temps d'essai pour prendre une décision.....	220
Figure H.1 – Caractéristique d'exploitation tracée à partir des calculs du tableur.....	229
Figure K.1 – Types de plan d'essais et terminologie.....	241
Figure K.2 – Principe des plans d'essais.....	243
Figure K.3 – Découpage du graphique correspondant au plan d'essais.....	243
Figure K.4 – Nœuds intérieurs et nœuds limites.....	244
Figure K.5 – Chemins vers la ligne d'acceptation.....	244
Figure K.6 – Chemins vers la ligne de rejet.....	244
Figure K.7 – Probabilités de transfert de chemins entre les nœuds.....	245
Figure K.8 – L'élément récurrent – Deux cas.....	247
Tableau 1 – Avantages et inconvénients des différents types de plan d'essais.....	137
Tableau 2 – Récapitulatif des plans d'essais progressifs indiqués à l'Annexe A et D.....	141
Tableau 3 – Plans d'essais terminés fixés par le temps ou la défaillance.....	143
Tableau 4 – Plans d'essais combinés dans l'Annexe D.....	148
Tableau A.1 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.1.....	150
Tableau A.2 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.2.....	152
Tableau A.3 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.3.....	154
Tableau A.4 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.4.....	156
Tableau A.5 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.5.....	158
Tableau A.6 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.6.....	160
Tableau A.7 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.7.....	162
Tableau A.8 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.8.....	164
Tableau A.9 – Lignes d'acceptation et de rejet pour le plan d'essais A.9.....	166
Tableau D.1 – Plans d'essais progressifs dans la présente annexe.....	184
Tableau D.2 – Plans d'essais combinés dans la présente annexe.....	184
Tableau D.3 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	185
Tableau D.4 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	187
Tableau D.5 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	188
Tableau D.6 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	190
Tableau D.7 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	191
Tableau D.8 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	192
Tableau D.9 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	193
Tableau D.10 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	194

Tableau D.11 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	195
Tableau D.12 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et courbe d'efficacité P_a	196
Tableau D.13 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	197
Tableau D.14 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et courbe d'efficacité P_a	198
Tableau D.15 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	199
Tableau D.16 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	200
Tableau D.17 – Lignes d'acceptation et de rejet.....	201
Tableau D.18 – Valeur moyenne du temps d'essai au moment de la décision et caractéristique d'exploitation P_a	202
Tableau E.1 – Exemple d'essai progressif utilisant le plan d'essais A.3 (avec donnée d'exemple).....	205
Tableau E.2 – Constantes pour formules des limites et leurs coordonnées pour les plans d'essais progressifs A.1 à A.9	210
Tableau F.1 – Début du tableur préparé pour obtenir un essai progressif graphique	212
Tableau F.2 – Poursuite du calcul des paramètres pour les lignes nécessaires au graphique PRST	213
Tableau F.3 – Calcul de la ligne d'acceptation et de rejet pour le graphique PRST	213
Tableau F.4 – Détermination du temps de fin de l'essai	214
Tableau F.5 – Formules pour la ligne d'acceptation et de rejet avec la fin de l'essai	216
Tableau F.6 – Elaboration du tableur pour la réalisation des courbes OC pour le SPRT.....	219
Tableau H.1 – Elaboration du tableur avec formules intégrées – Exemple	225
Tableau H.2 – Formulae intégrées dans le tableur indiqué dans le Tableau H.1.....	226
Tableau H.3 – Caractéristique d'exploitation pour essai censuré à durée fixe	228
Tableau I.1 – Fonction de distribution normale pour des valeurs de u_γ déterminées	237
Tableau I.2 – Inverse de la fonction de distribution normale pour des valeurs de $1-\gamma$ déterminées.....	237

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS DE FIABILITÉ – PLAN D'ESSAIS DE CONFORMITÉ D'UN TAUX DE DÉFAILLANCE CONSTANT ET D'UNE INTENSITÉ DE DÉFAILLANCE CONSTANTE

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 61124 a été établie par le comité d'études 56: Sûreté de fonctionnement.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- De nouveaux plans d'essais sont ajoutés, basés sur la Norme russe GOST R 27.402 [1]¹, et son objectif est d'être cohérent avec la nouvelle édition de MIL-HDBK-781 [2]. Elle comprend les algorithmes pour l'optimisation des plans d'essais en utilisant un tableur

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

électronique, ainsi qu'une liste de plan d'essais. En outre l'accent est mis sur le fait qu'il convient de réitérer l'essai à la suite des modifications de conception.

- Les écarts dans les plans d'essais A, B et les Annexes A et B qui provenaient de la CEI 60605-7 [3], (retirée) ont été corrigés et ces plans sont donc différents de ceux donnés dans les précédentes éditions de la CEI 61124. Comme demandé par les Comités nationaux, les informations concernant la base mathématique et le tableur électronique ont été déplacées aux annexes informatives. De plus, les listes de symboles ont été divisées, pour obtenir des listes de symboles séparées dans certaines annexes.
- Des lignes directrices sur la manière de choisir les plans d'essais ont été ajoutées de même que sur la manière d'utiliser les tableurs électroniques pour les créer. Les plans d'essais A.1 à A.9 et B.1 à B.13 ont été corrigés.
- Les paragraphes 8.1, 8.2, 8.3, l'Article 9 et l'Annexe C, les Articles G.2, I.2, I.3 et l'Annexe J ne changent pas, sauf pour la terminologie et les références mises à jour.
- Corrections à la deuxième édition proposée par les comités nationaux ont été mises en place.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1461/FDIS	56/1468/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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.

ESSAIS DE FIABILITÉ – PLAN D'ESSAIS DE CONFORMITÉ D'UN TAUX DE DÉFAILLANCE CONSTANT ET D'UNE INTENSITÉ DE DÉFAILLANCE CONSTANTE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit un certain nombre de plans d'essais optimisés, les courbes OC associées et les valeurs moyennes des temps d'essais. De plus, les algorithmes pour la conception de plans d'essais à l'aide d'un tableur électronique sont également fournis avec des lignes directrices sur la manière de choisir les plans d'essais.

La présente norme spécifie les méthodes utilisées pour vérifier qu'une valeur observée

- d'un taux de défaillance,
- d'une intensité de défaillance,
- d'une durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTTF),
- moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF),

est conforme à une exigence donnée.

Il est supposé, sauf spécification contraire, que pendant le temps d'essai cumulé, les durées de fonctionnement avant défaillance ou les durées de fonctionnement entre défaillances sont indépendantes et réparties de façon identique et exponentielle. Cette hypothèse implique que le taux de défaillance ou l'intensité de défaillance est constant.

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

- essais progressifs tronqués;
- plans d'essais censurés (par la durée ou la défaillance);
- essais censurés à durée calendaire déterminée sans remplacement;
- plans d'essais combinés.

La présente norme ne couvre pas les lignes directrices sur la manière de planifier, réaliser, analyser et faire un rapport sur un essai. Ces informations sont données dans la CEI 60300-3-5.

La présente norme ne couvre pas les conditions d'essais. Ces informations sont données dans la CEI 60605-2 et dans la CEI 60300-3-5.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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

CEI 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*

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

CEI 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*

CEI 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*

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