IEC 62506

Edition 2.0 2023-11
COMMENTED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

colour inside

Methods for product accelerated testing

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 03.120.01, 21.020

ISBN 978-2-8322-7828-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Symbols and abbreviated terms 11
4 General description of the accelerated test methods 12
4.1 Cumulative damage model 12
4.2 Classification, methods and types of test acceleration 15
4.2.1 General 15
4.2.2 Type A: qualitative accelerated tests 16
4.2.3 Type B: quantitative accelerated tests 16
4.2.4 Type C: quantitative time and event compressed tests 17
5 Accelerated test models 18
5.1 Type A, qualitative accelerated tests 18
5.1.1 Highly accelerated limit tests (HALT) 18
5.1.2 Highly accelerated stress test (HAST) 23
5.1.3 Highly accelerated stress screening~~/~~ or audit (HASS~~/~~ or HASA) 23
5.1.4 Engineering aspects of HALT and HASS 24
5.2 Types B and C – Quantitative accelerated test methods 25
5.2.1 Purpose of quantitative accelerated testing 25
5.2.2 Physical basis for the quantitative accelerated Type B test methods 25
5.2.3 Type C tests, time (C_1) and event (C_2) compression 27
5.3 Failure mechanisms and test design 28
5.4 Determination of stress levels, profiles and combinations in use and test – Stress modelling 29
5.4.1 General 29
5.4.2 Step-by-step procedure 29
5.5 Multiple stress acceleration methodology – Type B tests 30
5.6 Single and multiple stress acceleration for Type B tests 33
5.6.1 Single stress acceleration methodology 33
5.6.2 Stress models with stress varying as a function of time – Type B tests 41
5.6.3 Stress models that depend on repetition of stress applications – Fatigue models 43
5.6.4 Other acceleration models~~ – Time and event compression~~ 45
5.7 Acceleration of quantitative reliability tests 46
5.7.1 Reliability requirements, goals, and use profile 46
5.7.2 Accelerated testing for reliability demonstration or life tests 48
5.7.3 Testing of components for a reliability measure 61
5.7.4 Reliability measures for components and systems~~/items~~ 62
5.8 Accelerated reliability compliance or evaluation tests 63
5.9 Accelerated reliability growth testing 65
5.10 Guidelines for accelerated testing 65
5.10.1 Accelerated testing for multiple stresses and the known use profile 65
5.10.2 Level of accelerated stresses 65
5.10.3 Accelerated reliability and verification tests 66

6 Accelerated testing strategy in product development 66
6.1 Accelerated testing sampling plan 66
6.2 General discussion about test stresses and durations 67
6.3 Testing components for multiple stresses 67
6.4 Accelerated testing of assemblies 68
6.5 Accelerated testing of systems 68
6.6 Analysis of test results 68
7 Limitations of accelerated testing methodology 68
Annex A (informative) Highly accelerated limit test (HALT) 70
A.1 HALT procedure 70
A.2 HALT step-by-step procedure 70
A.3 Example 1 – HALT test results for a DC/DC converter 72
A.4 Example 2 – HALT test results for a medical ~~product~~ item 73
A.5 HALT test results for a Hi-Fi equipment 74
Annex B (informative) Accelerated reliability compliance and growth test design 75
B.1 Use environment and test acceleration 75
B.2 Determination of stresses and stress duration 75
B.3 Overall acceleration of a reliability test 77
B.4 Example of reliability compliance test design assuming constant failure rate or failure intensity 79
B.4.1 General 79
B.4.2 Thermal cycling 81
B.4.3 Thermal exposure, thermal dwell 82
B.4.4 Humidity 83
B.4.5 Vibration test 84
B.4.6 Accelerations summary and overall acceleration 85
~~B.5 Example of accelerated reliability growth test data analysis .....~~
B.5 Example of reliability compliance test design assuming non-constant failure rate or failure intensity (wear-out) 96
~~Annex C (informative) Comparison between HALT and conventional accelerated testing .....~~
Annex C (informative) Estimating the activation energy, Ea 98
Annex D (informative) Calibrated accelerated life testing (CALT) 100
D.1 Purpose of test 100
D.2 Test execution 100
Annex E (informative) Example of how to estimate empirical factors 102
Annex F (informative) Determination of acceleration factors by testing to failure 109
F.1 Failure modes and acceleration factors 109
F.2 Example of determination of acceleration factor 109
Annex G (informative) Median rank tables 95 % rank 113
Bibliography 115
List of comments 118

Figure 1 – Probability density functions (PDF) for cumulative damage, degradation, and test types 14
Figure 2 – Relationship of PDFs of the ~~product~~ item strength versus load in use 19
~~Figure 3 – How uncertainty of load and strength affects the test policy .....~~
Figure 3 – How HALT tests detect the design margin 21

Figure 4 – PDFs of operating and destruct limits as a function of applied stress 22
Figure 5 – Line plot for Arrhenius reaction model 38
Figure 6 – Plot for determination of the activation energy 39
~~Figure 7 – Multiplier of the test stress duration for demonstration of required reliability for compliance or reliability growth testing.....~~
Figure 7 – Bathtub curve 53
~~Figure 8 – Multiplier of the duration of the load application for the desired reliability.....~~
Figure 8 – Test planning with a Weibull distribution 56
Figure 9 – Example of a test based on the Weibull distribution.....57
Figure 10 – Life time and "tail" of the failure rate or failure intensity.....58
Figure 11 – Reliability as a function of life time ratio L_V and number of test items.....59
Figure 12 – Nomogram for test planning 60
Figure A.1 – How FMEA and HALT supplement each other.....70
~~Figure B.1 – Reliability as a function of multiplier k and for combinations of parameters a and b.....~~
~~Figure B.2 – Determination of the multiplier k.....~~
~~Figure B.3 – Determination of the growth rate .....~~
Figure C.1 – Plotting failures to estimate the activation energy E_a 99
Figure E.1 – Weibull graphical data analysis 104
Figure F.1 – Weibull plot of the three data sets 110
~~Figure F.2 – Scale parameter as a function of the temperature range.....~~
~~Figure F.3 – Probability of failure as a function of number of cycles ΔT = 50 °C.....~~
~~Figure G.2 – Scale parameters' values fitted with a power line.....~~

Table 1 – Test types mapped to the ~~product~~ item development cycle 15
Table A.1 – Comparison between classical accelerated tests and HALT tests 70
Table A.2 – Summary of HALT ~~test~~ results for a DC/DC converter 72
Table A.3 – Summary of HALT results for a medical system 73
Table A.4 – Summary of HALT results for a Hi-Fi equipment.....74
Table B.1 – Environmental stress conditions of an automotive electronic device.....80
~~Table B.2 – Product use parameters.....~~
~~Table B.3 – Assumed product use profile .....~~
~~Table B.4 – Worksheet for determination of use times to failures~~
~~Table B.5 – Data for reliability growth plotting .....~~
~~Table C.1 – Comparison between HALT and conventional accelerated testing .....~~
Table E.1 – Probability of failure of test samples A and B 103
Table F.1 – Voltage test failure data for Weibull distribution.....109
~~Table F.2 – Data transformation for Weibull plotting .....~~
Table G.1 – Median rank tables 95 % rank.....113

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

METHODS FOR PRODUCT ACCELERATED TESTING

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This commented version (CMV) of the official standard IEC 62506:2023 edition 2.0 allows the user to identify the changes made to the previous IEC 62506:2013 edition 1.0. Furthermore, comments from IEC TC 56 experts are provided to explain the reasons of the most relevant changes, or to clarify any part of the content.

A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. Experts' comments are identified by a blue-background number. Mouse over a number to display a pop-up note with the comment.

This publication contains the CMV and the official standard. The full list of comments is available at the end of the CMV.

IEC 62506 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

a) references have been updated;

b) symbols have been revised;

c) errors in 5.7.2.3 and Annex B, mainly, have been corrected;

d) calculation errors in the examples of Annex B and Annex F have been corrected.

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

Draft	Report on voting
56/2000/FDIS	56/2016/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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/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 in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

Many reliability or failure investigation test methods have been developed and most of them are currently in use. These methods are used to either determine product reliability or to identify potential product failure modes, and have been considered effective as demonstrations of reliability:

- fixed duration,
- sequential probability ratio,
- reliability growth tests,
- tests to failure, etc.

Such tests, although very useful, are usually lengthy, especially when the product reliability that has to be demonstrated is high. The reduction in time-to-market periods as well as competitive product cost, increase the need for efficient and effective accelerated testing. Here, the tests are shortened through the application of increased stress levels or by increasing the speed of application of repetitive stresses, thus facilitating a quicker assessment and growth of product reliability through failure mode discovery and mitigation.

There are two distinctly different approaches to reliability activities:

- the first approach verifies, through analysis and testing, that there are no potential failure modes in the product that are likely to be activated during the expected life time of the product under the expected operating conditions and usage profile;
- the second approach estimates how many failures can be expected after a given time under the expected operating conditions and usage profile.

Accelerated testing is a method appropriate for both cases, but used quite differently. The first approach is associated with qualitative accelerated testing, where the goal is identification of potential faults that eventually ~~might~~ can result in product field failures. The second approach is associated with quantitative accelerated testing where the product reliability may be estimated based on the results of accelerated simulation testing that can be related back to the use of the environment and usage profile.

Accelerated testing can be applied to multiple levels of items containing hardware ~~or~~ and software. Different types of reliability testing, such as fixed duration, sequential test-to-failure, success test, reliability demonstration, or reliability growth~~/~~ or improvement tests can be candidates for accelerated methods. This document provides guidance on selected, commonly used accelerated test types. This document should be used in conjunction with statistical test plan standards such as IEC 61123, IEC 61124, IEC 61649 and IEC 61710.

The relative merits of various methods and their individual or combined applicability in evaluating a given system or item, should be reviewed by the product design team (including ~~dependability~~ reliability engineering) prior to selection of a specific test method or a combination of methods. For each method, consideration should also be given to the test time, results produced, credibility of the results, data required to perform meaningful analysis, life cycle cost impact, complexity of analysis and other identified factors.

In this document the term "item" is used as defined in IEC 60050-192 covering physical products as well as software. Services and people are however not covered by this document.

METHODS FOR PRODUCT ACCELERATED TESTING

1 Scope

This document provides guidance on the application of various accelerated test techniques for measurement or improvement of ~~product~~ item reliability. Identification of potential failure modes that ~~could~~ can be experienced in the use of ~~a product/~~ an item and their mitigation is instrumental to ensure dependability of an item.

The object of the methods is to either identify potential design weakness or provide information on item ~~dependability~~ reliability, or to achieve necessary reliability~~/~~ and availability improvement, all within a compressed or accelerated period of time. This document addresses accelerated testing of non-repairable and repairable systems. It can be used for probability ratio sequential tests, fixed duration tests and reliability improvement/growth tests, where the measure of reliability ~~may~~ can differ from the standard probability of failure occurrence.

This document also extends to present accelerated testing or production screening methods that would identify weakness introduced into the ~~product~~ item by manufacturing error, which ~~could~~ can compromise ~~product dependability~~ item reliability. Services and people are however not covered by this document.

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 60068 (all parts), *Environmental testing*~~

~~IEC 60300-3-1:2003, *Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology*~~

IEC 60300-3-5, *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 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

~~IEC 61014:2003, *Programmes for reliability growth*~~

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

IEC 61124:~~2012~~2023, *Reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity*

~~IEC 61163-2, *Reliability stress screening – Part 2: Electronic components*~~

~~IEC 61164:2004, *Reliability growth – Statistical test and estimation methods*~~

IEC 61649:2008, *Weibull analysis*

IEC 61709, ~~*Electronic*~~ *Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

IEC 61710, *Power law model – Goodness-of-fit tests and estimation methods*

~~IEC 62303, *Radiation protection instrumentation – Equipment for monitoring airborne tritium*~~

~~IEC/TR 62380, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment*~~

IEC 62429, *Reliability growth – Stress testing for early failures in unique complex systems*

IEC 62506

Edition 2.0 2023-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Methods for product accelerated testing

Méthodes d'essais accélérés de produits



IEC 62506:2023-11(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms 9
3.1 Terms and definitions 9
3.2 Symbols and abbreviated terms 11
4 General description of the accelerated test methods 12
4.1 Cumulative damage model 12
4.2 Classification, methods and types of test acceleration 14
4.2.1 General 14
4.2.2 Type A: qualitative accelerated tests 15
4.2.3 Type B: quantitative accelerated tests 15
4.2.4 Type C: quantitative time and event compressed tests 16
5 Accelerated test models 17
5.1 Type A, qualitative accelerated tests 17
5.1.1 Highly accelerated limit tests (HALT) 17
5.1.2 Highly accelerated stress test (HAST) 21
5.1.3 Highly accelerated stress screening or audit (HASS or HASA) 22
5.1.4 Engineering aspects of HALT and HASS 23
5.2 Types B and C – Quantitative accelerated test methods 23
5.2.1 Purpose of quantitative accelerated testing 23
5.2.2 Physical basis for the quantitative accelerated Type B test methods 23
5.2.3 Type C tests, time (C_1) and event (C_2) compression 25
5.3 Failure mechanisms and test design 27
5.4 Determination of stress levels, profiles and combinations in use and test – Stress modelling 27
5.4.1 General 27
5.4.2 Step-by-step procedure 28
5.5 Multiple stress acceleration methodology – Type B tests 28
5.6 Single and multiple stress acceleration for Type B tests 31
5.6.1 Single stress acceleration methodology 31
5.6.2 Stress models with stress varying as a function of time – Type B tests 38
5.6.3 Stress models that depend on repetition of stress applications – Fatigue models 40
5.6.4 Other acceleration models 41
5.7 Acceleration of quantitative reliability tests 42
5.7.1 Reliability requirements, goals, and use profile 42
5.7.2 Accelerated testing for reliability demonstration or life tests 44
5.7.3 Testing of components for a reliability measure 55
5.7.4 Reliability measures for components and systems 56
5.8 Accelerated reliability compliance or evaluation tests 57
5.9 Accelerated reliability growth testing 58
5.10 Guidelines for accelerated testing 59
5.10.1 Accelerated testing for multiple stresses and the known use profile 59
5.10.2 Level of accelerated stresses 59
5.10.3 Accelerated reliability and verification tests 59

6 Accelerated testing strategy in product development 60
6.1 Accelerated testing sampling plan 60
6.2 General discussion about test stresses and durations 60
6.3 Testing components for multiple stresses 61
6.4 Accelerated testing of assemblies 61
6.5 Accelerated testing of systems 61
6.6 Analysis of test results 62
7 Limitations of accelerated testing methodology 62
Annex A (informative) Highly accelerated limit test (HALT) 63
A.1 HALT procedure 63
A.2 HALT step-by-step procedure 63
A.3 Example 1 – HALT test results for a DC/DC converter 65
A.4 Example 2 – HALT test results for a medical item 65
A.5 HALT test results for a Hi-Fi equipment 67
Annex B (informative) Accelerated reliability compliance and growth test design 68
B.1 Use environment and test acceleration 68
B.2 Determination of stresses and stress duration 68
B.3 Overall acceleration of a reliability test 69
B.4 Example of reliability compliance test design assuming constant failure rate or failure intensity 70
B.4.1 General 70
B.4.2 Thermal cycling 71
B.4.3 Thermal exposure, thermal dwell 72
B.4.4 Humidity 72
B.4.5 Vibration test 73
B.4.6 Accelerations summary and overall acceleration 73
B.5 Example of reliability compliance test design assuming non-constant failure rate or failure intensity (wear-out) 75
Annex C (informative) Estimating the activation energy, E_a 76
Annex D (informative) Calibrated accelerated life testing (CALT) 78
D.1 Purpose of test 78
D.2 Test execution 78
Annex E (informative) Example of how to estimate empirical factors 80
Annex F (informative) Determination of acceleration factors by testing to failure 83
F.1 Failure modes and acceleration factors 83
F.2 Example of determination of acceleration factor 83
Annex G (informative) Median rank tables 95 % rank 87
Bibliography 89

Figure 1 – Probability density functions (PDF) for cumulative damage, degradation, and test types 13
Figure 2 – Relationship of PDFs of the item strength versus load in use 18
Figure 3 – How HALT tests detect the design margin 19
Figure 4 – PDFs of operating and destruct limits as a function of applied stress 20
Figure 5 – Line plot for Arrhenius reaction model 35
Figure 6 – Plot for determination of the activation energy 36
Figure 7 – Bathtub curve 47

Figure 8 – Test planning with a Weibull distribution 50
Figure 9 – Example of a test based on the Weibull distribution 51
Figure 10 – Life time and "tail" of the failure rate or failure intensity 52
Figure 11 – Reliability as a function of life time ratio L_{v} and number of test items 53
Figure 12 – Nomogram for test planning 54
Figure A.1 – How FMEA and HALT supplement each other 63
Figure C.1 – Plotting failures to estimate the activation energy E_{a} 77
Figure E.1 – Weibull graphical data analysis 81
Figure F.1 – Weibull plot of the three data sets 84

Table 1 – Test types mapped to the item development cycle 14
Table A.1 – Comparison between classical accelerated tests and HALT tests 63
Table A.2 – Summary of HALT results for a DC/DC converter 65
Table A.3 – Summary of HALT results for a medical system 66
Table A.4 – Summary of HALT results for a Hi-Fi equipment 67
Table B.1 – Environmental stress conditions of an automotive electronic device 70
Table E.1 – Probability of failure of test samples A and B 81
Table F.1 – Voltage test failure data for Weibull distribution 83
Table G.1 – Median rank tables 95 % rank 87

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

METHODS FOR PRODUCT ACCELERATED TESTING

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62506 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

a) references have been updated;
b) symbols have been revised;
c) errors in 5.7.2.3 and Annex B, mainly, have been corrected;
d) calculation errors in the examples of Annex B and Annex F have been corrected.

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

Draft	Report on voting
56/2000/FDIS	56/2016/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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/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 in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

Many reliability or failure investigation test methods have been developed and most of them are currently in use. These methods are used to either determine product reliability or to identify potential product failure modes, and have been considered effective as demonstrations of reliability:

- fixed duration,
- sequential probability ratio,
- reliability growth tests,
- tests to failure, etc.

Such tests, although very useful, are usually lengthy, especially when the product reliability that has to be demonstrated is high. The reduction in time-to-market periods as well as competitive product cost, increase the need for efficient and effective accelerated testing. Here, the tests are shortened through the application of increased stress levels or by increasing the speed of application of repetitive stresses, thus facilitating a quicker assessment and growth of product reliability through failure mode discovery and mitigation.

There are two distinctly different approaches to reliability activities:

- the first approach verifies, through analysis and testing, that there are no potential failure modes in the product that are likely to be activated during the expected life time of the product under the expected operating conditions and usage profile;
- the second approach estimates how many failures can be expected after a given time under the expected operating conditions and usage profile.

Accelerated testing is a method appropriate for both cases, but used quite differently. The first approach is associated with qualitative accelerated testing, where the goal is identification of potential faults that eventually can result in product field failures. The second approach is associated with quantitative accelerated testing where the product reliability may be estimated based on the results of accelerated simulation testing that can be related back to the use of the environment and usage profile.

Accelerated testing can be applied to multiple levels of items containing hardware and software. Different types of reliability testing, such as fixed duration, sequential test-to-failure, success test, reliability demonstration, or reliability growth or improvement tests can be candidates for accelerated methods. This document provides guidance on selected, commonly used accelerated test types. This document should be used in conjunction with statistical test plan standards such as IEC 61123, IEC 61124, IEC 61649 and IEC 61710.

The relative merits of various methods and their individual or combined applicability in evaluating a given system or item, should be reviewed by the product design team (including reliability engineering) prior to selection of a specific test method or a combination of methods. For each method, consideration should also be given to the test time, results produced, credibility of the results, data required to perform meaningful analysis, life cycle cost impact, complexity of analysis and other identified factors.

In this document the term "item" is used as defined in IEC 60050-192 covering physical products as well as software. Services and people are however not covered by this document.

METHODS FOR PRODUCT ACCELERATED TESTING

1 Scope

This document provides guidance on the application of various accelerated test techniques for measurement or improvement of item reliability. Identification of potential failure modes that can be experienced in the use of an item and their mitigation is instrumental to ensure dependability of an item.

The object of the methods is to either identify potential design weakness or provide information on item reliability, or to achieve necessary reliability and availability improvement, all within a compressed or accelerated period of time. This document addresses accelerated testing of non-repairable and repairable systems. It can be used for probability ratio sequential tests, fixed duration tests and reliability improvement/growth tests, where the measure of reliability can differ from the standard probability of failure occurrence.

This document also extends to present accelerated testing or production screening methods that would identify weakness introduced into the item by manufacturing error, which can compromise item reliability. Services and people are however not covered by this document.

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, *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 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions*

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

IEC 61124:2023, *Reliability testing – Compliance tests for constant failure rate and constant failure intensity*

IEC 61649:2008, *Weibull analysis*

IEC 61709, *Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

IEC 61710, *Power law model – Goodness-of-fit tests and estimation methods*

IEC 62429, *Reliability growth – Stress testing for early failures in unique complex systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 95
INTRODUCTION 97
1 Domaine d'application 98
2 Références normatives 98
3 Termes, définitions, symboles et abréviations 99
3.1 Termes et définitions 99
3.2 Symboles et abréviations 101
4 Description générale des méthodes d'essai accéléré 102
4.1 Modèle de cumul des dommages 102
4.2 Classification, méthodes et types d'accélération d'essai 106
4.2.1 Généralités 106
4.2.2 Type A, essais accélérés qualitatifs 106
4.2.3 Type B: essais accélérés quantitatifs 107
4.2.4 Type C: essais quantitatifs de compression temporelle et d'événements 108
5 Modèles d'essais accélérés 109
5.1 Type A: essais accélérés qualitatifs 109
5.1.1 Essais aux limites hautement accélérés (HALT) 109
5.1.2 Essai sous contrainte hautement accéléré (HAST) 115
5.1.3 Déverminage ou audit sous contrainte hautement accéléré (HASS/HASA) 115
5.1.4 Aspects techniques de HALT et de HASS 116
5.2 Types B et C – Méthodes d'essais accélérés quantitatifs 117
5.2.1 Objectif des essais accélérés quantitatifs 117
5.2.2 Fondement physique des méthodes d'essais accélérés quantitatifs de type B 117
5.2.3 Essais de type C, compression temporelle (C_1) et des événements (C_2) 119
5.3 Mécanismes de défaillance et conception des essais 121
5.4 Détermination des niveaux de contrainte, profils et combinaisons en utilisation et en essai – Modélisation des contraintes 122
5.4.1 Généralités 122
5.4.2 Méthode pas-à-pas 122
5.5 Méthode d'accélération de contraintes multiples – Essais de type B 123
5.6 Accélération de contraintes uniques et multiples pour des essais de type B 125
5.6.1 Méthode d'accélération de contraintes uniques 125
5.6.2 Modèles de contraintes variables en fonction du temps – Essais de type B 133
5.6.3 Modèles de contraintes dépendant de la répétition des applications de contraintes – Modèles de fatigue 135
5.6.4 Autres modèles d'accélération 137
5.7 Accélération d'essais de fiabilité quantitatifs 138
5.7.1 Exigences, objectifs et profils d'utilisation de la fiabilité 138
5.7.2 Essais accélérés pour la démonstration de fiabilité ou essais de durée de vie 140
5.7.3 Essais de composants pour une mesure de la fiabilité 151
5.7.4 Mesures de fiabilité pour des composants et des systèmes 152
5.8 Essais accélérés de conformité ou d'évaluation de la fiabilité 153
5.9 Essais accélérés de croissance de la fiabilité 154

5.10 Lignes directrices des essais accélérés 155
5.10.1 Essais accélérés pour des contraintes multiples et le profil d'utilisation connu 155
5.10.2 Niveau de contraintes accélérées 155
5.10.3 Essais accélérés de fiabilité et de vérification 155
6 Stratégie d'essais accélérés pour le développement du produit 156
6.1 Plan d'échantillonnage d'essais accélérés 156
6.2 Discussion générale concernant les contraintes et durées d'essai 157
6.3 Essais de composants soumis à des contraintes multiples 158
6.4 Essais accélérés d'ensembles 158
6.5 Essais accélérés de systèmes 158
6.6 Analyses des résultats d'essais 158
7 Limites des méthodes d'essais accélérés 159
Annexe A (informative) Essai aux limites hautement accéléré (HALT) 160
A.1 Procédure d'essai HALT 160
A.2 Procédure par étape HALT 161
A.3 Exemple 1 – Résultats d'essai HALT pour un convertisseur continu-continu 162
A.4 Exemple 2 – Résultats d'essai HALT pour une entité médicale 163
A.5 Résultats d'essai HALT pour une chaîne stéréophonique 165
Annexe B (informative) Conception d'un essai accéléré de conformité et de croissance de la fiabilité 166
B.1 Environnement d'utilisation et accélération d'essai 166
B.2 Détermination des contraintes et de leur durée d'application 166
B.3 Accélération globale d'un essai de fiabilité 167
B.4 Exemple de conception d'un essai de conformité de la fiabilité en présumant un taux de défaillance ou une intensité de défaillance constants 168
B.4.1 Généralités 168
B.4.2 Cycles thermiques 169
B.4.3 Exposition thermique, temps de maintien 170
B.4.4 Humidité 170
B.4.5 Essai de vibrations 171
B.4.6 Résumé des accélérations et accélérations globales 171
B.5 Exemple de conception de l'essai de conformité de fiabilité en présumant un taux de défaillance ou une intensité de défaillance non constants (usure) 173
Annexe C (informative) Estimation de l'énergie d'activation, E_a 174
Annexe D (informative) Essai de durée de vie accéléré étalonné (CALT) 176
D.1 Objectif de l'essai 176
D.2 Exécution de l'essai 176
Annexe E (informative) Exemple de méthode d'estimation des facteurs empiriques 178
Annexe F (informative) Détermination des facteurs d'accélération par des essais de défaillance 182
F.1 Modes de défaillance et facteurs d'accélération 182
F.2 Exemple de détermination du facteur d'accélération 182
Annexe G (informative) Tableaux de rang médian du rang 95 % 186
Bibliographie 188

Figure 1 – Fonctions PDF pour dommages cumulés, dégradation et types d'essais 103

Figure 2 – Relations entre fonctions PDF de la robustesse de l'entité en fonction de la charge en cours d'utilisation 110
Figure 3 – Comment l'essai HALT détecte la marge de conception 112
Figure 4 – PDF des limites de fonctionnement et de destruction en fonction de la contrainte appliquée 113
Figure 5 – Tracé du modèle de réaction d'Arrhenius 130
Figure 6 – Tracé de détermination de l'énergie d'activation 131
Figure 7 – Courbe en baignoire 143
Figure 8 – Planification d'essai avec une loi de Weibull 146
Figure 9 – Exemple d'essai basé sur la loi de Weibull 147
Figure 10 – Durée de vie et "queue" du taux de défaillance ou de l'intensité de défaillance 148
Figure 11 – Fiabilité en fonction du rapport de durée de vie, L_V, et du nombre d'entités d'essai 149
Figure 12 – Abaque pour la planification des essais 150
Figure A.1 – Comment l'analyse AMDE et l'essai HALT se complètent mutuellement 160
Figure C.1 – Tracé des défaillances pour estimation de l'énergie d'activation, E_a 175
Figure E.1 – Analyse des données selon la méthode graphique de Weibull 179
Figure F.1 – Tracé de Weibull des trois jeux de données 183

Tableau 1 – Mise en correspondance des types d'essais avec le cycle de développement de l'entité 105
Tableau A.1 – Comparaison entre les essais classiques accélérés et les essais HALT 160
Tableau A.2 – Résumé des résultats d'essai HALT pour un convertisseur continu-continu 163
Tableau A.3 – Résumé des résultats d'essai HALT pour un matériel médical 164
Tableau A.4 – Résumé des résultats d'essai HALT pour une chaîne stéréophonique 165
Tableau B.1 – Conditions de contraintes environnementales d'un dispositif électronique de l'industrie automobile 168
Tableau E.1 – Probabilité de défaillance des échantillons d'essai A et B 179
Tableau F.1 – Données de défaillance d'essai en tension pour une loi de Weibull 182
Tableau G.1 – Tableaux de rang médian du rang 95 % 186

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MÉTHODES D'ESSAIS ACCÉLÉRÉS DE PRODUITS

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62506 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) les références ont été mises à jour;
b) les symboles ont été révisés;
c) les erreurs, principalement en 5.7.2.3 et en Annexe B, ont été corrigées;
d) les erreurs de calcul dans les exemples à l'Annexe B et à l'Annexe F ont été corrigées.

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

Projet	Rapport de vote
56/2000/FDIS	56/2016/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. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/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 dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

De nombreuses méthodes d'essai préalables de fiabilité ou de défaillance ont été développées et la plupart d'entre elles sont en cours d'utilisation. Ces méthodes permettent de déterminer la fiabilité du produit ou d'identifier d'éventuels modes de défaillance des produits et ont été considérées comme efficaces pour démontrer la fiabilité:

- essais à durée fixe,
- essais de rapport de probabilité progressifs,
- essais de croissance de la fiabilité,
- essais jusqu'à défaillance, etc.

Bien que très utiles, ces essais sont en général longs, notamment lorsqu'il faut démontrer une fiabilité élevée du produit. La réduction des périodes qui précèdent la mise sur le marché ainsi que la compétitivité de coût des produits rendent d'autant plus impérative la nécessité de disposer d'essais accélérés efficaces et efficients. De ce fait, la durée des essais est raccourcie en appliquant des niveaux de contrainte plus importants ou en augmentant la vitesse d'application des contraintes récurrentes, ce qui permet une évaluation plus rapide et une meilleure fiabilité du produit en décelant ces modes de défaillance et en atténuant leurs effets.

La fiabilité est appréhendée selon deux approches distinctes et différentes:

- la première consiste à vérifier, par des analyses et des essais, qu'il n'existe pas de modes de défaillance potentiels dans le produit qui risquent d'apparaître au cours de la durée de vie prévue du produit, dans les conditions de fonctionnement prévues et dans le profil d'utilisation;
- la seconde consiste à estimer le nombre de défaillances présumées après un certain temps, dans les conditions de fonctionnement prévues et dans le profil d'utilisation.

Les essais accélérés constituent une méthode qui convient dans les deux cas, mais elle est utilisée de manière tout à fait différente. La première approche correspond à des essais accélérés qualitatifs dont l'objectif est d'identifier les modes de défaillance potentiels qui peuvent à terme entraîner des défaillances sur site du produit. La seconde approche correspond à des essais accélérés quantitatifs qui permettent d'estimer la fiabilité du produit sur la base des résultats d'essais de simulation accélérés qui peuvent être corrélés à l'environnement et au profil d'utilisation.

Les essais accélérés peuvent être appliqués à de multiples niveaux matériels et logiciels des entités. Différents types d'essais de fiabilité, tels que les essais à durée fixe, les essais progressifs jusqu'à défaillance, les essais pour une proportion de succès, les essais de démonstration de la fiabilité ou les essais de croissance ou d'amélioration de la fiabilité, peuvent être utilisés comme méthodes d'essais accélérés. Le présent document fournit des recommandations concernant des types choisis d'essais accélérés, couramment utilisés. Il convient que le présent document soit utilisé conjointement aux normes de plans d'essai statistiques telles que l'IEC 61123, l'IEC 61124, l'IEC 61649 et l'IEC 61710.

Il convient que l'équipe de conception de l'entité examine les avantages relatifs des diverses méthodes et de leur applicabilité individuelle ou combinée pour l'évaluation d'un système ou d'une entité donnés (y compris des techniques de fiabilité) avant de sélectionner une méthode d'essai spécifique ou une combinaison de méthodes. Pour chaque méthode, il convient également de tenir compte de la durée de l'essai, des résultats obtenus, de leur crédibilité et des données exigées pour effectuer une analyse significative, ainsi que de l'impact sur le coût du cycle de vie, de la complexité de l'analyse et d'autres facteurs identifiés.

Dans le présent document, le terme "entité" est utilisé comme défini dans l'IEC 60050-192 couvrant les produits physiques, ainsi que les logiciels. Les services et les personnes ne sont cependant pas couverts par le présent document.

MÉTHODES D'ESSAIS ACCÉLÉRÉS DE PRODUITS

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des recommandations pour l'application de diverses techniques d'essais accélérés permettant de mesurer ou d'améliorer la fiabilité de l'entité. L'identification des modes de défaillance potentiels qui peuvent être rencontrés lors de l'utilisation d'une entité donnée et la manière d'y remédier contribuent à assurer la sûreté de fonctionnement d'une entité.

L'objectif de ces méthodes est soit d'identifier les faiblesses potentielles de la conception et fournir des informations sur la fiabilité de l'entité, soit d'atteindre l'amélioration nécessaire de la fiabilité et de la disponibilité, dans les deux cas en comprimant ou en accélérant la durée. Le présent document couvre les essais accélérés de systèmes non réparables et de systèmes réparables. Elle peut être utilisée pour des essais de rapport de probabilité progressifs, des essais à durée fixe et des essais d'amélioration/croissance de la fiabilité, lorsque la mesure de la fiabilité peut être différente de la probabilité normale d'occurrence de défaillance.

Le présent document décrit également des méthodes d'essais accélérés ou de déverminage de la production qui permettraient d'identifier les faiblesses induites par une éventuelle erreur de fabrication de l'entité et qui peuvent de ce fait d'en compromettre la fiabilité. Les services et les personnes ne sont cependant pas couverts par le présent document.

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 (IEV) – Partie 192: Sûreté de fonctionnement,* disponible à l'adresse http://www.electropedia.org

IEC 60300-3-5, *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 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement*

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

IEC 61124:2023, *Essais de fiabilité – Plans d'essai de conformité pour un taux de défaillance constant et une intensité de défaillance constante*

IEC 61649:2008, *Analyse de Weibull*

IEC 61709, *Composants électriques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles de contraintes pour la conversion*

IEC 61710, *Modèle de loi en puissance – Essais d'adéquation et méthodes d'estimation des paramètres*

IEC 62429, *Croissance de fiabilité – Essais de contraintes pour révéler les défaillances précoces d'un système complexe et unique*