



Edition 2.0 2023-11

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



---

**Methods for product accelerated testing**

**Méthodes d'essais accélérés de produits**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 03.120.01, 21.020

ISBN 978-2-8322-7727-0

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

## CONTENTS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                             | 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 –<br>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<br>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<br>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<br>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,<br>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 |
| <br>                                                                                          |    |
| 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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/publications](http://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](http://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 <sub>1</sub> ) et des événements (C <sub>2</sub> ).....                            | 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 presumant 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 presumant 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 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     |
| <br>Tableau 1 – Mise en correspondance des types d'essais avec le cycle de développement de l'entité .....                  | <br>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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/publications](http://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](http://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 impérieuse la nécessité de disposer d'essais accélérés efficaces et efficaces. 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*