

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Environmental testing –
Part 2-85: Tests – Test Fj: Vibration – Long time history replication**

**Essais d'environnement –
Partie 2-85: Essais – Essai Fj: Vibrations – Reproduction dans le temps par
accélérogrammes**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminological entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Environmental testing –
Part 2-85: Tests – Test Fj: Vibration – Long time history replication**

**Essais d'environnement –
Partie 2-85: Essais – Essai Fj: Vibrations – Reproduction dans le temps par
accélérogrammes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 19.040

ISBN 978-2-8322-7079-0

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Requirements for test apparatus.....	9
4.1 General.....	9
4.2 Basic motion	9
4.3 Cross-axis motion	9
4.4 Mounting.....	10
4.5 Measuring systems	10
5 Severities	10
6 Preconditioning.....	10
7 Initial measurements and functional performance test.....	10
8 Testing	10
8.1 General.....	10
8.2 Initial vibration response investigation	11
8.3 Low-level excitation for equalization prior to testing	12
8.4 Testing with specimen functioning.....	12
8.5 Final vibration response investigation	12
9 Recovery	12
10 Final measurements and functional performance	13
11 Information to be given in the relevant specification.....	13
12 Information to be given in the test report.....	13
Annex A (informative) Guidance.....	15
A.1 General.....	15
A.2 Requirements for testing	15
A.2.1 Single-point control.....	15
A.2.2 Controlled input testing.....	16
A.2.3 Controlled response testing	16
A.2.4 Verification parameters.....	16
A.3 Testing procedures	18
A.4 Equipment normally used with vibration isolators	18
A.4.1 Transmissibility factors for isolators	18
A.4.2 Temperature effect	18
A.5 Test severities	18
A.6 Equipment performance	18
A.7 Initial and final measurements	19
A.8 Frequency range.....	19
Bibliography.....	21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

**Part 2-85: Tests – Test Fj: Vibration –
Long time history replication**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60068-2-85 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

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

FDIS	Report on voting
104/833/FDIS	104/840/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60068 series, published under the general title *Environmental testing*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

This first edition of IEC 60068-2-85 was initiated in 2008 and a first proposal was prepared in 2011. It was developed out of the existing standard IEC 60068-2-64:2008 which contains a technically similar test method and modified accordingly. This facilitates usage and maintenance of both standards.

Differences are that this document relies on a specified time history. A test spectrum is not specified.

This part of IEC 60068 deals with long time history replication vibration testing intended for general application to components, equipment and other products, hereinafter referred to as "specimens", that may be subjected to vibrations of an arbitrary nature not covered by the other existing methods for vibration testing. The methods and techniques in this document are based on digital control of vibration in the time domain which allow a more flexible definition of the vibration input signal to suit individual cases that are specified in the relevant specification.

Compared with most other tests, test Fj is based on deterministic techniques, and the time history is supposed to have a long duration. There are nearly no restrictions to the vibration characteristics besides the technical limitations of the test apparatus.

As the vibration input signal in this test is specified by a digital time history stored in a file, there are no general methods for comparing two different test severities. The vibration tolerances cannot be given in a single measure, as this depends on the purpose of the test. Therefore, it is emphasized that long time history replication testing always demands a high degree of engineering judgement by the user and specifier. The writer of the relevant specification is expected to select the testing procedure, test time history and its severity, tolerances and analysis methods, appropriate to the specimen and its use.

The test method is based primarily on the use of an electrodynamic or a servo-hydraulic vibration generator with an associated computer-based control system used as a vibration testing system.

Long time history replication vibration testing can be used to identify accumulated stress effects and the resulting mechanical weakness and degradation in the specified performance. This information, in conjunction with the relevant specification, can be used to assess the acceptability of specimens.

If the specimens are subjected to vibration of a deterministic transient or periodic nature resulting from transportation or real life environments that are covered by other test methods, these are generally preferred. See IEC 60068-3-8 [1]¹ for estimating the dynamic vibration environment of the specimen and based on that, selecting the appropriate test method.

Annex A provides guidance and a list of details that can be considered for inclusion in specifications.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2-85: Tests – Test Fj: Vibration – Long time history replication

1 Scope

This part of IEC 60068 demonstrates the adequacy of specimens to resist dynamic loads without unacceptable degradation of its functional and/or structural integrity when subjected to the specified vibration test requirements as defined by a time history (long time history replication). These can either be recorded in measurement exercises or generated artificially. In both cases, this method allows for generating a test tailored to very specific applications.

Typical applications are tests in which very specific deterministic transient, periodical or random excitation is necessary and the characteristics of the motion are not covered by other test standards. This includes time histories not sufficiently represented by the standard shock tests of IEC 60068-2-27 [2] or a general description by a shock response spectrum as in IEC 60068-2-81 [3], periodical vibration that is not covered by a sinusoidal waveform as in IEC 60068-2-6, and random vibration that is not covered by the description of Gaussian or non-Gaussian (high kurtosis) broad-band random vibration of IEC 60068-2-64. However, the user is made aware that long time history replication uses a deterministic time history. Simulation of random vibration of any kind is approximated by quasi-random.

In addition, additional mixed mode tests are possible with this test method by generating time histories that are representations of the required test signals. This includes tests of high complexity.

The purpose of this test is different from IEC 60068-2-57 [4]. The purpose of IEC 60068-2-57 is an evaluation for a transient vibration using mainly a synthesized time history. A long time history test is mainly used for a durability and functionality test using an actual time history measured in a real field environment. It can also be used as a method to apply a simulated non-gaussian time history.

This document is applicable to specimens which can be subjected to vibration of a very specific nature resulting from transportation or operational environments, for example in aircraft, space vehicles and land vehicles. It is primarily intended for unpackaged specimens, and for items in their transportation container when the latter can be considered as part of the specimen itself. However, if the item is packaged, then the item itself is referred to as a product and the item and its packaging together are referred to as a test specimen. This document can be used in conjunction with IEC 60068-2-47, for testing packaged products.

Although primarily intended for electrotechnical specimens, this document is not restricted to them and can be used in other fields where desired (see Annex A).

This document is applicable for single axis excitation.

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 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-47, *Environmental testing – Part 2-47: Tests – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-64:2008, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

NOTE The terms used are generally defined in IEC 60050-300 [5], IEC 60068-1 [6], IEC 60068-2-6, and IEC 60068-5-2 [7] and ISO 2041 [8].

3.1

cross-axis motion

motion not in the direction of the stimulus, generally specified in the two axes orthogonal to the direction of the stimulus

Note 1 to entry: The cross-axis motion should be measured close to the fixing points.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.1]

3.2

fixing point

part of the specimen in contact with the fixture or vibration table at a point where the specimen is normally fastened in service

Note 1 to entry: If a part of the real mounting structure is used as the fixture, the fixing points are taken as those of the mounting structure and not of the specimen.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.3]

3.3

measuring points

specific points at which data are gathered for conducting the test

Note 1 to entry: These points are of three types, as defined in 3.4 to 3.6.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.6]

3.4

checkpoint

point located on the fixture, on the vibration table or on the specimen as close as possible to one of its fixing points, and in any case, rigidly connected to it

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.7, modified – The notes to entry have been deleted.]

3.5

control point

point, chosen from amongst the checkpoints, whose signal is used to control the test, such that the requirements of IEC 60068-2-85 are satisfied

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.8, modified – The term "reference point (single-point control)" has been replaced with "control point" and in the definition "this standard" has been replaced with "IEC 60068-2-85".]

3.6

response points

specific points on the specimen from which data is gathered for the purpose of the vibration response investigation

Note 1 to entry: These points are not the same as checkpoints or control points.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.10]

3.7

preferred testing axes

three orthogonal axes that correspond to the most vulnerable axes of the specimen

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.11]

3.8

specified time history

data file containing digital acceleration values varying with time to be replicated during the test

Note 1 to entry: The specified time history is usually based on recorded 'real life' digitized data, properly modified (e.g. filtered) for reproducibility on a shaker.

3.9

control time history

time history measured at the control point simulating the specified time history

3.10

error time history

difference between the specified time history and the control time history

3.11

equalization

minimization of the RMS of error time history

3.12

RMS value

root-mean-square value

square root of the average of the squared values of all functions over the total frequency interval f_1 and f_2

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.33, modified – The definition has been simplified.]

3.13

test frequency range

frequency range to use for processing control, as given in the relevant specification

3.14

probability density function

at a specified amplitude, ratio of the probability that the amplitude will be within a given incremental range, to the size of the incremental range

3.15

maximum response spectrum

curve giving the value of the highest peak of the response of a linear single degree of freedom system (SDOF system) to vibration, according to its natural frequency, for a given damping ratio

Note 1 to entry: The response is described by the relative movement of the mass of this system in relation to its support.

3.16

fatigue damage spectrum

FDS

spectrum obtained by tracing the fatigue damage experienced by a linear single degree of freedom system (SDOF) according to its natural frequency, for a given damping ratio and for a given value of parameter *b*

Note 1 to entry: Parameter *b* comes from the Basquin law representing the Wöhler curve of the material constituting the structure.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

4 Requirements for test apparatus

4.1 General

The required characteristics apply to the complete vibration system, which includes the power amplifier, vibrator, test fixture, specimen and control system when loaded for testing.

The standardized test method consists of the following test sequence normally applied in each of the mutually perpendicular axes of the test specimen:

- 1) an initial vibration response investigation, with low level sinusoidal excitation, or low level random excitation, (see 8.2 and Clause A.1);
- 2) the long time history replication as the mechanical load or stress test;
- 3) a final vibration response investigation to compare the results with the initial one and to detect possible mechanical failures due to a change of the dynamic behaviour (see 8.2 and 8.5).

Where the dynamic behaviour is known, and it is not considered relevant, or sufficient data can be gathered during the test at full level, the relevant specification may not require pre and post test vibration response investigations.

4.2 Basic motion

The basic motion of the fixing points of the specimen shall be specified by the relevant specification. The fixing points shall have substantially identical motions in phase and amplitude and shall be rectilinear relative to the direction of excitation.

4.3 Cross-axis motion

Cross-axis motion shall be checked, if required by the relevant specification, either before the test is applied by conducting a sine or random investigation at a level specified by the relevant specification, or during testing by utilizing additional monitoring channels in the two perpendicular axes.

The maximum cross axis amplitude at the control point shall not exceed 50 % of the value of the specified axis. With large-size or high mass specimens it may be difficult to achieve this requirement. In such cases, the relevant specification shall state which of the following requirements applies:

- a) any cross-axis motion in excess of that given above shall be stated in the test report;

- b) a cross-axis motion which is known to offer no hazard to the specimen need not be monitored.

4.4 Mounting

The specimen shall be mounted in accordance with IEC 60068-2-47.

4.5 Measuring systems

The characteristics of the measuring system shall be such that it can be determined whether the value of the vibration as measured in the intended axis at the control point is within the tolerance required for the test.

The frequency range for long time history replication needs to extend to higher frequencies than the conventional vibration test.

The frequency response of the overall measuring system, which includes the transducer, the signal conditioner and the data acquisition and processing device, has a significant effect on the accuracy of the measurements. The frequency response of the measuring system shall be flat within $\pm 5\%$ over the test frequency range. Outside of this range any further deviation shall be stated in the test report. See Clause A.8.

5 Severities

The parameters for this test shall be based on the purpose for which it is being conducted and on the conditions the equipment is likely to experience in-service. Test time history is normally based on measured data derived from in-service conditions and usage. The time history may be edited to make it suitable for the system to handle. The test parameters may contain the number of repetitions of the time history, as long as fulfilling the intended purpose of the test is not endangered by the modifications.

6 Preconditioning

If the relevant specification calls for preconditioning it shall then specify the conditions.

7 Initial measurements and functional performance test

The specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional and any other checks as specified by the relevant specification.

8 Testing

8.1 General

Testing follows the sequence specified by the relevant specification. The different steps are as follows:

- initial vibration response investigation, if specified;
- low-level excitation for equalization before proceeding to the full level test in one continuous mode;
- long time history replication;
- final vibration response investigation, if specified.

The specimen shall be excited in each of the preferred testing axes in turn, unless otherwise specified by the relevant specification. The order of the testing along these axes is not important, unless specified by the relevant specification. If the specimen is sensitive to gravity, for example

a mercury tilt switch, then vibration may only be applied in its normal service position and shall be specified by the relevant specification.

Special action is necessary when a specimen normally intended for use with vibration isolators needs to be tested without them. See Clause A.3 and Clause A.4. See also IEC 60068-2-47.

8.2 Initial vibration response investigation

The relevant specification may specify a vibration response investigation in each axis either before, or both before and after long time history replication testing.

When specified in the relevant specification, the dynamic response for at least one point on the specimen in the defined frequency range shall be investigated. The number and position of the response points shall be clearly defined in the relevant specification. The vibration response investigation may be performed with sinusoidal or random vibration in a test frequency range and with a test level as specified by the relevant specification. Reference shall be made to IEC 60068-2-6 for sinusoidal vibration and to IEC 60068-2-64 for random vibration excitation. Also see IEC 60068-3-8 for more information and the advantages and disadvantages of each method.

The response investigation shall be carried out with a test level selected so that the response of the specimen remains less than during long time history replication but at a sufficiently high level to detect critical frequencies.

When sinusoidal excitation is used, at least one sweep cycle over the test frequency range specified by the relevant specification shall be performed with an acceleration amplitude $\leq 10 \text{ m/s}^2$ or a displacement amplitude of $\pm 1 \text{ mm}$, whichever is less. The vibration amplitude shall be adapted in order to prevent a higher stress on the specimen than during long time history replication. A sweep rate of one octave per minute shall be applied to determine the frequencies and amplitudes of the resonances. If there is concern about exciting the structure to a full resonance then a faster sweep rate may be applied as an indication of frequency and relative amplitude of the resonance within the frequency band of interest. Investigations at slower sweep rates or sweeping back and forth around a known resonance may be required but shall be limited to the minimum time to obtain the results required. Undue dwell time is to be avoided. The vibration amplitude may be varied as required.

In the case of sinusoidal excitation, it should be remembered that, in the case of non-linear behaviour, the frequency corresponding to the maximum response will change depending on the direction of the frequency variation during the sweep. For random excitation non-linearities can influence the resonance behaviour. For sinusoidal and random excitation, the amplification at resonances may be dependent on the magnitude of the input vibration.

The response investigation with random vibration shall be carried out taking into account that the time of the test shall be long enough to minimize stochastic variations in the response. A random vibration response test shall be carried out over the specified test frequency range. At the lowest resonance frequency there shall be a minimum of five spectral lines within the frequency band at -3 dB of the resonance peak.

When random excitation is used, the RMS value of acceleration shall be selected in order to prevent a higher stress on the specimen of not more than 25 % of that during long time history replication. The duration shall be as short as possible, but at least long enough to make an analysis with degrees of freedom (DOF) = 120 possible. If the resonance response is observed and documented periodically during the full level test, special resonance investigations are not necessary.

The specimen shall be in functioning mode during this investigation if required by the relevant specification. Where the mechanical vibration characteristics cannot be assessed because the specimen is functioning, an additional vibration response investigation with the specimen not

functioning shall be carried out. During this stage, the specimen shall be examined in order to determine the critical frequencies which shall then be stated in the test report.

For the vibration response investigations of an 'undefined type' specimen or package, it may be necessary to measure different signals such as driving force or velocity. If specified by the relevant specification, for example, the mechanical impedance of the specimen shall be calculated before and after the test.

NOTE Mechanical impedance and other similar terms are defined in ISO 2041.

8.3 Low-level excitation for equalization prior to testing

Prior to long time history replication at the specified level, a preliminary excitation at lower levels with the real specimen may be necessary to equalize the signal and for preliminary analysis. It is important that at this stage the level of the acceleration applied is kept to a minimum.

The permitted durations for preliminary excitation are the following:

- below –12 dB of the specified level: no time limit;
- from –12 dB to –6 dB of the specified level: not more than 1,5 times the specified test duration;
- between –6 dB and 0 dB of the specified level: not more than 50 % of the specified test duration.
- The duration of preliminary excitation above –6 dB shall be kept to an absolute minimum. However, the possible complex nature of the time history may require longer times of preliminary excitation. The parameters of this process shall be recorded and reported in the test report.
- The duration of the preliminary excitation shall not be subtracted from the specified test duration, unless permitted by the relevant specification.

8.4 Testing with specimen functioning

When specified by the relevant specification, the specimen shall be functioning during a specified time interval during the testing, and its performance shall be checked.

8.5 Final vibration response investigation

If the relevant specification has specified an initial response investigation, it may also require an additional vibration response investigation on completion of the long time history testing, in order to determine whether changes or failures have occurred since the initial vibration response investigation. The final response investigation shall then be performed in the same manner at the same response points and with the same parameters as used for the initial vibration response investigation. Guidelines for the use of changes in vibration response, for example change of critical frequencies, is given in IEC 60068-3-8. The relevant specification shall state what action is to be taken if different results are obtained in the two investigations.

9 Recovery

It is sometimes necessary to provide a period of time after testing and before final measurements in order to allow the specimen to attain the same conditions, for example of temperature, as existed for the initial measurements. The relevant specification shall then specify the conditions for recovery.

10 Final measurements and functional performance

The specimen shall be submitted to visual, dimensional and functional checks and any others as specified by the relevant specification.

The relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen shall be based.

For the evaluation of vibration response results see IEC 60068-3-8.

11 Information to be given in the relevant specification

When this test is included in a relevant specification, the following details shall be given in so far as they are applicable, paying particular attention to the items marked with an asterisk (*) as this information is always required.

	Clause/subclause
a) Control point*,	A.2.2, A.2.3
b) Measuring points*,	3.3
c) Basic motion*,	4.2
d) Fixing points*,	3.2
e) Cross-axis motion,	4.3
f) Mounting of the specimen*,	4.4
g) Vibration tolerances for testing large-size or high-mass specimens,	4.3
h) Test frequency range*,	
i) The specified time history including any factors to achieve the required severities,	
j) Time history duration and number of replications or the total duration of the test,	A.3
k) Any applicable rest periods,	
l) Preconditioning,	6
m) Initial measurements*,	7
n) Preferred testing axes and order of testing*,	8.1
o) Initial and final vibration response investigation,	8.2, 8.5
p) Intermediate measurements,	
q) Recovery,	9
r) Final measurements and acceptance or rejection criteria*,	10
s) Uncertainty of measuring system,	
t) Performance and functional check.	10

12 Information to be given in the test report

As a minimum the test report shall show the following information:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1) Customer | (name and address) |
| 2) Test laboratory | (name and address) |
| 3) Test report identification | (date of issue, unique number) |
| 4) Test dates | |
| 5) Purpose of the test | (development test, qualification, etc.) |

- | | | |
|-----|--|--|
| 6) | Test standard, edition | (relevant test procedure) |
| 7) | Test specimen description | (initial status, unique ID, quantity, photo, drawing, etc.) |
| 8) | Mounting of test specimen | (fixture ID, drawing, photo, etc.) |
| 9) | Performance of test apparatus | (cross motion, etc.) |
| 10) | Measuring system, sensor location | (description, drawing, photo, etc. Also see 4.5) |
| 11) | Uncertainties of measuring system, if required by relevant specification | (overall uncertainty, calibration data, last/next date of calibration) |
| 12) | Initial, intermediate and/or final measurements | |
| 13) | Test specification with documentation | (measuring points, specified time history file name or ID, control time history file name or ID, test duration, number of repetitions) |
| 14) | Test results | (final status of test specimen) |
| 15) | Observations during testing and actions taken | |
| 16) | Summary of test | |
| 17) | Test manager | (name and signature) |
| 18) | Distribution | (list of those receiving the report) |

NOTE 1 A test log is written for the testing, where the test is documented by, for example, a chronological list of test runs with test parameters, observations during testing and actions taken and data sheets on measurements made. The test log can be attached to the test report.

NOTE 2 See also ISO/IEC 17025 [9].

Annex A (informative)

Guidance

A.1 General

The long time history replication test method utilizes measured time history response data in a laboratory test on a vibration exciter under closed loop control. The long time history replication test method is preferable over random vibration or shock SRS approaches when specific details of a complex time history are required to be retained in the test, which can only be achieved by directly reproducing the actual service loading. Positive benefits are that the damage potential of the long time history replication test most closely matches those of the in-service environment viz. specimen internal stress intensities and other internal loading effects. A further advantage is that it is relatively simple to include factors on the time history to take into account the effects of unknowns and to build in an appropriate margin of confidence.

In order to ensure that the long time history replication test is within the capabilities of the vibration exciter some manipulation of the measured time history will invariably be required. Typically, it may be necessary to adopt a two-level test or to use data manipulation tools such as filters.

The use of any vibration inducing equipment capable of satisfying the test requirements stated in this test method is acceptable.

The performance of most digital vibration control equipment likely to be employed for long time history replication testing can be expected to be similar. Using some selectable parameters of the vibration control equipment, an estimate can be made to establish the difference between the specified time history and the control time history. This does not take into account other sources of uncertainty as defined in ISO/IEC 17025 [9]. These parameters, which are dependent on each other, can therefore be chosen so that an optimum similarity between the two time histories is achieved.

Equalization of the specified time history may require several repetitions of the control loop, the duration depending on several factors, such as hardware configuration, total system transfer function, control algorithm and test parameters, which can be adjusted prior to the test.

A vibration response investigation gives essential information about the specimen/vibrator interaction. For example, this investigation could reveal excessive test fixture vibration amplification or coincident resonance between fixture and specimen. It is therefore recommended that prior to mounting a specimen in its fixture a dynamic response survey or modal test be performed on the fixture and necessary modifications performed to avoid putting unrealistic loads into the specimen.

A.2 Requirements for testing

A.2.1 Single-point control

The time history excitation is controlled to within specified bounds by sampling the vibratory motions of the specimen under test at a specific location. This location may be at, or in close proximity to, the specimen fixing points (controlled input) or at a defined point on the specimen (controlled response). The vibratory motion for the long time history replication test is sampled at a single point (single point control).

Controlled input testing ensures the excitation time history is controlled within specified bounds at one of the equipment's normal attachment points. Controlled response testing ensures that the specified time history is achieved as a response of the specimen. Both control methods are

applicable when the specified severities represent actual in-service equipment responses. Controlled response testing requires that the dynamic characteristics of the equipment and mounting fixture are similar to those associated with the in-service usage. This will generally require knowledge of the dynamic characteristics of the equipment and mounting fixture, which can be evaluated by testing.

Normally the long time history replication test should use control location, which is coincident with those used to acquire the in-service data. Otherwise many advantages of this test method will be negated. However, when it is impractical to achieve this requirement the following procedures can be adopted.

A.2.2 Controlled input testing

The following guidance is applicable for a controlled input test. The control point should be selected on the following basis:

- 1) For specimens with a single fixing point the control point should be adjacent to the fixing point.
- 2) For specimens with more than one fixing point and when the time history severities at the fixing points are similar, then the point that produces the severity closest to the test specification should be selected.

In all cases the control point should be specified in the relevant specification.

A.2.3 Controlled response testing

The following guidance is applicable for a controlled response test. The control point should be selected on the following basis:

- 1) When choosing the control location from measured data then the control location should be chosen from the available measurements at representative locations on the specimen. The location should be selected to optimize the overall dynamic responses to adequately replicate the operational conditions.
- 2) To avoid over or under test of the specimen it may be necessary to include additional limit control points at the specimen extremities.

Undertaking controlled response testing requires knowledge of the specimen dynamic response characteristics and its interaction with the test rig. Such information is obtained from precursor testing. When this test is required to be undertaken at temperatures other than ambient then the characterization should be undertaken at the specified extremes of temperature.

A.2.4 Verification parameters

Each of the verification methods described below addresses different parameters associated with a time history. To gain a comprehensive assessment of the similarity of two time histories it is necessary to employ a number of the methods described. These methods provide the test specifier with quantitative and qualitative assessments, thereby adding confidence to the verification process.

The following parameters may be used to verify a long time history replication vibration testing. However, all of the verification methods described below have some form of limitation. For this reason, it is recommended that multiple verification methods are applied during the verification process.

- time history comparison, difference and overlay,
- RMS of error time history,
- instantaneous peak levels,
- peak-hold spectra
- amplitude probability density,

- maximum response spectra,
- fatigue damage spectra,
- cycle counting methods like level crossing or rain flow counts,
- power spectral density,
- block statistical moments including mean and standard deviation, skewness and kurtosis.

Comparisons between the peak levels associated with the required test specification time history and the measured specimen response time history is particularly useful for time histories containing pronounced transients where quantitative comparison can be undertaken and limits applied. Peak-hold levels offer an additional method of comparison, although this can be considered to be a relatively crude quantitative approach.

Comparison of amplitude probability densities is a more useful way of comparing time history amplitudes when longer duration, vibration type, time histories are being compared. Again, quantitative comparison can be undertaken within specified limits.

Maximum response spectra (MRS) comparisons between the specified time history and the measured specimen response time history provides an analytical method to compare the effects of the time histories over a wide frequency range. A simple visual comparator is to overlay the specimen's response MRS with that specified for the given time history. The use of fatigue damage spectra (FDS) allows comparison of the effects of the time histories in terms of potential fatigue damage whilst retaining information relating to the frequency content of the time history. A limitation of FDS is that it requires assumptions relating to the fatigue properties of the specimen.

The use of level crossing or cycle counting (e.g. rain flow method) [3] techniques allows comparison of the relative amplitude of occurrence within the time histories. These amplitude occurrences can then be related to fatigue and other damage modes of the specimen. A limitation is that level crossing or cycle counting does not indicate time history frequency content. The comparison of level crossing counting histogram of the specified time history with the one of the control time history allows to check amplitude dependent errors and enables for control optimization.

The use of power spectral densities (PSDs) will indicate the frequency content of longer duration time histories. However, the statistical errors can be significant because of insufficient record length. In such cases block statistics may offer a more statistically sound approach.

For longer duration time histories, the use of block statistics, such as amplitude RMS, mean, standard deviation, skewness and kurtosis can be made quantitatively and limits can be applied.

The test specification should specify the tolerances and parameters to which they apply. The following tolerance levels are provided as a guide.

- 1) The control time history should not deviate by more than 20 % from the specified time history for at least 90 % of the time.
- 2) Instantaneous peak levels and block RMS should be within 10 %.
- 3) The amplitudes for a specific amplitude probability should be within 20 % of that specified.
- 4) Maximum response spectrum should be within ± 3 dB of those computed from the specified time history.
- 5) The fatigue damage spectrum should be within ± 6 dB of that computed from the specified time history.
- 6) The cycle and level crossing counts should be within 10 % of those for the specified time history.
- 7) Power spectral density (PSD) should be ± 3 dB of the PSD of the specified time history.

8) The test duration is to be within ± 2 % of that specified.

A.3 Testing procedures

Where the test is simply to demonstrate the ability of a specimen to survive and operate at the appropriate excitation levels, the test need only continue for a duration sufficient to demonstrate this requirement. In cases where the ability of an item to withstand the cumulative effects of vibration is to be demonstrated, for example fatigue and mechanical deformation, the test should be of a sufficient duration to accumulate the necessary stress cycles, although this may give a duration outside the values specified.

For endurance testing of an equipment normally mounted on isolators, the isolators are usually fitted. If it is not possible to perform the test with the appropriate isolators, for example if the equipment is installed together with other equipment on a common mounting device, the equipment may be tested without them with a specified different severity. The severity should be determined by taking into account the transmissibility of the isolating system in each axis used for the test. When the characteristics of the isolators are not known, reference should be made to Clause A.4.

The relevant specification may require an additional test on a specimen with the external isolators removed or blocked in order to demonstrate that minimum acceptable structural resistance has been achieved. In this case, the severity to be applied should be specified by the relevant specification.

A.4 Equipment normally used with vibration isolators

A.4.1 Transmissibility factors for isolators

IEC 60068-2-47 provides a full description of what to do for situations where testing should be conducted with isolators but they are not available for testing.

A.4.2 Temperature effect

It is important to note that many isolators contain material whose mechanical properties may be temperature sensitive. If the fundamental resonance frequency of the specimen on the isolators is within the test frequency range, caution needs to be exercised in deciding the length of time for which any excitation should be applied. However, under some circumstances it may be unreasonable to apply excitation continuously without permitting recovery. If the actual time distribution of excitation of this fundamental resonance frequency is known, an attempt should be made to simulate it. If the actual time distribution is not known, excessive overheating should be avoided by limiting the periods of excitation in a manner that will require engineering judgement.

A.5 Test severities

Wherever possible, the test severity applied to the specimen should be related to the environment to which the specimen will be subjected.

When determining the test severity, consideration should be given to the possible need to allow an adequate safety margin between the test severity and the conditions of the real environment.

A.6 Equipment performance

When appropriate, specimens should be operated either throughout the test or at appropriate phases of the test, in a manner representative of their functioning conditions.

For specimens in which vibration may influence the switch-on and switch-off function, for example interfering with the operation of a relay, such functioning should be repeated to demonstrate a satisfactory performance in this respect during the test.

If the test is to demonstrate survival only, the functional performance of specimens should be assessed after the completion of the vibration test.

A.7 Initial and final measurements

The purpose of the initial and final measurements is to compare particular parameters in order to assess the effect of vibration on the specimen.

The measurements may include, as well as visual requirements, electrical and mechanical operational and structural characteristics.

A.8 Frequency range

Time history replication can be used with waveforms which are not necessarily stationary or Gaussian. The primary requirement for utilizing the time history replication method is that the frequency range of the waveform to be reproduced, needs to be less than the frequency range capability of the excitation facilities to be used. If the time history replication method is used to replicate purely vibration responses, the frequency range of the waveform needs only to be a little less than the frequency range capability of the excitation facilities. However, if used to reproduce shock waveforms, the frequency range of the waveform may be significantly limited, typically a tenth of the frequency range capability of the excitation facilities. In reality the time history replication test is most likely to be used with a mix of pure vibration with some imbedded transients.

The relevant specification should state the frequency range in which the time history replication waveform has a significant influence. The upper frequency of this frequency range may need to be set in order to replicate the waveform of any transient elements. To adequately define such events, the upper frequency of the test frequency range may need to be greater than would normally be required for an equivalent conventional Gaussian vibration test.

In practice, the required waveform and input to the exciter control system will almost always differ slightly from the waveform measured at the control point on the specimen. This is because the waveform measured at the control point is the digital representation of the required waveform, modified by the exciter control system, to allow it to be reproduced by the exciter. The exciter control system modifies the required waveform to compensate for the frequency response characteristics of the excitation system, as well as to ensure the characteristics of the waveform remain within the capability of the excitation system (typically its acceleration, velocity and displacement capability). The compensation applied for the frequency response characteristics of the excitation system, assumes linearity. Consequently, any non-linear behaviour of the excitation system, rig and specimen may not be compensated for correctly. In practice, this will appear as differences between the required and achieved waveforms. To reduce errors due to such non-linearity, some commercially available time history replication control systems allow different compensation models to be used for different portions of the waveform.

In order to ensure that the time history replication test is within the capabilities of the excitation equipment, some manipulation of the measured waveform will invariably be required. To ensure that the required waveform has a frequency range within the capability of the excitation system to be utilized, it may be necessary to low-pass filter the required waveform. The required waveform may also need to be high-pass filtered to remove low-frequency components that result in displacement over-travel conditions or a velocity limit violation for the exciter. The need for high-pass filtering can be established by numerically integrating the acceleration waveform to obtain a velocity waveform and by subsequently numerically integrating the velocity waveform to obtain a displacement waveform. This integration process associated with time

history data will include integration errors, particularly associated with low amplitude mean offsets in the data. Additionally, the peak acceleration in the required waveform should not, when considered with the overall mass to be driven, exceed the exciter force limits. Following any necessary manipulation of the measured waveform, it is always necessary to verify that its application is within the physical and control capabilities of the excitation equipment to be used.

The current capabilities of time history replication control software allow testing up to around 10 kHz. However, the frequency capabilities of the majority of mechanical excitation systems will be less than this. A capability of 2 kHz to 3 kHz is commonly available, although, large electro-dynamic exciters coupled to large slip tables can be lower. Electro-hydraulic systems may be practically limited to 500 Hz.

Bibliography

- [1] IEC 60068-3-8, *Environmental testing – Part 3-8: Supporting documentation and guidance – Selecting amongst vibration tests*
- [2] IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
- [3] IEC 60068-2-81, *Environmental testing – Part 2-81: Tests – Test Ei: Shock – Shock response spectrum synthesis*
- [4] IEC 60068-2-57, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history and sine-beat method*
- [5] IEC 60050-300, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 300: Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument* (available at <http://www.electropedia.org>)
- [6] IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
- [7] IEC 60068-5-2, *Environmental testing – Part 5-2: Guide to drafting of test methods – Terms and definitions*
- [8] ISO 2041, *Vibration and shock – Vocabulary*
- [9] ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*
- [10] IEC 60721-3 (all parts), *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities*
- [11] DIN ENV 13005², *Guide to the expression of uncertainty in measurement*
- [12] Downing, S.D., Socie, D.F. (1982). *Simple rainflow counting algorithms. International Journal of Fatigue, Volume 4, Issue 1, January, 31-40*

² Withdrawn.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	27
3 Termes et définitions	27
4 Exigences pour l'appareillage d'essai	29
4.1 Généralités	29
4.2 Mouvement fondamental	30
4.3 Mouvement d'axe transversal	30
4.4 Montage du spécimen	30
4.5 Systèmes de mesure	30
5 Sévérités	30
6 Préconditionnement	30
7 Mesures initiales et essai de performance de fonctionnement	31
8 Essai	31
8.1 Généralités	31
8.2 Recherche et étude initiales des fréquences critiques	31
8.3 Excitation à bas niveau pour l'égalisation avant l'essai	32
8.4 Essais avec spécimen en fonctionnement	33
8.5 Recherche et étude finales des fréquences critiques	33
9 Reprise	33
10 Mesures finales et essai de performance de fonctionnement	33
11 Renseignements à fournir dans la spécification pertinente	33
12 Renseignements à fournir dans le rapport d'essai	34
Annexe A (informative) Recommandations	36
A.1 Généralités	36
A.2 Exigences pour l'essai	37
A.2.1 Pilotage à partir d'un seul point	37
A.2.2 Essai de pilotage d'entrée	37
A.2.3 Essai de pilotage de réponse	37
A.2.4 Paramètres de vérification	38
A.3 Méthodes d'essai	39
A.4 Matériels normalement utilisés avec des amortisseurs de vibrations	40
A.4.1 Facteurs de transmissibilité pour les amortisseurs	40
A.4.2 Effet de la température	40
A.5 Sévérités de l'essai	40
A.6 Performance du matériel	40
A.7 Mesures initiales et finales	40
A.8 Plage de fréquences	41
Bibliographie	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

**Partie 2-85: Essais – Essai Fj: Vibrations –
Reproduction dans le temps par accélérogrammes**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60068-2-85 a été établie par le comité d'études 104 de l'IEC: Conditions, classification et essais d'environnement.

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

FDIS	Rapport de vote
104/833/FDIS	104/840/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60068, publiées sous le titre général *Essais d'environnement*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

INTRODUCTION

Cette première édition de l'IEC 60068-2-85 a été initiée en 2008 et une première proposition a été élaborée en 2011. Elle a été élaborée sur la base de la norme IEC 60068-2-64:2008 existante qui décrit une méthode d'essai similaire sur le plan technique, modifiée en conséquence. Cela facilite la mise en application et la maintenance des deux normes.

Les différences sont que le présent document s'appuie sur un accélérogramme spécifié et qu'il ne définit aucun spectre d'essai.

La présente partie de l'IEC 60068 traite des essais de reproduction des vibrations par accélérogrammes et elle est prévue pour une application générale à des composants, matériels et autres produits, désignés dans la suite du document par le terme "spécimens", qui peuvent être soumis à des vibrations d'une nature quelconque qui ne sont pas couvertes par les autres méthodes d'essai de vibrations existantes. Les méthodes et techniques du présent document sont fondées sur l'asservissement numérique des vibrations dans le domaine temporel, ce qui permet une définition plus souple du signal d'entrée des vibrations et convient ainsi aux cas particuliers présentés dans la spécification pertinente.

Comparé à la plupart des autres essais, l'essai Fj repose sur des techniques déterministes, et il est admis par hypothèse que l'accélérogramme soit de longue durée. Il n'existe pratiquement aucune restriction concernant les caractéristiques vibratoires, en dehors des limites techniques de l'appareillage d'essai.

Dans la mesure où, pour cet essai, le signal d'entrée des vibrations est spécifié par un accélérogramme numérique stocké dans un fichier, il n'existe pas de méthode générale pour comparer deux sévérités d'essai distinctes. Les tolérances sur les vibrations ne peuvent pas être exprimées par une mesure unique, car ce paramètre dépend de l'objet de l'essai. Par conséquent, l'accent est mis sur le fait que l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes exige toujours un niveau de compétence en ingénierie élevé, pour l'utilisateur comme pour le rédacteur de la spécification. Il est prévu que le rédacteur d'une spécification pertinente choisisse la procédure d'essai, l'accélérogramme d'essai ainsi que sa sévérité, les tolérances et les méthodes d'analyse appropriés au spécimen et à son utilisation.

Cette méthode d'essai est essentiellement fondée sur l'utilisation d'un générateur de vibrations électrodynamique ou servohydraulique avec système de commande informatisé associé qui est utilisé comme moyen d'essai de vibrations.

L'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes peut être utilisé pour identifier les effets de contraintes accumulées, ainsi que la faiblesse et la dégradation mécaniques résultantes de la performance spécifiée. Ces informations, conjointement avec la spécification pertinente, peuvent être utilisées pour évaluer l'acceptabilité des spécimens.

Si les spécimens sont soumis à des vibrations de nature déterministe transitoire ou périodique, résultant du transport ou des environnements de la vie réelle couverts par d'autres méthodes d'essai, ces dernières sont, en règle générale, privilégiées. Pour l'estimation de l'environnement vibratoire dynamique du spécimen et le choix de la méthode d'essai appropriée, se référer à l'IEC 60068-3-8 [1]¹.

L'Annexe A fournit des recommandations et une liste des informations qui peuvent être prises en compte dans les spécifications.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-85: Essais – Essai Fj: Vibrations – Reproduction dans le temps par accélérogrammes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60068 a pour objet de démontrer la capacité des spécimens à résister aux charges dynamiques sans dégradation inacceptable de leur intégrité de fonctionnement et/ou de structure, lorsqu'ils sont soumis aux exigences d'essais de vibrations spécifiées, définies par un accélérogramme (reproduction des vibrations dans le temps). Ces vibrations peuvent être enregistrées lors de sessions de mesure ou être générées artificiellement. Dans les deux cas, cette méthode permet de réaliser un essai adapté à des applications bien spécifiques.

Les applications courantes sont les essais pour lesquels une excitation déterministe bien spécifique, transitoire, périodique ou aléatoire est nécessaire et dont les caractéristiques de mouvement ne sont pas couvertes par d'autres normes d'essai. Cela inclut les accélérogrammes qui ne sont pas suffisamment représentés par les essais de chocs normalisés de l'IEC 60068-2-27 [2] ou par la description générale du spectre de réponse au choc de l'IEC 60068-2-81 [3], les vibrations périodiques qui ne sont pas couvertes par la forme d'onde sinusoïdale de l'IEC 60068-2-6, ainsi que les vibrations aléatoires qui ne sont pas couvertes par la description des vibrations aléatoires à large bande, gaussiennes ou non gaussiennes (aplatissement élevé) de l'IEC 60068-2-64. Toutefois, l'utilisateur est informé qu'un accélérogramme déterministe est utilisé pour l'essai de reproduction des vibrations. La simulation d'une vibration aléatoire de type quelconque est approchée par une méthode quasi aléatoire.

En outre, des essais supplémentaires de type mixte sont possibles avec cette méthode d'essai, en générant des accélérogrammes représentatifs des signaux d'essai exigés. Sont inclus les essais de haute complexité.

L'objet de cet essai est différent de celui de l'IEC 60068-2-57 qui est d'évaluer les vibrations transitoires en utilisant principalement un accélérogramme synthétisé. Un essai prolongé par accélérogrammes vise essentiellement à soumettre à l'essai la durabilité et la fonctionnalité au moyen d'un accélérogramme réel, mesuré dans un environnement réel. Il peut également être utilisé comme méthode d'application d'un accélérogramme non gaussien simulé.

Le présent document est applicable aux spécimens pouvant être soumis à des vibrations de nature bien spécifique, dues au transport ou à l'environnement rencontré en service, par exemple à bord d'avions, de véhicules spatiaux ou de véhicules terrestres. Il est destiné en premier lieu à des spécimens non emballés et à des objets dans leur emballage de transport lorsque celui-ci peut être vu comme faisant partie du spécimen lui-même. Cependant, si l'article est emballé, alors l'article lui-même est désigné comme produit et l'article ainsi que son emballage sont désignés comme spécimen d'essai. Le présent document peut être utilisé conjointement avec l'IEC 60068-2-47 pour l'essai des produits emballés.

Bien qu'il soit destiné en premier lieu à des spécimens électrotechniques, le présent document ne s'applique pas seulement à ceux-ci et peut être utilisé dans d'autres domaines, s'il y a lieu (voir Annexe A).

Le présent document s'applique aux excitations selon un axe unique.

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 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-47, *Essais d'environnement – Partie 2-47: Essais – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques*

IEC 60068-2-64:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

NOTE Les termes utilisés sont généralement définis dans l'IEC 60050-300 [5], l'IEC 60068-1 [6], l'IEC 60068-2-6, l'IEC 60068-5-2 [7] et l'ISO 2041 [8].

3.1

mouvement d'axe transversal

mouvement n'étant pas dans le sens du stimulus; généralement spécifié dans les deux axes orthogonaux en direction du stimulus

Note 1 à l'article: Il convient de mesurer le mouvement d'axe transversal près des points de fixation.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.1]

3.2

point de fixation

partie du spécimen en contact avec le bâti de fixation ou la table vibrante en un point où le spécimen est normalement fixé lorsqu'il est utilisé

Note 1 à l'article: Si une partie de la structure normale de montage est utilisée comme bâti, les points de fixation sont pris comme étant ceux de la structure de montage et non ceux du spécimen.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.3]

3.3

points de mesure

points particuliers où des données sont recueillies pour réaliser l'essai

Note 1 à l'article: Ces points sont de trois types, comme défini de 3.4 à 3.6.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.6]

3.4**point de vérification**

point situé sur le bâti de fixation, sur la table vibrante ou sur le spécimen le plus près possible d'un des points de fixation et, dans tous les cas, lié de manière rigide à ce dernier

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.7, modifié – Les notes à l'article ont été supprimées.]

3.5**point de pilotage**

point choisi parmi les points de vérification et dont le signal est utilisé pour piloter l'essai afin de satisfaire aux exigences de l'IEC 60068-2-85

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.8, modifié – Le terme "point de référence (asservissement en un seul point)" a été remplacé par "point de pilotage" et, dans la définition, "la présente norme" a été remplacé par "l'IEC 60068-2-85".]

3.6**points de réponse**

points spécifiques du spécimen d'où les données sont collectées pour les besoins de la recherche et de l'étude des fréquences critiques

Note 1 à l'article: Ces points ne sont pas les mêmes que les points de vérification ou de référence.

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.10]

3.7**axes préférentiels d'essai**

trois axes orthogonaux correspondant aux axes les plus vulnérables du spécimen

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.11]

3.8**accélérogramme spécifié**

fichier de données contenant des valeurs d'accélération numériques, variant dans le temps, à reproduire au cours de l'essai

Note 1 à l'article: L'accélérogramme spécifié repose habituellement sur des données "réelles" enregistrées et numérisées, correctement modifiées (filtrées, par exemple) aux fins de leur reproductibilité sur un agitateur.

3.9**accélérogramme de pilotage**

accélérogramme mesuré au point de pilotage, simulant l'accélérogramme spécifié

3.10**erreur sur l'accélérogramme**

différence entre l'accélérogramme spécifié et l'accélérogramme de pilotage

3.11**égalisation**

minimisation de la valeur efficace de l'erreur sur l'accélérogramme

3.12**valeur efficace****valeur quadratique moyenne**

racine carrée de la moyenne des carrés des valeurs de toutes les fonctions dans l'intervalle de fréquence total f_1 et f_2

[SOURCE: IEC 60068-2-64:2008, 3.33, modifié – La définition a été simplifiée.]

3.13

plage de fréquences d'essai

plage de fréquences à utiliser pour le pilotage, comme indiqué dans la spécification pertinente

3.14

fonction de la densité de probabilité

pour une amplitude spécifiée, rapport de la probabilité que l'amplitude soit comprise dans une plage incrémentale donnée sur la taille de la plage incrémentale

3.15

spectre de réponse maximale

courbe indiquant la valeur de la crête la plus élevée de la réponse d'un système linéaire à simple degré de liberté (système SDOF, *single degree of freedom*) aux vibrations, conformément à sa fréquence naturelle, pour un taux d'amortissement donné

Note 1 à l'article: La réponse est décrite par le mouvement relatif de la masse de ce système par rapport à son support.

3.16

spectre des dommages par fatigue

FDS

spectre obtenu par le traçage des dommages par fatigue que subit un système linéaire à simple degré de liberté (SDOF) selon sa fréquence naturelle, pour un taux d'amortissement donné et pour une valeur donnée du paramètre b

Note 1 à l'article: Le paramètre b est tiré d'une loi de Basquin représentant la courbe de Wöhler du matériau dont la structure est constituée.

Note 2 à l'article: Le terme abrégé "FDS" est dérivé du terme anglais développé correspondant "fatigue damage spectrum".

4 Exigences pour l'appareillage d'essai

4.1 Généralités

Les caractéristiques exigées s'appliquent au système complet de vibrations, comprenant l'amplificateur de puissance, la table vibrante, le bâti de fixation, le spécimen et le système de commande, le tout chargé, prêt à l'essai.

La méthode d'essai normalisée est constituée de la séquence d'essai suivante normalement appliquée dans chacun des axes perpendiculaires du spécimen d'essai:

- 1) une recherche et une étude initiales des fréquences critiques, avec une excitation sinusoïdale à bas niveau ou une excitation aléatoire à bas niveau (voir 8.2 et Article A.1);
- 2) la reproduction des vibrations par accélérogrammes comme la charge mécanique ou l'essai de contrainte;
- 3) une recherche et une étude finales des fréquences critiques en vue de comparer les résultats avec la recherche et l'étude initiales et en vue de détecter les défaillances mécaniques éventuelles en raison d'un changement du comportement dynamique (voir 8.2 et 8.5).

Lorsque le comportement dynamique est connu et n'est pas jugé pertinent, ou que des données suffisantes peuvent être recueillies pendant l'essai au niveau complet, la spécification pertinente peut ne pas exiger de recherches ni d'études des fréquences critiques avant ou après l'essai.

4.2 Mouvement fondamental

Le mouvement fondamental des points de fixation du spécimen doit être indiqué dans la spécification pertinente. Les points de fixation doivent avoir des mouvements sensiblement identiques en phase et en amplitude et doivent être rectilignes par rapport au sens d'excitation.

4.3 Mouvement d'axe transversal

Le mouvement d'axe transversal doit être vérifié, si la spécification pertinente l'exige, soit avant de réaliser l'essai en effectuant une recherche et une étude sinusoïdales ou aléatoires au niveau indiqué dans la spécification pertinente, ou pendant l'essai en utilisant des voies de surveillance supplémentaires dans les deux axes perpendiculaires.

L'amplitude maximale de l'axe transversal au point de pilotage ne doit pas dépasser 50 % de la valeur de l'axe spécifié. Pour des spécimens volumineux ou lourds, il peut être difficile de respecter cette exigence. Dans de tels cas, la spécification pertinente doit indiquer quelle exigence s'applique parmi les suivantes:

- a) tout mouvement d'axe transversal dépassant les limites ci-dessus doit être indiqué dans le rapport d'essai;
- b) un mouvement d'axe transversal ne présentant aucun danger pour le spécimen ne nécessite aucun contrôle.

4.4 Montage du spécimen

Le spécimen doit être monté conformément à l'IEC 60068-2-47.

4.5 Systèmes de mesure

Les caractéristiques du système de mesure doivent être telles qu'il puisse être déterminé si la valeur de la vibration mesurée selon l'axe prévu au point de pilotage se situe dans les limites des tolérances exigées pour l'essai.

Il est nécessaire d'étendre la plage de fréquences pour l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes à des fréquences supérieures à celles de l'essai de vibrations conventionnel.

La réponse en fréquence du système de mesure complet, qui inclut le transducteur, le conditionneur de signal et le dispositif d'acquisition et de traitement des données, a un effet significatif sur la précision des mesures. La réponse en fréquence du système de mesure doit être plate dans les limites de ± 5 % de la plage de fréquences d'essai. En dehors de cette plage, tout écart supplémentaire doit être indiqué dans le rapport d'essai. Voir Article A.8.

5 Sévérités

Les paramètres d'essai doivent être déterminés en fonction de l'objet de l'essai proprement dit, ainsi que des conditions que le matériel est susceptible de rencontrer en service. L'accélérogramme d'essai repose normalement sur les données mesurées à partir des conditions et de l'utilisation en service. L'accélérogramme peut être modifié de manière à l'adapter au système concerné. Les paramètres d'essai peuvent inclure le nombre de répétitions de l'accélérogramme, tant que les modifications ne compromettent pas l'objet prévu de l'essai.

6 Préconditionnement

Si la spécification pertinente exige un preconditionnement, elle doit alors en préciser les conditions.

7 Mesures initiales et essai de performance de fonctionnement

Le spécimen doit être soumis aux examens visuels, dimensionnels et fonctionnels, ainsi qu'à tout autre contrôle indiqué dans la spécification pertinente.

8 Essai

8.1 Généralités

L'essai respecte l'ordre indiqué dans la spécification pertinente. Les différentes étapes sont les suivantes:

- la recherche et l'étude initiales des fréquences critiques, si elles sont spécifiées;
- l'excitation à bas niveau pour l'égalisation avant d'effectuer l'essai de niveau complet en mode continu;
- la reproduction des vibrations par accélérogrammes;
- la recherche et l'étude finales des fréquences critiques, si elles sont spécifiées.

Sauf indication contraire dans la spécification pertinente, le spécimen doit être excité successivement selon chaque axe préférentiel d'essai. Sauf si cela est indiqué dans la spécification pertinente, l'ordre des essais selon ces axes n'a pas d'importance. Si le spécimen est sensible à la gravité, par exemple un interrupteur à bascule au mercure, alors la vibration peut uniquement être appliquée dans sa position de service normale et elle doit être indiquée dans la spécification pertinente.

Des dispositions particulières sont nécessaires lorsqu'un spécimen, normalement utilisé avec des amortisseurs de vibrations, nécessite d'être soumis à l'essai sans eux. Voir Article A.3 et Article A.4. Voir également l'IEC 60068-2-47.

8.2 Recherche et étude initiales des fréquences critiques

La spécification pertinente peut spécifier une recherche et une étude des fréquences critiques pour chaque axe avant, ou avant et après l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes.

Lorsque cela est indiqué dans la spécification pertinente, la réponse dynamique concernant au moins un point sur le spécimen dans la plage de fréquences spécifiée doit être étudiée. Le nombre et la position des points de réponse doivent être clairement définis dans la spécification pertinente. La recherche et l'étude des fréquences critiques peuvent être réalisées avec une vibration sinusoïdale ou aléatoire selon la plage de fréquences d'essai et le niveau d'essai indiqués dans la spécification pertinente. Pour les vibrations sinusoïdales, il faut se référer à l'IEC 60068-2-6; pour les excitations aléatoires, il faut se référer à l'IEC 60068-2-64. Pour plus d'informations et pour connaître les avantages et inconvénients de chaque méthode, se référer également à l'IEC 60068-3-8.

Cette recherche et cette étude doivent être réalisées selon le niveau d'essai retenu de façon à ce que la réponse du spécimen reste inférieure à celle obtenue lors de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes, tout en ayant un niveau suffisamment élevé pour détecter les fréquences critiques.

Lorsqu'une excitation sinusoïdale est utilisée, au moins un cycle de balayage doit être effectué sur la plage de fréquences d'essai indiquée dans la spécification pertinente, avec une amplitude d'accélération de $\leq 10 \text{ m/s}^2$ ou une amplitude de déplacement de $\pm 1 \text{ mm}$, la valeur la plus faible étant retenue. L'amplitude des vibrations doit être adaptée afin de ne pas soumettre le spécimen à des contraintes plus importantes que lors de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes. Une vitesse de balayage d'une octave par minute doit être appliquée pour déterminer les fréquences et amplitudes des résonances. En cas de difficulté d'excitation de la structure à une résonance complète, alors une vitesse de balayage

supérieure peut être appliquée comme indication de la fréquence et de l'amplitude relative de la résonance dans la bande de fréquences concernée. Des recherches à des vitesses de balayage plus faibles ou des balayages en va-et-vient autour d'une résonance connue peuvent être exigées, mais doivent être limitées à la durée minimale afin d'obtenir les résultats exigés. Tout arrêt prolongé doit être évité. L'amplitude des vibrations peut être modifiée autant qu'il est nécessaire.

En cas d'excitation sinusoïdale, il convient de rappeler que, dans le cas d'un comportement non linéaire, les fréquences correspondant à la réponse maximale varient selon le sens de variation de la fréquence d'excitation pendant le balayage. Pour l'excitation aléatoire, des défauts de linéarité peuvent influencer le comportement des résonances. Pour l'excitation sinusoïdale et aléatoire, l'amplification aux résonances peut dépendre de l'amplitude de la vibration d'excitation.

Cette recherche et cette étude avec des vibrations aléatoires doivent être réalisées en tenant compte du fait que la durée de l'essai doit être suffisamment longue pour réduire le plus possible les variations stochastiques de la réponse. Un essai de comportement aux vibrations aléatoires doit être effectué sur la plage de fréquences d'essai spécifiée. A la fréquence de résonance la plus basse, il doit y avoir un minimum de cinq raies spectrales dans la bande de fréquences à -3 dB de la crête de résonance.

Lorsqu'une excitation aléatoire est utilisée, la valeur efficace de l'accélération doit être choisie de manière à ne pas soumettre le spécimen à des contraintes supérieures d'au plus 25 % de celles rencontrées lors de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes. La durée doit être aussi courte que possible, mais suffisamment longue pour effectuer une analyse avec des degrés de liberté (DOF) = 120 si possible. Si la réponse de résonance est observée et régulièrement consignée lors de l'essai de niveau complet, des recherches de résonances particulières ne sont pas nécessaires.

Si la spécification pertinente l'exige, le spécimen doit être en mode fonctionnement pendant cette recherche. Si l'évaluation du comportement mécanique du spécimen sous l'effet des vibrations ne peut être réalisée parce qu'il est en fonctionnement, alors une recherche et une étude supplémentaires des fréquences critiques doivent être effectuées, le spécimen n'étant pas mis en fonctionnement. Au cours de cette étape, le spécimen doit être examiné pour déterminer les fréquences critiques qui doivent être notées dans le rapport d'essai.

Pour la recherche et l'étude des fréquences critiques d'un spécimen ou emballage de "type non défini", il peut être nécessaire de mesurer différents signaux tels que la force ou la vitesse d'excitation. Si cela est indiqué dans la spécification pertinente, par exemple, l'impédance mécanique du spécimen doit être calculée avant et après l'essai.

NOTE L'impédance mécanique et d'autres termes similaires sont définis dans l'ISO 2041.

8.3 Excitation à bas niveau pour l'égalisation avant l'essai

Avant l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes au niveau spécifié, il peut être nécessaire de soumettre le spécimen à une excitation préliminaire à un niveau réduit afin d'égaliser le signal et de réaliser une analyse préliminaire. Il est important, à ce stade, que le niveau d'accélération appliqué soit aussi réduit que possible.

Les durées admises pour l'excitation préliminaire sont les suivantes:

- | | |
|---|--|
| – au-dessous de -12 dB du niveau spécifié: | pas de limite de durée; |
| – entre -12 dB et -6 dB du niveau spécifié: | au plus 1,5 fois la durée d'essai spécifiée; |
| – entre -6 dB et 0 dB du niveau spécifié: | au plus de 50 % de la durée d'essai spécifiée. |

- La durée de l'excitation préliminaire au-dessus de -6 dB doit être maintenue à un minimum absolu. Toutefois, la nature complexe potentielle de l'accélérogramme peut exiger des durées d'excitation préliminaire plus importantes. Les paramètres de ce processus doivent être enregistrés et consignés dans le rapport d'essai.
- La durée de l'excitation préliminaire ne doit pas être déduite de la durée d'essai spécifiée, sauf si cela est admis par la spécification pertinente.

8.4 Essais avec spécimen en fonctionnement

Lorsque cela est indiqué dans la spécification pertinente, le spécimen doit être en fonctionnement pendant un laps de temps donné au cours de l'essai et ses performances doivent être vérifiées.

8.5 Recherche et étude finales des fréquences critiques

Si la spécification pertinente a précisé la recherche et l'étude initiales des fréquences critiques, elle peut également exiger une recherche et une étude supplémentaires des fréquences critiques à la fin de l'essai, afin de déterminer si des changements ou des défaillances sont apparus depuis la recherche et l'étude initiales des fréquences critiques. La recherche et l'étude finales doivent alors être réalisées de la même manière, aux mêmes points de réponse et avec les mêmes paramètres que ceux utilisés lors de la recherche et de l'étude initiales. Les lignes directrices pour l'utilisation des changements de comportement aux vibrations, par exemple la variation des fréquences critiques, sont fournies dans l'IEC 60068-3-8. La spécification pertinente doit indiquer les actions à entreprendre si des résultats différents sont obtenus lors de ces deux recherches.

9 Reprise

Il est parfois nécessaire de laisser un certain temps s'écouler après l'essai et avant les mesures finales pour permettre au spécimen de se retrouver dans les mêmes conditions qu'au début des mesures initiales, par exemple en ce qui concerne la température. La spécification pertinente doit alors préciser les conditions de reprise.

10 Mesures finales et essai de performance de fonctionnement

Le spécimen doit être soumis aux examens visuels, dimensionnels et fonctionnels, ainsi qu'à tout autre contrôle indiqué dans la spécification pertinente.

La spécification pertinente doit indiquer les critères sur lesquels doit reposer la décision d'acceptation ou du rejet du spécimen.

Pour l'évaluation des résultats du comportement aux vibrations, voir l'IEC 60068-3-8.

11 Renseignements à fournir dans la spécification pertinente

Lorsque cet essai est mentionné dans une spécification pertinente, les informations suivantes doivent être fournies dans la mesure où elles sont applicables, en accordant une attention particulière aux points marqués d'un astérisque (*) signifiant que ces informations sont toujours exigées.

	Article/Paragraphe
a) Point de pilotage*;	A.2.2, A.2.3
b) Points de mesure*;	3.3
c) Mouvement fondamental*;	4.2
d) Points de fixation*;	3.2
e) Mouvement d'axe transversal;	4.3
f) Montage du spécimen*;	4.4
g) Tolérances sur les vibrations pour les essais des spécimens volumineux ou lourds;	4.3
h) Plage de fréquences d'essai*;	
i) Accélérogramme spécifié, y compris tout facteur permettant d'atteindre les sévérités exigées;	
j) Durée de l'accélérogramme et nombre de répétitions ou durée totale de l'essai;	A.3
k) Toute période de repos applicable;	
l) Préconditionnement;	6
m) Mesures initiales*;	7
n) Axes préférentiels d'essai et ordre des essais*;	8.1
o) Recherche et étude initiales et finales des fréquences critiques;	8.2, 8.5
p) Mesures intermédiaires;	
q) Reprise;	9
r) Mesures finales et critères d'acceptation ou de rejet*;	10
s) Incertitude du système de mesure;	
t) Performance et vérification fonctionnelle.	10

12 Renseignements à fournir dans le rapport d'essai

Le rapport d'essai doit présenter au moins les informations suivantes:

- | | |
|---|--|
| 1) Client | (nom et adresse) |
| 2) Laboratoire d'essai | (nom et adresse) |
| 3) Identification du rapport d'essai | (date de parution, numéro unique) |
| 4) Dates des essais | |
| 5) Objet de l'essai | (essai de développement, d'homologation, etc.) |
| 6) Norme d'essai, édition | (procédure d'essai appropriée) |
| 7) Description du spécimen d'essai | (état initial, numéro d'identification unique, quantité, photo, dessin, etc.) |
| 8) Montage du spécimen d'essai | (numéro d'identification de la fixation, dessin, photo, etc.) |
| 9) Performance de l'appareillage d'essai | (mouvement transversal, etc.) |
| 10) Chaîne de mesure, emplacement du capteur | (description, dessin, photo, etc. Voir aussi 4.5) |
| 11) Incertitudes du système de mesure, si la spécification pertinente l'exige | (incertitude globale données d'étalonnage, dernière/prochaine date d'étalonnage) |
| 12) Mesures initiales, intermédiaires et/ou finales | |

- | | |
|---|--|
| 13) Spécification d'essai avec documentation | (points de mesure, nom de fichier de l'accélérogramme spécifié ou numéro d'identification, nom de fichier de l'accélérogramme de pilotage ou numéro d'identification, durée de l'essai, nombre de répétitions) |
| 14) Résultats des essais | (état final du spécimen d'essai) |
| 15) Observations au cours des essais et actions entreprises | |
| 16) Résumé de l'essai | |
| 17) Gestionnaire de l'essai | (nom et signature) |
| 18) Distribution | (liste des personnes recevant le rapport) |

NOTE 1 Une liste de contrôle des essais est établie pour les besoins des essais. Cette liste documente les essais en utilisant, par exemple, une liste chronologique des cycles d'essai avec les paramètres d'essai, les observations formulées lors des essais et les actions entreprises, ainsi que des fiches techniques sur les mesures réalisées. Cette liste de contrôle peut être jointe au rapport d'essai.

NOTE 2 Voir aussi l'ISO/IEC 17025 [9].

Annexe A **(informative)**

Recommandations

A.1 Généralités

La méthode d'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes utilise les données de réponse de l'accélérogramme mesurées dans un laboratoire d'essai au moyen d'un excitateur de vibrations sous contrôle en boucle fermée. La méthode d'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes est préférable aux approches par vibrations aléatoires ou par spectre de réponse au choc lorsque l'essai exige les détails spécifiques d'un accélérogramme complexe, ce qui ne peut être effectué que par une reproduction directe des charges réelles en service. L'intérêt est que le potentiel de dommages de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes est proche de celui de l'environnement en service, notamment en ce qui concerne l'intensité des contraintes internes du spécimen et d'autres effets liés aux charges internes. Un autre avantage est qu'il est relativement simple d'inclure à l'accélérogramme des facteurs permettant de tenir compte des effets de paramètres inconnus et d'établir une marge de confiance adéquate.

Afin de s'assurer que la durée de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes est conforme aux capacités de l'excitateur de vibrations, des ajustements de l'accélérogramme mesuré sont systématiquement nécessaires. En règle générale, il peut être nécessaire d'opter pour un essai à deux niveaux ou d'utiliser des outils de manipulation des données, tels que des filtres.

L'utilisation de tout équipement produisant des vibrations et capable de satisfaire aux exigences d'essai spécifiées dans la présente méthode d'essai est acceptable.

La performance de la plupart des matériels numériques de pilotage de vibrations, susceptibles d'être employés pour les essais de reproduction des vibrations par accélérogrammes, peut être présumée similaire. En utilisant certains paramètres disponibles du matériel de pilotage, une estimation peut être effectuée afin d'établir la différence entre l'accélérogramme spécifié et l'accélérogramme de pilotage. Cela ne tient pas compte d'autres sources d'incertitude définies dans l'ISO/IEC 17025 [9]. Ces paramètres interdépendants peuvent cependant être choisis afin d'obtenir une similitude optimale entre les accélérogrammes.

L'égalisation de l'accélérogramme spécifié peut exiger de parcourir plusieurs fois la boucle d'asservissement, la durée dépendant de plusieurs facteurs (configuration du matériel, fonction de transfert total du système, algorithme d'asservissement et paramètres d'essai) qui peuvent être ajustés avant l'essai.

La recherche et l'étude des fréquences critiques donnent des renseignements essentiels sur l'interaction entre le spécimen et la table vibrante. Par exemple, cette recherche peut faire apparaître une amplification excessive des vibrations du bâti de fixation ou une coïncidence entre une résonance du spécimen et du bâti de fixation. De ce fait, avant le montage d'un spécimen dans son bâti de fixation, il est recommandé de réaliser une investigation en réponse dynamique ou un essai modal sur le bâti de fixation et d'apporter les modifications nécessaires pour éviter de mettre des charges irréalistes à l'intérieur du spécimen.

A.2 Exigences pour l'essai

A.2.1 Pilotage à partir d'un seul point

L'excitation par accélérogrammes est pilotée à l'intérieur des limites spécifiées par échantillonnage des mouvements vibratoires du spécimen soumis à l'essai à un emplacement spécifique. Cet emplacement peut se trouver au niveau des points de fixation du spécimen ou à proximité de ceux-ci (pilotage d'entrée) ou en un point défini du spécimen (pilotage de réponse). Le mouvement vibratoire lors de l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes est échantillonné en un point unique (pilotage à partir d'un seul point).

L'essai de pilotage d'entrée permet de s'assurer que l'accélérogramme d'excitation est piloté à l'intérieur des limites spécifiées au niveau de l'un des points de fixation normale du matériel. L'essai de pilotage de réponse permet de s'assurer que l'accélérogramme spécifié est obtenu comme réponse du spécimen. Les deux méthodes de pilotage sont applicables lorsque les sévérités appliquées sont représentatives des réponses du matériel en service réel. L'essai de pilotage de réponse exige que les caractéristiques dynamiques du matériel et du dispositif de montage soient similaires à celles associées à l'utilisation en service. Cela exige généralement une connaissance des caractéristiques dynamiques du matériel et du dispositif de montage, qui peuvent être évaluées par des essais.

Il convient normalement d'utiliser, pour l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes, un emplacement de pilotage correspondant à l'un de ceux utilisés pour obtenir les données en service. Dans le cas contraire, de nombreux avantages de cette méthode d'essai seront perdus. Cependant, lorsqu'il n'est pas possible de satisfaire à cette exigence, les procédures suivantes peuvent être employées.

A.2.2 Essai de pilotage d'entrée

Les recommandations suivantes s'appliquent à un essai de pilotage d'entrée. Il convient de choisir le point de pilotage selon les principes suivants:

- 1) Pour les spécimens avec un seul point de fixation, il convient que le point de pilotage soit adjacent au point de fixation.
- 2) Pour les spécimens avec plusieurs points de fixation et lorsque les sévérités des accélérogrammes au niveau des points de fixation sont similaires, il convient de choisir le point produisant la sévérité la plus proche de celle de la spécification d'essai.

Dans tous les cas, il convient que le point de pilotage soit spécifié dans la spécification pertinente.

A.2.3 Essai de pilotage de réponse

Les recommandations suivantes s'appliquent à un essai de pilotage de réponse. Il convient de choisir le point de pilotage selon les principes suivants:

- 1) Lors du choix de l'emplacement de pilotage à partir des données mesurées, il convient de choisir l'emplacement de pilotage en s'appuyant sur les mesures relevées aux emplacements représentatifs du spécimen. Il convient de choisir l'emplacement en vue d'optimiser l'ensemble des réponses dynamiques de sorte à reproduire les conditions de fonctionnement de manière adéquate.
- 2) Afin d'éviter un sur-essai ou un sous-essai du spécimen, il peut être nécessaire d'inclure des points de pilotage limites supplémentaires aux extrémités du spécimen.

La réalisation d'essais de pilotage de réponse exige une connaissance des caractéristiques de réponse dynamique du spécimen, ainsi que son interaction avec l'équipement d'essai. De telles informations sont obtenues à partir d'essais précédents. Lorsqu'il est exigé que cet essai soit réalisé à des températures différentes de la température ambiante, il convient d'effectuer la qualification aux valeurs de température extrêmes spécifiées.

A.2.4 Paramètres de vérification

Chacune des méthodes de vérification décrites ci-dessous couvre différents paramètres associés à un accélérogramme. Afin d'obtenir une évaluation complète de la similarité de deux accélérogrammes, il est nécessaire d'avoir recours à un certain nombre des méthodes décrites. Ces méthodes fournissent au rédacteur de la spécification d'essai des évaluations quantitatives et qualitatives, ce qui renforce la confiance relative au processus de vérification.

Les paramètres suivants peuvent être utilisés afin de vérifier un essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes. Toutefois, toutes les méthodes de vérification décrites ci-dessous présentent certaines limites. Il est donc recommandé d'appliquer plusieurs méthodes de vérification lors du processus de vérification:

- comparaison d'accélérogrammes (différence et incrustation);
- valeur efficace de l'erreur sur l'accélérogramme;
- niveaux de crête instantanés;
- spectres de maintien de crête;
- densité de probabilité de l'amplitude;
- spectres de réponse maximale;
- spectres des dommages par fatigue;
- méthodes de comptage des cycles telles que le franchissement de niveau ou le comptage rainflow;
- densité spectrale de puissance;
- statistiques par bloc, y compris la moyenne et l'écart-type, l'asymétrie et l'aplatissement.

La comparaison entre les niveaux de crête associés à l'accélérogramme exigé par la spécification d'essai et l'accélérogramme de réponse du spécimen mesuré est particulièrement utile pour les accélérogrammes présentant des transitoires prononcées, où une comparaison quantitative peut être effectuée et des limites appliquées. Les niveaux de maintien de crête offrent une méthode de comparaison supplémentaire, bien qu'elle puisse être considérée comme une approche quantitative assez rudimentaire.

La comparaison des densités de probabilité de l'amplitude constitue un moyen plus pertinent de comparer les amplitudes d'accélérogrammes lorsque ces derniers couvrent une période plus longue et concerne des vibrations. Là encore, une comparaison quantitative peut être effectuée dans le cadre des limites spécifiées.

La comparaison des spectres de réponse maximale (MRS, *maximum response spectra*) de l'accélérogramme spécifié et de l'accélérogramme de réponse du spécimen mesuré fournit une méthode d'analyse pour comparer les effets des accélérogrammes sur une vaste plage de fréquences. Un moyen simple d'effectuer une comparaison visuelle consiste à superposer le spectre de réponse maximale du spécimen à celui spécifié pour l'accélérogramme concerné. L'utilisation des spectres des dommages par fatigue (FDS, *fatigue damage spectra*) permet de comparer les effets des accélérogrammes en ce qui concerne les dommages par fatigue potentiels tout en conservant les informations relatives au contenu en fréquence de l'accélérogramme. Une limite du spectre des dommages par fatigue est qu'il exige la formulation d'hypothèses concernant les propriétés relatives à la fatigue du spécimen.

L'utilisation des techniques de franchissement de niveau ou de comptage des cycles (par exemple, la méthode rainflow) [3] permet de comparer l'amplitude relative des occurrences dans les accélérogrammes. Ces occurrences d'amplitude peuvent alors être mises en relation avec la fatigue et d'autres modes d'endommagement du spécimen. Ces méthodes ont une limite: le franchissement de niveau ou le comptage des cycles n'indique pas le contenu en fréquence des accélérogrammes.

La comparaison de l'histogramme de comptage des franchissements de niveaux de l'accélérogramme spécifié avec celui de l'accélérogramme de pilotage permet de vérifier les erreurs qui dépendent de l'amplitude et d'optimiser le pilotage.

L'utilisation des densités spectrales de puissance (PSD, *power spectral density*) indique le contenu en fréquence des accélérogrammes de période plus longue. Toutefois, les erreurs statistiques peuvent être importantes en raison d'une longueur d'enregistrement insuffisante. Dans de tels cas, des statistiques par bloc peuvent offrir une approche statistiquement plus fiable.

Pour les accélérogrammes de période plus longue, l'utilisation des statistiques par bloc (amplitude efficace, moyenne, écart-type, asymétrie et aplatissement, par exemple) peut être employée de manière quantitative et des limites peuvent être appliquées.

Il convient que la spécification d'essai indique les tolérances, ainsi que les paramètres concernés. Les niveaux de tolérance suivants sont fournis à titre de guide:

- 1) Il convient que l'accélérogramme de pilotage ne s'écarte pas de plus de 20 % de l'accélérogramme spécifié sur au moins 90 % de la durée.
- 2) Il convient que les niveaux de crête instantanés et les valeurs efficaces des statistiques par bloc soient de ± 10 %.
- 3) Il convient que les amplitudes relatives à une probabilité d'amplitude spécifiée soient de ± 20 % par rapport à celle spécifiée.
- 4) Il convient que le spectre de réponse maximale soit de ± 3 dB par rapport à ceux calculés à partir de l'accélérogramme spécifié.
- 5) Il convient que les spectres des dommages par fatigue soient de ± 6 dB par rapport à celui calculé à partir de l'accélérogramme spécifié.
- 6) Il convient que les comptages des cycles ou des franchissements de niveaux soient de ± 10 % par rapport à ceux de l'accélérogramme spécifié.
- 7) Il convient que la densité spectrale de puissance (PSD) soit de ± 3 dB par rapport à la PSD de l'accélérogramme spécifié.
- 8) La durée d'essai doit être de ± 2 % par rapport à celle spécifiée.

A.3 Méthodes d'essai

Lorsque l'essai a pour seul objet de montrer l'aptitude du spécimen à supporter des vibrations d'amplitude appropriée et à fonctionner en leur présence, la durée de l'essai nécessite d'être suffisamment longue pour démontrer cette exigence. Dans les cas où l'essai doit démontrer qu'un spécimen est capable de supporter les effets cumulés des vibrations (fatigue et déformation mécanique, par exemple), il convient que l'essai dure suffisamment longtemps pour accomplir le nombre de cycles de contraintes nécessaire, bien que cela puisse conduire à des durées en dehors des valeurs spécifiées.

Pour l'essai d'endurance d'un matériel normalement monté sur des amortisseurs, ces derniers sont habituellement montés. S'il n'est pas possible d'effectuer l'essai avec les amortisseurs appropriés (si le matériel est installé avec d'autres matériels dans un bâti de montage commun, par exemple), le matériel peut être soumis à l'essai sans amortisseurs, mais à une sévérité différente spécifiée. Il convient de déterminer la sévérité en tenant compte de la transmissibilité du système amortisseur selon chaque axe utilisé pour l'essai. Lorsque les caractéristiques des amortisseurs ne sont pas connues, il convient de se reporter à l'Article A.4.

La spécification pertinente peut exiger un essai supplémentaire sur un spécimen dont les amortisseurs extérieurs ont été enlevés ou bloqués de façon à démontrer qu'un minimum acceptable de résistance de la structure a été atteint. Dans ce cas, il convient que la spécification pertinente indique la sévérité à appliquer.

A.4 Matériels normalement utilisés avec des amortisseurs de vibrations

A.4.1 Facteurs de transmissibilité pour les amortisseurs

L'IEC 60068-2-47 fournit une description complète des actions à entreprendre dans les situations, où il convient de réaliser l'essai avec des amortisseurs, mais que de tels dispositifs ne sont pas disponibles pour l'essai.

A.4.2 Effet de la température

Il est important de noter que beaucoup d'amortisseurs contiennent des matériaux dont les propriétés mécaniques peuvent être sensibles à la température. Si la fréquence de résonance fondamentale du spécimen sur ses amortisseurs est dans la plage de fréquences d'essai, il est nécessaire de faire attention au moment de définir la durée de l'essai d'endurance qu'il convient d'appliquer. Dans certains cas, cependant, il peut ne pas être judicieux d'appliquer au spécimen une excitation continue sans lui accorder quelque répit. Si la répartition effective dans le temps de l'excitation de cette fréquence de résonance fondamentale est connue, il convient d'essayer de la reproduire. Si cette répartition dans le temps est inconnue, il convient alors d'éviter les surchauffes excessives en limitant les périodes d'excitation selon le jugement de l'ingénieur.

A.5 Sévérités de l'essai

Chaque fois que possible, il convient que la sévérité de l'essai appliquée au spécimen soit en relation avec l'environnement auquel le spécimen est soumis.

Lors de la détermination de la sévérité de l'essai, il convient de tenir compte de l'éventuel besoin de ménager une marge de sécurité appropriée entre la sévérité d'essai et les conditions de l'environnement réel.

A.6 Performance du matériel

Lorsque cela est approprié, il convient de faire fonctionner les spécimens, soit pendant toute la durée de l'essai, soit à des moments pertinents au cours de l'essai, d'une manière représentative des conditions de fonctionnement.

Pour les spécimens, où les vibrations peuvent influencer les fonctions de mise en fonctionnement et de mise à l'arrêt (par exemple en interférant avec le branchement d'un relais), il convient de répéter ces manœuvres pour démontrer le respect des performances au cours de l'essai.

Si l'essai a pour seul objet de démontrer l'intégrité des spécimens, il convient de vérifier les performances de fonctionnement à l'issue de l'essai d'endurance aux vibrations.

A.7 Mesures initiales et finales

L'objet des mesures initiales et finales est de comparer certains paramètres pour évaluer l'effet des vibrations sur le spécimen.

Au même titre que les examens visuels, les mesures peuvent comprendre des vérifications des caractéristiques de fonctionnement électriques et mécaniques, ainsi que des caractéristiques structurelles.

A.8 Plage de fréquences

La reproduction des vibrations par accélérogrammes peut être utilisée avec des formes d'onde qui ne sont pas nécessairement fixes ou gaussiennes. L'exigence principale concernant l'utilisation de la méthode de reproduction des vibrations par accélérogrammes est qu'il est nécessaire que la plage de fréquences de la forme d'onde à reproduire soit inférieure à la capacité de la plage de fréquences des excitateurs à utiliser. Si la méthode de reproduction des vibrations par accélérogrammes est utilisée pour reproduire simplement des comportements aux vibrations, il est uniquement nécessaire que la plage de fréquences de la forme d'onde soit légèrement inférieure à la capacité de la plage de fréquences des excitateurs. Cependant, si elle est utilisée pour reproduire des formes d'onde de choc, la plage de fréquences de la forme d'onde peut être significativement limitée, généralement un dixième de la capacité de la plage de fréquences des excitateurs. En réalité, l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes est le plus souvent utilisé avec des vibrations pures accompagnées de transitoires.

Il convient que la spécification pertinente définisse la plage de fréquences dans laquelle la forme d'onde de la reproduction des vibrations par accélérogrammes a une influence significative. Il peut être nécessaire de déterminer la fréquence la plus élevée de cette plage de fréquences afin de reproduire la forme d'onde d'un élément transitoire. Afin de définir ces événements de manière appropriée, il peut être nécessaire que la fréquence la plus élevée de la plage de fréquences d'essai soit supérieure à celle normalement exigée pour un essai de vibrations gaussiennes conventionnelles équivalent.

Dans la pratique, la forme d'onde exigée et l'entrée du système de commande excitateur sont presque toujours légèrement différentes de la forme d'onde mesurée au point de pilotage du spécimen. La raison est que la forme d'onde mesurée au point de pilotage est la représentation numérique de la forme d'onde exigée, modifiée par le système de commande excitateur, pour permettre sa reproduction par l'excitateur. Le système de commande excitateur modifie la forme d'onde exigée afin de compenser les caractéristiques de réponse en fréquence du système excitateur, et s'assurer que les caractéristiques de la forme d'onde restent dans la capacité du système excitateur (généralement son accélération, sa vitesse et sa capacité de déplacement). La compensation appliquée aux caractéristiques de réponse en fréquence du système excitateur retient la linéarité pour hypothèse. Par conséquent, tout comportement non linéaire du système excitateur, de l'équipement ou du spécimen peut ne pas être compensé correctement. Dans la pratique, cela se traduit par des différences entre la forme d'onde exigée et celle obtenue. Pour réduire les erreurs dues à ce défaut de linéarité, certains systèmes de commande pour la reproduction des vibrations par accélérogrammes disponibles dans le commerce permettent l'utilisation de différents modèles de compensation pour différentes parties de la forme d'onde.

Afin de s'assurer que l'essai de reproduction des vibrations par accélérogrammes respecte les capacités de l'équipement d'excitation, des ajustements de la forme d'onde mesurée sont systématiquement nécessaires. Pour s'assurer que la plage de fréquences de la forme d'onde exigée est conforme à la capacité du système excitateur à utiliser, il peut être nécessaire d'appliquer un filtre passe-bas à la forme d'onde exigée. Il peut également être nécessaire d'appliquer un filtre passe-haut à la forme d'onde exigée pour éliminer les composantes de basse fréquence qui entraînent des conditions de déplacement excessif ou un dépassement de la limite de vitesse de l'excitateur. La nécessité d'appliquer un filtre passe-haut peut être déterminée par l'intégration numérique de la forme d'onde de l'accélération pour obtenir une forme d'onde de vitesse suivie par l'intégration numérique de la forme d'onde de vitesse pour obtenir une forme d'onde de déplacement. Ce processus d'intégration associé aux données de l'accélérogramme comprend des erreurs d'intégration, en particulier celles associées à des décalages de moyenne de faible amplitude dans les données. En outre, il convient que l'accélération de crête de la forme d'onde exigée, lorsqu'elle est prise en compte avec la masse totale à entraîner, ne dépasse pas les limites de force de l'excitateur. Après un ajustement nécessaire de la forme d'onde mesurée, il est toujours nécessaire de vérifier que son application est conforme aux capacités physiques et aux capacités de commande de l'équipement d'excitation à utiliser.

Les capacités actuelles des logiciels de commande de reproduction des vibrations par accélérogrammes permettent des essais jusqu'à environ 10 kHz. Toutefois, les capacités en fréquence de la plupart des systèmes d'excitation mécanique sont inférieures à cette valeur. Une capacité de 2 kHz à 3 kHz est généralement disponible, bien que celle des excitateurs électrodynamiques volumineux couplés à des tables de vibration imposantes puisse être inférieure. Les systèmes électrohydrauliques peuvent pratiquement être limités à 500 Hz.

Bibliographie

- [1] IEC 60068-3-8, *Essais d'environnement – Partie 3-8: Documentation d'accompagnement et lignes directrices – Sélection d'essais de vibrations*
- [2] IEC 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*
- [3] IEC 60068-2-81, *Essais d'environnement – Partie 2-81: Essais – Essai Ei: Chocs – Synthèse du spectre de réponse au choc*
- [4] IEC 60068-2-57, *Essais d'environnement – Partie 2-57: Essais – Essai Ff: Vibrations – Méthode par accélérogrammes et sinusoïdes modulées*
- [5] IEC 60050-300, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Partie 300: Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Partie 311: Termes généraux concernant les mesures – Partie 312: Termes généraux concernant les mesures électriques – Partie 313: Types d'appareils électriques de mesure – Partie 314: Termes spécifiques selon le type d'appareil (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)*
- [6] IEC 60068-1, *Essais d'environnement - Partie 1: Généralités et lignes directrices*
- [7] IEC 60068-5-2, *Essais d'environnement – Partie 5-2: Guide pour la rédaction des méthodes d'essais – Termes et définitions*
- [8] ISO 2041, *Vibrations et chocs – Vocabulaire*
- [9] ISO/IEC 17025:2017, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*
- [10] IEC 60721-3 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités*
- [11] DIN ENV 13005², *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*
- [12] Downing, S.D., Socie, D.F. (1982). *Simple rainflow counting algorithms. International Journal of Fatigue, Volume 4, Issue 1, January, 31-40*

² Supprimée.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60721-3-0

Edition 1.1

2002-10

Edition 1:1984 consolidée par l'amendement 1:1987
Edition 1:1984 consolidated with amendment 1:1987

Classification des conditions d'environnement –

**Partie 3:
Classification des groupements des agents
d'environnement et de leurs sévérités –
Introduction**

Classification of environmental conditions –

**Part 3:
Classification of groups of environmental
parameters and their severities –
Introduction**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60721-3-0:1984+A1:1987

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60721-3-0

Edition 1.1

2002-10

Edition 1:1984 consolidée par l'amendement 1:1987
Edition 1:1984 consolidated with amendment 1:1987

Classification des conditions d'environnement –

**Partie 3:
Classification des groupements des agents
d'environnement et de leurs sévérités –
Introduction**

Classification of environmental conditions –

**Part 3:
Classification of groups of environmental
parameters and their severities –
Introduction**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

CC

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application.....	8
2 Objet	8
3 Contenu et présentation.....	8
4 Informations générales pour le choix des agents d'environnement et des sévérités pour les catégories.....	10
5 Guide d'application de la CEI 60721-3	14
5.1 Conditions générales.....	14
5.2 A la construction, à la délimitation des conditions et à la protection	14
5.3 Pour définir les niveaux appropriés aux essais d'homologation	16
6 Durée et fréquence des événements.....	18
6.1 Généralités.....	18
6.2 Durée et fréquence des événements.....	18
Annexe A Exemples d'application	22
Figure 1 – Illustration de la fraction de temps ou de la fraction du nombre d'événements pendant laquelle une certaine sévérité de l'environnement est dépassée	12
Tableau 1 – Durée totale de l'application.....	20
Tableau 2 – Durée maximale d'un événement	20
Tableau 3 – Fréquence des événements	20

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Object.....	9
3 Content and layout.....	9
4 Background information for the selection of environmental parameters and severities for the classes.....	11
5 Guidance for the use of IEC 60721-3	15
5.1 General	15
5.2 In the design, limitation of conditions and protection.....	15
5.3 For defining appropriate levels for qualification testing	17
6 Duration and frequency of occurrence.....	19
6.1 General	19
6.2 Duration and frequency of occurrence	19
Appendix A Examples of application	23
Figure 1 – Illustration of the fraction of time or fraction of the total number of events when a certain environmental severity is exceeded	13
Table 1 – Total duration of application.....	21
Table 2 – Maximum duration of single occurrence.....	21
Table 3 – Frequency of occurrence	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60721-3-0 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.¹⁾

La présente version consolidée de la CEI 60721-3-0 comprend la première édition (1984) [documents 75(BC)13 et 75(BC)17, son amendement 1 (1987) [documents 75(BC)21 et 75(BC)28 et son corrigendum 1 (1985).

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1 et le corrigendum.

Il est à noter que la présente norme constitue une partie d'une série consacrée aux sujets suivants:

- Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités (CEI 60721-1).
- Conditions d'environnement présentes dans la nature (CEI 60721-2).
- Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités (CEI 60721-3).

¹⁾ Le comité d'études 75 de la CEI: «Classification des conditions d'environnement» a été transformé en comité d'études 104.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

**Part 3: Classification of groups of environmental parameters
and their severities – Introduction**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60721-3-0 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.¹⁾

This consolidated version of IEC 60721-3-0 consists of the first edition (1984) [documents 75(CO)13 and 75(CO)17], its amendment 1 (1987) [documents 75(CO)21 and 75(CO)28] and its corrigendum 1 (1985).

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by its amendment 1 and corrigendum.

It should be noted that this standard forms one part of a series intended to deal with the following subjects:

- Classification of environmental parameters and their severities (IEC 60721-1).
- Environmental conditions appearing in nature (IEC 60721-2).
- Classification of groups of environmental parameters and their severities (IEC 60721-3).

¹⁾ IEC technical committee 75: "Classification of environmental conditions" has been transformed into technical committee 104.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme.

CEI 60068: *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. A cette date, la publication sera

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

The following IEC publication is quoted in this standard:

IEC 60068, *Basic environmental testing procedures*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction

1 Domaine d'application

La CEI 60721-3, définit les catégories des agents d'environnement et leurs degrés de sévérités, couvrant les conditions extrêmes (de courte durée) auxquelles un produit peut être exposé lorsqu'il est transporté, installé, mis en stock et utilisé. Ces catégories dépendent des applications du produit (par exemple à poste fixe protégé des intempéries, monté dans des véhicules terrestres, transporté). Le degré de restriction de l'emploi du produit est aussi considéré par les catégories, en partant de conditions très limitées (par exemple enceinte à température contrôlée) jusqu'à des conditions non limitées.

La classification couvre à la fois les conditions naturelles et les conditions créés par l'homme.

2 Objet

Cette introduction est un guide pour l'emploi de toutes les parties de la CEI 60721-3. Elle contient des informations générales y compris des renseignements sur l'application et les limites des catégories indiquées dans les différentes parties de la CEI 60721-3. Elle définit les différences entre les conditions d'environnement auxquelles le produit sera confronté pendant sa vie, décrites par les catégories dans la CEI 60721-3, et les conditions d'essais utilisées pour s'assurer que le produit se comportera de manière satisfaisante face à de telles conditions. L'emploi de la CEI 60721-3 pour la construction, la délimitation des conditions et la protection est aussi prévu. Les différences entre des conditions extrêmes qui ont très peu de chances d'être dépassées, et dont on ne s'approche que pendant de courtes périodes, et des conditions normales d'environnement pour des périodes de plus longue durée sont aussi expliquées.

La présente introduction donne également des directives pour appliquer les facteurs de durée et de fréquence des événements lors de la détermination de la contribution apportée par un agent de classe important.

Une référence à la présente CEI 60721-3-0 est fortement recommandée afin d'éviter un emploi abusif des catégories définies dans les autres parties de la CEI 60721-3.

3 Contenu et présentation

Des groupes séparés de catégories de conditions d'environnement sont donnés pour les applications suivantes du produit:

CEI 60721-3-1: *Stockage;*

CEI 60721-3-2: *Transport;*

CEI 60721-3-3: *Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries;*

CEI 60721-3-4: *Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries;*

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction

1 Scope

IEC 60721-3, covering the extreme (short-term) conditions which may be met by a product when being transported, installed, stored and used. Separate groups of classes are given for different product applications (e.g. weather-protected stationary, mounted in ground vehicles, transportation). The classes also take into account the degree of restriction of the use of the product from very restricted conditions (e.g. in temperature-controlled rooms) to unrestricted conditions.

The classification covers natural as well as man-made conditions.

2 Object

This introduction is a guide for the use of all parts of IEC 60721-3. It contains background information including information on application and limitation of the classes given in various parts of IEC 60721-3. It describes the difference between the environmental conditions the product will meet during its life, described by the classes in IEC 60721-3, and conditions of test used to assure that the product will work satisfactorily under such environmental conditions. The use of IEC 60721-3 in the design, limitation of conditions and protection is also included. The difference are explained between extreme environmental conditions with a small probability of being exceeded, normally approached only for short periods, and more long-lasting normal environmental conditions.

This introduction also gives guidance for applying factors of duration and frequency of occurrence in characterizing the contribution of a significant parameter of a class.

Reference to IEC 60721-3-0 is strongly recommended in order to avoid misuse of the classes defined in the other part of IEC 60721-3.

3 Content and layout

Separate groups of classes of environmental conditions are given for the following product applications:

IEC 60721-3-1: *Storage;*

IEC 60721-3-2: *Transportation;*

IEC 60721-3-3: *Stationary use, weather-protected;*

IEC 60721-3-4: *Stationary use, non-weatherprotected;*

CEI 60721-3-5: *Installations des véhicules terrestres;*

CEI 60721-3-6: *Environnement des navires;*

CEI 60721-3-7: *Utilisation en déplacement.*

Les catégories sont identifiées par:

- un chiffre définissant l'application (1 pour le stockage, 2 pour le transport, 3 pour l'utilisation à poste fixe, etc.);
- une lettre pour les conditions climatiques (K), conditions biologiques (B), substances chimiquement actives (C), substances mécaniquement actives (S) ou conditions mécaniques (M). Liste à augmenter si nécessaire;
- un autre chiffre indiquant la sévérité, un chiffre plus élevé indiquant normalement des conditions plus sévères. Une catégorie peut être en outre divisée en H (haute) et L (basse) pour tenir compte de conditions où, par exemple, la température peut être particulièrement basse, sans jamais être haute.

Exemple: Catégorie 2K3

où

2 = transport;

K = conditions climatiques;

3 = sévérité.

Les parties de la CEI 60721-3 contiennent des tableaux indiquant toutes les catégories, y compris la sévérité de chaque agent d'environnement pour chaque catégorie. En outre, chaque publication comprend une annexe donnant des détails sur les conditions que le produit est susceptible de rencontrer et qui forment la base des catégories. Ces annexes sont destinées à guider l'utilisateur de la publication dans son choix de la catégorie convenable pour son application spéciale du produit.

4 Informations générales pour le choix des agents d'environnement et des sévérités pour les catégories

Les agents d'environnement spécifiés pour une catégorie sont ceux, par la catégorie, auxquels le produit sera soumis. Ils sont choisis en utilisant le jeu complet des agents d'environnement de la CEI 60721-1, en tant que liste de contrôle.

Les sévérités spécifiées pour chaque agent d'environnement sont celles qui sont dépassées soit pendant une fraction insignifiante de la durée totale de l'exposition continue (par exemple, condition de température), soit pendant une fraction insignifiante du nombre total d'événements (par exemple, chocs). Ainsi les catégories données dans la CEI 60721-3 peuvent être utilisées pour définir les contraintes d'environnement maximales de courte durée d'un produit mais ne donnent aucune information sur les contraintes d'environnement pour une longue durée ou pour la durée de vie totale du produit. Cela est illustré dans la Figure 1.

IEC 60721-3-5: *Ground vehicle installations;*

IEC 60721-3-6: *Ship environment;*

IEC 60721-3-7: *Portable and non-stationary use.*

The classes are identified by:

- a digit defining the application (1 for storage, 2 for transportation, 3 for stationary use, etc.);
- a letter for climatic conditions (K), biological conditions (B), chemically active substances (C), mechanically active substances (S) or mechanical conditions (M). To be extended if necessary;
- a further digit indicating severity, where a higher digit normally indicated more stringent conditions. A class may be further divided into H (High) or L (Low) to allow for conditions where, for example, the temperature may be severely low but never high.

Example: Class 2K3

where

2 = transportation;

K = climatic conditions;

3 = severity.

The parts of IEC 60721-3 contain tables giving all classes, including the severity of each environmental parameter for each class. In addition, every publication includes an appendix giving details of conditions which products are assumed to meet and which form a basis for the classes. These appendices are intended to guide the user of the publication in his selection of the class appropriate to his special product application.

4 Background information for the selection of environmental parameters and severities for the classes

The environmental parameters listed for a class are the conditions covered by the class to which a product will be subjected. They are selected by using the complete set of environmental parameters in IEC 60721-1 as a "check list".

The severities given for each environmental parameter are those which are exceeded either for an insignificant part of the continuous exposure time (e.g. temperature conditions), or for an insignificant fraction of the total number of events (e.g. shocks). Thus the classes given in IEC 60721-3 can be used for defining the maximum short-term environmental stresses of a product, but do not give any information of the long-term, or total live duration of the product environmental stresses. This is illustrated in Figure 1.

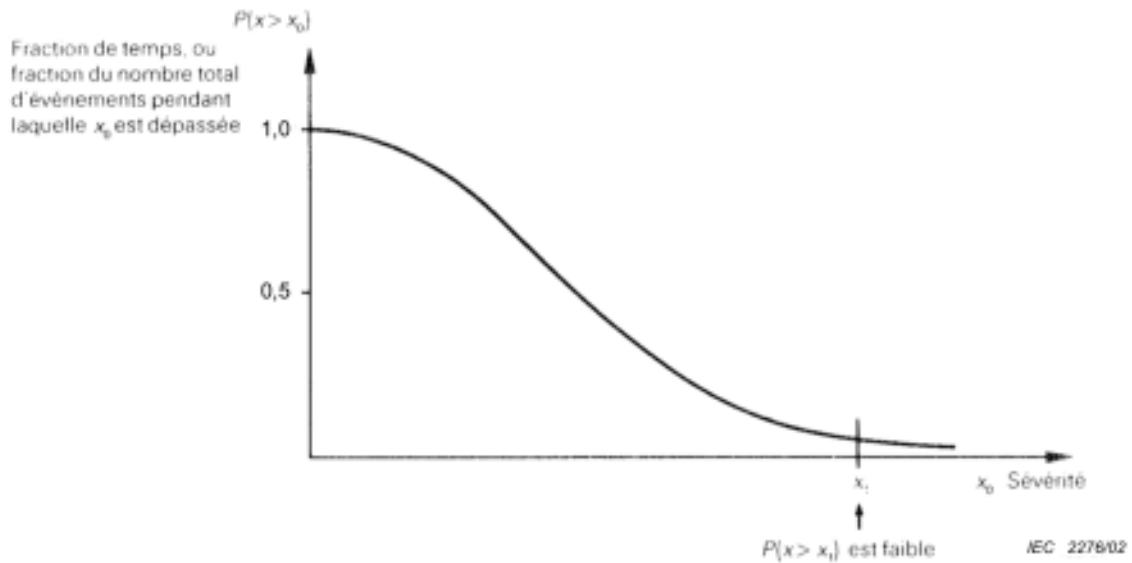


Figure 1 – Illustration de la fraction de temps ou de la fraction du nombre d'événements pendant laquelle une certaine sévérité de l'environnement est dépassée

Les sévérités données dans la classification sont représentées par une seule valeur x_1 , tandis que les informations exigées pour définir les contraintes totales d'environnement pendant la vie d'un produit comprennent la courbe totale $P(x > x_0)$ pour toutes les valeurs de x_0 .

Bien que les données disponibles ne permettent pas de donner une valeur exacte du niveau de probabilité utilisé dans la classification, $P(x > x_1)$ est habituellement considérablement inférieur à 0,01.

Un produit est simultanément exposé à un grand nombre des agents d'environnement. Quelques-uns des agents sont statistiquement dépendants, par exemple vent faible et basse température, rayonnement solaire et température élevée. D'autres agents sont statistiquement indépendants, par exemple vibrations et température (normalement).

La probabilité d'une exposition simultanée aux sévérités extrêmes des agents d'environnement indépendants x et y est égale au produit des probabilités d'exposition à chacun des agents, c'est-à-dire:

$$P(x, y > x_1, y_1) = P(x > x_1) \cdot P(y > y_1)$$

Exemple: Si la probabilité de dépasser chacun des agents

$$P(x > x_1) = P(y > y_1) = 0,01, \text{ alors } P(x, y > x_1, y_1) = 0,0001$$

Il convient de remarquer que, dans de nombreux cas, le produit n'est exposé que pendant des durées limitées à l'environnement dont les données statistiques ont été réunies. Dans de tels cas, ont été choisies des sévérités dans la classification qui ont une probabilité d'être supérieure à 0,01, En conséquence, la probabilité de combinaison de l'exposition du produit à l'environnement et de la limite de sévérité dans la catégorie est raisonnable (ordre de grandeur de 0,01).

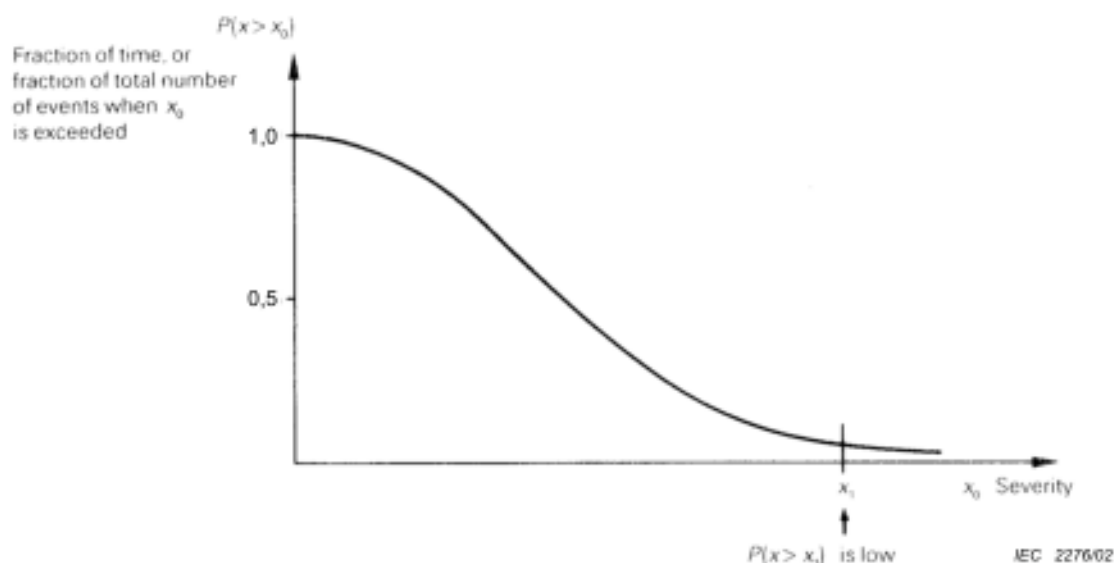


Figure 1 – Illustration of the fraction of time or fraction of the total number of events when a certain environmental severity is exceeded

The severities given in the classification are represented by one value x_1 , whilst the information needed for defining the totality of environmental stresses during the lifetime of a product includes the total curve, $P(x > x_0)$ for all values of x_0 .

Although available data do not make it possible to give an exact figure on the probability level used in the classification, $P(x > x_1)$ is usually considerably less than 0,01.

A product will be simultaneously exposed to a large number of environmental parameters. Some of the parameters are statistically dependent, for example, low air velocity and low temperature, sun radiation and high temperature. Other parameters are statistically independent, for example vibration and temperature (normally).

The probability of simultaneous exposure to extreme severities of independent environmental parameters x and y is equal to the product of the probabilities of exposure to each of the parameters, i.e.:

$$P(x, y > x_1, y_1) = P(x > x_1) \cdot P(y > y_1)$$

Example: If the probability of exceeding each of the parameters

$$P(x > x_1) = P(y > y_1) = 0,01, \text{ then } P(x, y > x_1, y_1) = 0,0001$$

It should be noted that in many cases the product is exposed for only limited periods to the environment from which the statistical data have been collected. In such cases severities in the classification have been selected which have a probability higher than 0,01 of being exceeded. Consequently, the probability of the combination of the product being exposed to the environment and of the class limit severity is reasonable (in the order of magnitude of 0,01).

5 Guide d'application de la CEI 60721-3

5.1 Conditions générales

Tous les produits doivent être construits de façon à se maintenir et à fonctionner dans des conditions d'environnement plus ou moins sévères. Fondamentalement, ils seront affectés de deux manières par l'environnement:

- par les effets de conditions d'environnement extrêmes de courte durée, lesquelles peuvent directement causer des défauts de fonctionnement ou détruire le produit;
- par les effets d'une exposition de longue durée à des contraintes d'environnement non extrêmes, lesquelles peuvent dégrader le produit lentement et finalement causer un défaut de fonctionnement ou détruire le produit.

Les conditions d'environnement extrêmes de courte durée, définies dans la CEI 60721-3, peuvent se produire à n'importe quel moment de la vie d'un produit. Un produit peut ne pas être influencé par une condition extrême quand il est neuf mais, exposé à la même condition après avoir été utilisé pendant une longue période, il peut être détruit à cause du vieillissement.

Les conditions extrêmes peuvent influencer le produit:

- seulement lorsque le produit ne fonctionne pas (par exemple pendant le stockage et le transport),
- seulement lorsque le produit est en fonctionnement,

ou dans les deux conditions. Pour cette raison, il est très important que la spécification du produit, en faisant référence à une certaine catégorie de la CEI 60721-3, définisse s'il est exigé que le produit soit en état de fonctionner ou seulement de se maintenir sans dommages permanents, quand il est exposé aux conditions décrites par la catégorie.

Les catégories d'environnement peuvent être utilisées comme bases pour le choix des niveaux de construction et d'essai. Cela ne signifie pas que les limites des catégories soient utilisées comme des niveaux de construction et d'essai, ni qu'un taux de défaillances nul soit exigé aux limites de catégorie. Il faut que les niveaux de construction et d'essai soient toujours choisis, de cas en cas, en considérant le risque de défaillance acceptable, c'est-à-dire avec une sévérité plus élevée ou plus faible, selon les conséquences attendues de la défaillance.

5.2 A la construction, à la délimitation des conditions et à la protection

La CEI 60721-3 est surtout destinée à servir de base à la définition des conditions d'environnement réelles pour lesquelles le produit doit être construit. Le constructeur doit avoir conscience de ce que l'influence physique des conditions d'environnement peut être le résultat d'un certain nombre d'agents d'environnement.

Exemple:

La température la plus élevée obtenue à la surface d'un produit peut être le résultat d'une combinaison de la température de l'air ambiant, du rayonnement solaire, du rayonnement calorifique d'un élément chauffant dans le voisinage, d'un four ouvert, etc.

Le fabricant ou l'utilisateur du produit peut réduire la sévérité d'un agent d'environnement en protégeant le produit, par exemple par l'emploi d'un conteneur pour le transport et le stockage ou par le montage du produit sur des dispositifs amortisseurs de vibration et de chocs. Les sévérités d'environnement données par les catégories dans la CEI 60721-3 doivent ensuite être appliquées au produit avec sa protection, et non pas à lui seul.

5 Guidance for the use of IEC 60721-3

5.1 General

All products have to be designed to survive and work in more or less severe environments. Basically they will be affected by the environmental influences in two ways:

- by the effects of short-term extreme environmental conditions, which may directly cause malfunction or destroy the product;
- by the effect of long-term subjection to non-extreme environmental stresses, which may slowly degrade the product and finally cause malfunction or destruction of the product.

The short-term extreme environmental conditions, defined in IEC 60721-3, may occur at any time in the product's life. A product may be unaffected by an extreme condition when it is new but fail when it is subjected to the same condition after being used for a long period due to the effect of ageing.

Extreme conditions may affect the product:

- only when the product is non-operating (e.g. during storage and transportation),
- only when the product is operating,

or both. It is therefore important for the product specification, when referring to a certain class in IEC 60721-3, to define whether the product is required to be capable of operating or only to survive without permanent damage, when being subjected to the conditions described by the class.

The environmental classes may be used as a basis for the choice of design and test levels. This does not imply that the class limits should be used as design and test levels, nor that zero failure rate should be required at the class limits. Design and test levels must always be chosen from case to case with respect to acceptable risk of failure, i.e. with higher or lower severity depending on expected consequences of failure.

5.2 In the design, limitation of conditions and protection

IEC 60721-3 is basically intended to be used as a basis for defining the actual environmental conditions for which a product has to be designed. The designer must be aware that the physical influence of environmental conditions may be the result of a certain number of environmental parameters.

Example:

The highest temperature achieved on the surface of a product may be the result of the combination of the temperature of the surrounding air, solar radiation, heat radiation from a nearby heating element, open oven, etc.

The manufacturer or user of the product may reduce the severity of an environmental parameter by protecting the product, for example, by using an enclosure for transportation and storage or by mounting the product on vibration or shock isolators. The environmental severities given by the classes in IEC 60721-3 shall then be applied to the product including its protection, not to the product itself.

Au moyen des informations données dans les annexes des différentes parties de la CEI 60721-3, il est possible au fabricant et à l'utilisateur du produit de définir des restrictions lors du transport, du stockage ou de l'utilisation du produit, qui conduiront à ranger l'application dans une catégorie de sévérité plus faible.

Il est souvent économique et techniquement important de trouver un optimum entre:

- la résistance à l'environnement du produit non protégé;
- la protection du produit contre les influences d'environnement;
- les restrictions de transport, de stockage et d'utilisation du produit.

Il doit être observé que le surdimensionnement d'un produit, afin qu'il supporte des conditions d'environnement plus sévères que nécessaire, n'aboutira pas nécessairement à une sûreté de fonctionnement plus élevée. Un surdimensionnement ou des dispositifs de protection incorporés sans nécessité peuvent conduire à un produit plus compliqué avec un nombre plus élevé de modes de défaillance. De plus, le surdimensionnement des produits ainsi que des exigences inutiles sur l'emplacement afin de garantir des conditions d'environnement moins sévères que nécessaire, peuvent devenir très coûteux.

5.3 Pour définir les niveaux appropriés aux essais d'homologation

Comme cela a été mentionné au 5.2 ci-dessus, les catégories de la CEI 60721-3 peuvent être utilisées comme base pour la construction, la protection et l'introduction de restrictions. La démonstration de la capacité du produit à satisfaire aux conditions d'environnement comprend un certain nombre d'actions, depuis les instructions sur le choix des matières premières du produit y compris les essais des matériaux, les instructions pour les traitements de surface, etc., jusqu'aux essais des spécimens du produit complet dans des conditions d'environnement simulées.

Les essais sont faits en choisissant les agents d'environnement ou quelquefois des combinaisons de ceux-ci, qui peuvent être nuisibles au produit. Un essai d'environnement prescrit est décrit par:

- l'agent d'environnement;
- la procédure d'essai;
- les sévérités d'essai.

En outre, des exigences relatives au produit particulier sont données, par exemple régime assigné, prescriptions de fonctionnement, dégradation acceptable, etc.

Les procédures des essais climatiques et mécaniques figurent dans la CEI 60068.

Les sévérités utilisées pour les essais doivent être en relation avec la procédure d'essai, qui essaye de produire les effets des environnements réels. Cela diffère souvent de la reproduction des conditions réelles d'environnement.

Exemples:

- Un essai de température élevée sur un produit dissipant de la chaleur est conçu pour simuler l'effet thermique de l'exposition à des conditions de température atmosphérique élevée, au rayonnement solaire et à d'autres sources de chaleur possibles en fonction de l'application.
- Dans un essai de chocs, le produit est exposé à des chocs de formes d'impulsions simples, par exemple semi-sinusoïdales, alors que les conditions réelles ne peuvent pas être décrites par de telles impulsions simples. Une transformation par comparaison du spectre de chocs en conditions réelles avec le spectre de chocs de l'impulsion d'essai est nécessaire.

By means of the information given in the appendices to the various parts of IEC 60721-3 it is possible for the manufacturer and user to define restrictions in the transportation, storage or use of the product, which will bring the application into compliance with a lower severity class.

It is often economical and technically important to find an optimum between:

- the environmental resistance of the unprotected product;
- the protection of the product from environmental influences;
- restrictions in transportation, storage and use of the product.

It should be noted that an overdesign of a product, in order to withstand environmental conditions more extreme than necessary, does not necessarily result in higher reliability. An overdesign or unnecessary built-in protection may lead to a more complex product with an increased number of failure modes. Furthermore, overdesign of products as well as unnecessary requirements on locations in order to ensure environmental conditions less severe than necessary, can become very expensive.

5.3 For defining appropriate levels for qualification testing

As mentioned under 5.2 above, the classes in IEC 60721-3 can be used as basis for design, protection and introduction of restrictions. Demonstration of the capability of the product to meet the environmental condition includes a number of activities, from instructions for selection of basic materials used in the product including material testing, instructions for surface treatments, etc., to testing of samples of the complete product under simulated environmental conditions.

The testing is made in a selection of the environmental parameters, or sometimes combinations thereof, which may be detrimental to the product. An environmental test requirement is described by:

- environmental parameter;
- testing procedure;
- testing severities.

In addition requirements are given related do the specific product, for example rating, functional requirements, acceptable degradation etc.

Environmental testing procedures for testing are standardized in IEC 60068.

The severities used for testing must be related to the testing procedure, which attempts to produce the effects of the actual environment. This reproduction is often different from the actual environmental conditions.

Examples:

- A high temperature test on a heat dissipating product is designed to simulate the thermal effect of subjecting it to conditions of high air temperature , solar radiation and other possible heat sources dependent on the application.
- In a shock test, the product is subjected to shocks of simple pulse shapes (e.g. half-sine), whilst the actual conditions cannot be described by such simple pulses. A transformation by means of comparing the shock spectrum of the actual conditions with the shock spectrum of the test pulse is needed.

(La transformation des conditions réelles en conditions d'essai n'entre pas dans le cadre de la CEI 60721.)

Les conditions données dans la CEI 60721-3 sont celles qui ont une très faible probabilité d'être dépassées, mais sans marges de sécurité. Outre le choix et la transformation des conditions réelles en conditions d'essai, le rédacteur des exigences d'essai peut ajouter des marges pour couvrir ce qui suit:

- tolérances de l'appareillage d'essai et des dispositifs de commande;
- différences entre le spécimen utilisé pour l'essai et d'autres spécimens du produit;
- autres facteurs.

En résumé, il est souligné que les catégories figurant dans la CEI 60721-3 définissent des conditions réelles d'environnement extrêmes. Elles ne doivent pas normalement être mises directement en application pour des essais d'homologation. Elles pourront, cependant, être employées comme données de base pour définir les niveaux de tels essais, ainsi que les méthodes de transformation des conditions réelles en conditions d'essais, les marges de sécurité, etc.

6 Durée et fréquence des événements

6.1 Généralités

Les sévérités spécifiées dans les classes de la CEI 60721-3 sont celles qui ont une faible probabilité d'être dépassées. Elles se présentent seulement pendant une fraction de temps ou en un nombre limité d'occasions.

Pour certaines applications, il peut être important de connaître la durée et la fréquence d'application à un produit de certains agents d'environnement à des niveaux significatifs. En fonction de la situation locale ou du profil d'utilisation d'un produit, la durée ou la fréquence de l'action de certains agents d'environnement peut être différente. Le fait de connaître par avance la durée ou la fréquence des événements peut avoir une influence importante sur la conception du produit ou sur les mesures de protection (détails de construction de bâtiments, etc.) à l'endroit de l'application (pendant le stockage, le transport ou l'utilisation).

Les problèmes sous-jacents sont souvent de nature statistique et très complexe. On ne peut régler de telles situations d'une manière unique. Les tableaux et exemples suivants ne peuvent apporter qu'une information limitée. Ils seront par conséquent utilisés seulement dans des cas simples ou lorsque des informations plus précises sur les durées ne sont pas disponibles.

6.2 Durée et fréquence des événements

6.2.1 Le tableau 1 contient un choix normalisé de durée totales d'application.

6.2.2 Le tableau 2 contient un choix normalisé de durée maximales d'un seul événement, et le tableau 3 un choix normalisé de durées d'événements ou du nombre d'événements par unité de temps. Ces durées et ces fréquences peuvent être appliquées à chaque agent d'environnement d'une classe caractérisant normalement la situation quand l'action de cet agent est significative.

(The transformation of actual conditions into test conditions is not within the scope of IEC 60721.)

The conditions given in 60721-3 are those with a small probability of being exceeded but without safety margins. In addition to selection and transformation of actual conditions into test conditions the designer of test requirements can add margins to cover:

- tolerances of test equipment and control devices;
- inequalities between the sample used for testing and other specimens of the product;
- other factors.

As a summary it is emphasized that the classes in IEC 60721-3 define actual extreme environmental conditions. They should not be directly applied for qualification testing. They may, however, be used as basic material for defining test levels for such testing, together with methods for transformation of actual conditions into test conditions, safety margins, etc.

6 Duration and frequency of occurrence

6.1 General

The severities specified in the classes of IEC 60721-3 are those which will have a low probability of being exceeded. They occur for only a fraction of time or for a limited number of events.

For certain applications it may be important to know how long or how often significant levels of environmental parameters bear upon the product. Depending on the local situation or on the use profile of a product, duration or frequency of occurrence of single environmental parameters may be different. The knowledge of the expected duration or frequency of occurrence may significantly influence the design of the product or protective measures (details of building construction, etc.) at the location of application (during storage, transportation or use).

The underlying problems are often of a statistical and very complex nature. Such situations cannot be dealt with in a standardized manner. The following tables and examples can only convey a limited amount of information. They should therefore be used only in simple cases or when no more relevant information on durations is available.

6.2 Duration and frequency of occurrence

6.2.1 Table 1 contains a standard selection of total durations which may be related to each application.

6.2.2 Table 2 contains a standard selection of maximum durations of a single occurrence, and table 3 contains a standard selection of durations of occurrence or number of events per unit time. These durations or frequencies may be related to each environmental parameter of a class normally characterizing the situation when the contribution of that parameter is significant.

En fonction de la situation, le mot «significatif», dans ce texte, est censé couvrir des situations telles que les suivantes:

- l'état décrit par l'agent est atteint – par exemple condensation, givrage, etc.;
- la valeur de l'agent est supérieure à la sévérité correspondante de la classe immédiatement inférieure – par exemple basse température de l'air, haute température de l'air, faible humidité relative, forte humidité relative, etc.;
- l'agent d'environnement dépasse toute valeur de seuil définie, qu'il faut alors fixer en même temps que la durée et la fréquence retenues.

On peut établir une relation entre les durées et les fréquences des tableaux 2 et 3 et les durées totales d'application du tableau 1.

6.2.3 L'annexe A donne des exemples d'application des valeurs normales de durée et de fréquence de répétition.

Tableau 1 – Durée totale de l'application

Application	Durée				
	1 mois	6 mois	1 an	2 ans	3 ans
Stockage	1 mois	6 mois	1 an	2 ans	3 ans
Transport	24 h	1 semaine	1 mois	6 mois	
Utilisation	1 an ¹⁾	5 ans	10 ans	20 ans	40 ans

¹⁾ Des cas exceptionnels peuvent nécessiter une durée très courte, par exemple les sondes météorologiques.

Tableau 2 – Durée maximale d'un événement

1	s
10	s
1	min
0,5	h
1	h
8	h
24	h
1	semaine
2	semaines
1	mois

Tableau 3 – Fréquence des événements

Durée de l'événement par unité de temps ¹⁾		Nombre d'événements significatifs par unité de temps ¹⁾
0,5 h	ou	1
1 h		2
8 h		5
24 h		10
1 semaine		
2 semaines		
1 mois		
2 mois		
6 mois		

¹⁾ Unités de temps à choisir parmi les suivantes: seconde, minute, heure, 24 h, semaine, mois, an.