

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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 corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

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

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

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



IEC 61373

Edition 2.0 2010-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests

Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 45.060

ISBN 978-2-88910-944-9

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	9
4 General	10
5 Order of testing.....	11
6 Reference information required by the test house.....	11
6.1 Method of mounting and orientation of equipment under test.....	11
6.2 Reference and check points.....	11
6.2.1 Fixing point.....	11
6.2.2 Check point	12
6.2.3 Reference point	12
6.2.4 Measuring point	12
6.3 Mechanical state and functioning during test	12
6.3.1 Mechanical state.....	12
6.3.2 Functional tests	13
6.3.3 Performance tests.....	13
6.4 Reproducibility for random vibration tests.....	13
6.4.1 Acceleration spectral density (ASD)	13
6.4.2 Root mean square value (r.m.s.)	13
6.4.3 Probability density function (PDF)	13
6.4.4 Duration.....	13
6.5 Measuring tolerances.....	14
6.6 Recovery.....	14
7 Initial measurements and preconditioning.....	14
8 Functional random vibration test conditions	14
8.1 Test severity and frequency range	14
8.2 Duration of functional vibration tests	15
8.3 Functioning during test	15
9 Simulated long-life testing at increased random vibration levels.....	15
9.1 Test severity and frequency range	15
9.2 Duration of accelerated vibration tests	15
10 Shock testing conditions	16
10.1 Pulse shape and tolerance.....	16
10.2 Velocity changes	16
10.3 Mounting	16
10.4 Repetition rate.....	16
10.5 Test severity, pulse shape and direction.....	16
10.6 Number of shocks.....	17
10.7 Functioning during test	17
11 Transportation and handling.....	17
12 Final measurements	17
13 Acceptance criteria	17
14 Report	17

15 Test certificate	18
16 Disposal	18
Annex A (informative) Explanation of service measurements, measuring positions, methods of recording service data, summary of service data, and method used to obtain random test levels from acquired service data	25
Annex B (informative) Figure identifying general location of equipment on railway vehicles and their resulting test category	32
Annex C (informative) Example of a type test certificate	33
Annex D (informative) Guidance for calculating RMS values from ASD values or levels.....	34
Figure 1 – Gaussian distribution	9
Figure 2 – Category 1 – Class A – Body-mounted – ASD spectrum	19
Figure 3 – Category 1 – Class B – Body-mounted – ASD spectrum	20
Figure 4 – Category 2 – Bogie mounted – ASD spectrum.....	21
Figure 5 – Category 3 – Axle mounted – ASD spectrum.....	22
Figure 6 – Cumulative PDF tolerance bands	23
Figure 7 – Shock test tolerance – Bands half sine pulse	24
Figure A.1 – Standard measuring positions used for axle, bogie (frame) and body	25
Figure A.2 – Typical fatigue strength curve.....	29
Figure B.1 – General location of equipment on vehicles.....	32
Figure D.1 – ASD spectrum.....	35
Table 1 – Test severity and frequency range for functional random vibration tests.....	14
Table 2 – Test severity and frequency range.....	15
Table 3 – Test severity, pulse shape and direction.....	16
Table A.1 – Environment data acquisition summary of the test parameters/conditions.....	26
Table A.2 – Summary of the r.m.s. acceleration levels obtained from the questionnaire	28
Table A.3 – Test levels obtained from service data using the method shown in Clause A.4	31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK EQUIPMENT – SHOCK AND VIBRATION TESTS

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 61373 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This second edition cancels and replaces the first edition, issued in 1999 and constitutes a technical revision.

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

- change of the method to calculate the acceleration ratio which has to be applied to the functional ASD value to obtain the simulated long-life ASD value;
- addition of the notion of partially certified against this standard;
- suppression of Annex B of the first edition due to the new method to calculate the acceleration ratio;
- addition of guidance for calculating the functional RMS value from service data or the RMS value from ASD levels of Figures 2 to 5.

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

FDIS	Report on voting
9/1386/FDIS	9/1397/RVD

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

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This standard covers the requirements for random vibration and shock testing items of pneumatic, electrical and electronic equipment/components (hereinafter only referred to as equipment) to be fitted on to railway vehicles. Random vibration is the only method to be used for equipment/component approval.

The tests contained within this standard are specifically aimed at demonstrating the ability of the equipment under test to withstand the type of environmental vibration conditions normally expected for railway vehicles. In order to achieve the best representation possible, the values quoted in this standard have been derived from actual service measurements submitted by various bodies from around the world.

This standard is not intended to cover self-induced vibrations as these will be specific to particular applications.

Engineering judgement and experience is required in the execution and interpretation of this standard.

This standard is suitable for design and validation purposes; however, it does not exclude the use of other development tools (such as sine sweep), which may be used to ensure a predetermined degree of mechanical and operational confidence. The test levels to be applied to the equipment under test are dictated only by its location on the train (i.e. axle, bogie or body-mounted).

It should be noted that these tests may be performed on prototypes in order to gain design information about the product performance under random vibration. However, for test certification purposes the tests have to be carried out on equipment taken from normal production.

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK EQUIPMENT – SHOCK AND VIBRATION TESTS

1 Scope

This International Standard specifies the requirements for testing items of equipment intended for use on railway vehicles which are subsequently subjected to vibrations and shock owing to the nature of railway operational environment. To gain assurance that the quality of the equipment is acceptable, it has to withstand tests of reasonable duration that simulate the service conditions seen throughout its expected life.

Simulated long-life testing can be achieved in a number of ways each having their associated advantages and disadvantages, the following being the most common:

- a) amplification: where the amplitudes are increased and the time base decreased;
- b) time compression: where the amplitude history is retained and the time base is decreased (increase of the frequency);
- c) decimation: where time slices of the historical data are removed when the amplitudes are below a specified threshold value.

The amplification method as stated in a) above, is used in this standard and together with the publications referred to in Clause 2; it defines the default test procedure to be followed when vibration testing items for use on railway vehicles. However, other standards exist and may be used with prior agreement between the manufacturer and the customer. In such cases test certification against this standard will not apply. Where service information is available tests can be performed using the method outlined in Annex A. If the levels are lower than those quoted in this standard, equipment is partially certified against this standard (only for service conditions giving functional test values lower than or equal to those specified in the test report).

Whilst this standard is primarily concerned with railway vehicles on fixed rail systems, its wider use is not precluded. For systems operating on pneumatic tyres, or other transportation systems such as trolleybuses, where the level of shock and vibration clearly differ from those obtained on fixed rail systems, the supplier and customer can agree on the test levels at the tender stage. It is recommended that the frequency spectra and the shock duration/amplitude be determined using the guidelines in Annex A. Equipment tested at levels lower than those quoted in this standard cannot be fully certified against the requirements of this standard.

An example of this is trolleybuses, whereby body-mounted trolleybus equipment could be tested in accordance with category 1 equipment referred to in the standard.

This standard applies to single axis testing. However multi-axis testing may be used with prior agreement between the manufacturer and the customer.

The test values quoted in this standard have been divided into three categories dependent only upon the equipment's location within the vehicle.

Category 1 Body mounted

Class A Cubicles, subassemblies, equipment and components mounted directly on or under the car body.

Class B Anything mounted inside an equipment case which is in turn mounted directly on or under the car body.

NOTE 1 Class B should be used when it is not clear where the equipment is to be located.

Category 2 Bogie mounted

Cubicles, subassemblies, equipment and components which are to be mounted on the bogie of a railway vehicle.

Category 3 Axle mounted

Subassemblies, equipment and components or assemblies which are to be mounted on the wheelset assembly of a railway vehicle.

NOTE 2 In the case of equipment mounted on vehicles with one level of suspension such as wagons and trucks, unless otherwise agreed at the tender stage, axle mounted equipment will be tested as category 3, and all other equipment will be tested as category 2.

The cost of testing is influenced by the weight, shape and complexity of the equipment under test. Consequently at the tender stage the supplier may propose a more cost-effective method of demonstrating compliance with the requirements of this standard. Where alternative methods are agreed it will be the responsibility of the supplier to demonstrate to his customer or his representative that the objective of this standard has been met. If an alternative method of evaluation is agreed, then the equipment tested cannot be certified against the requirement of this standard.

This standard is intended to evaluate equipment which is attached to the main structure of the vehicle (and/or components mounted thereon). It is not intended to test equipment which forms part of the main structure. Main structure in the sense of this standard means car body, bogie and axle. There are a number of cases where additional or special vibration tests may be requested by the customer, for example:

- a) equipment mounted on, or linked to, items which are known to produce fixed frequency excitation;
- b) equipment such as traction motors, pantographs, shoe gear, or suspension components which may be subjected to tests in accordance with their special requirements, applicable to their use on railway vehicles. In all such cases the tests carried out should be dealt with by separate agreement at the tender stage;
- c) equipment intended for use in special operational environments as specified by the customer.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-47:2005, *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*

ISO 3534-1:2006, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60068-2-64 and in ISO 3534-1 apply as well as the following.

3.1

random vibrations

a vibration the instantaneous value of which cannot be precisely predicted for any given instant of time

3.2

Gaussian distribution ; normal distribution

a Gaussian, or normal, distribution has a probability density function equal to (see Figure 1):

$$P_x(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

where:

- c is the r.m.s value;
- x is the instantaneous value;
- \bar{x} is the mean value of x .

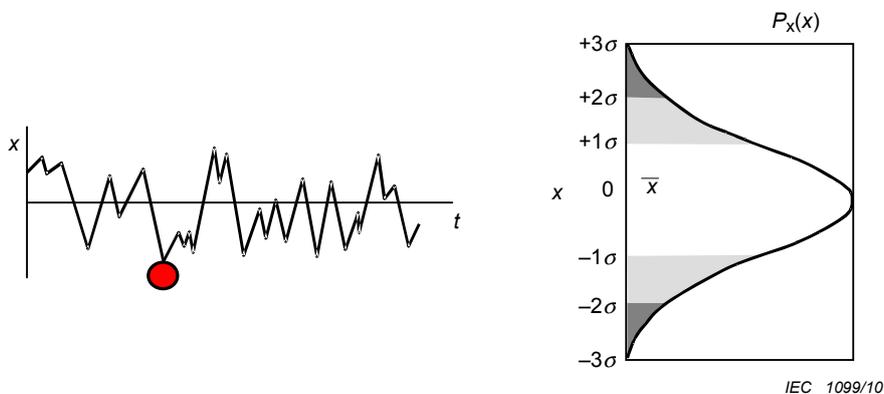


Figure 1 – Gaussian distribution

NOTE According to Figure 1, the probability that the instantaneous acceleration value is between $\pm a$ is equal to the zone under the probability density curve $P_x(x)$. This means that the instantaneous acceleration value between:

- 0 and 1σ represents 68,26 % of the time,
- 1σ and 2σ represents 27,18 % of the time,
- 2σ and 3σ represents 4,30 % of the time.

3.3

Acceleration Spectral Density ASD

mean-square value of that part of an acceleration signal passed by a narrow-band filter of a centre frequency, per unit bandwidth, in the limit as the bandwidth approaches zero and the averaging time approaches infinity

3.4 components

pneumatic, electrical, or electronic parts located inside a cubicle

3.5 cubicle

whole equipment, including mechanical parts and especially the structure, (e.g. converter, inverter, etc.) composed of mounted components

4 General

This standard is intended to highlight any weakness/error which may result in problems as a consequence of operation under environments where vibration and shock are known to occur in service on a railway vehicle. This is not intended to represent a full life test. However, the test conditions are sufficient to provide some reasonable degree of confidence that the equipment will survive the specified life under service conditions.

Compliance with this standard is achieved if the criteria in Clause 13 are met.

The test levels quoted in this standard have been derived from environmental test data, as referred to in Annex A. This information was submitted by organizations responsible for collecting environmental vibration levels under service conditions.

The following tests are mandatory for compliance with this standard:

Functional random test	<p>The functional random test levels are the minimum test levels to be applied in order to demonstrate that the equipment under test is capable of functioning when subjected to conditions which are likely to occur in service, on railway vehicles.</p> <p>The degree of functioning shall be agreed between the manufacturer and the end user prior to tests commencing (see 6.3.2). Functional test requirements are detailed in Clause 8.</p> <p>The functional tests are not intended to be a full performance evaluation under simulated service conditions.</p>
Simulated long-life test	<p>This test is aimed at establishing the mechanical integrity of the equipment at increased service levels. It is not necessary to demonstrate ability to function under these conditions. Simulated long-life testing requirements are detailed in Clause 9.</p>
Shock testing	<p>Shock testing is aimed at simulating rare service events. It is not necessary to demonstrate functionality during this test. It will however be necessary to demonstrate that no change in operational state occurs, that there is no visual deformation and that mechanical integrity has not changed. These points shall be clearly demonstrated in the final test report. Shock testing requirements are detailed in Clause 10.</p>

5 Order of testing

A possible order of testing is as follows:

Vertical, transverse and longitudinal simulated long-life testing by increased random vibration; followed by vertical, transverse and longitudinal shock testing; followed by transportation and handling (when identified/agreed) and finally by vertical, transverse and longitudinal functional random testing.

NOTE Transportation and handling tests are not a requirement of this standard, and are therefore not included in this standard.

The order of testing may be altered to minimize re-jigging. The order of testing shall be recorded in the report. Performance tests in accordance with 6.3.3 shall be undertaken before and after simulated long-life testing, during which time transfer functions shall be taken for comparison purposes in order to establish if any changes have taken place as a result of the simulated long-life testing.

The orientation and direction of excitation shall be stated in the test specification and included in the report.

6 Reference information required by the test house

NOTE 1 Additional general information can be found in IEC 60068-2-64.

NOTE 2 For general mounting of components refer to IEC 60068-2-47.

6.1 Method of mounting and orientation of equipment under test

The equipment under test shall be mechanically connected to the test machine by its normal devices of attachment, including any resilient mount, either directly or by utilising a fixture.

As the method of mounting can significantly influence the results obtained, the actual method of mounting shall be clearly identified in the test report.

Unless otherwise agreed it is preferred that the equipment shall be tested in its normal working orientation with no special precautions taken against the effects of magnetic interference, heat or any other factors upon the operation and performance of the equipment under test.

Wherever possible, the fixture shall not have a resonance within the test frequency range. When resonances are unavoidable, the influence of the resonance on the performance of the equipment under test shall be studied and identified in the report.

6.2 Reference and check points

The test requirements are confirmed by measurements made at a reference point and, in certain cases, at check points, related to the fixing points of the equipment.

In the case of large numbers of small items of equipment mounted on one fixture, the reference and/or check points may be related to the fixture rather than to the fixing points of the equipment under test, provided the lowest resonant frequency of the loaded fixture is higher than the upper test frequency limit.

6.2.1 Fixing point

A fixing point is a part of the equipment under test in contact with the fixture or vibration testing surface at a point where the equipment is normally fastened in service.

6.2.2 Check point

A check point shall be as close as possible to a fixing point and in any case shall be rigidly connected to it. If four or less fixing points exist, each one is defined as a check point. The vibration at these points shall not fall below the specified minimum limits. All check points shall be identified in the test report. In the case of small items of equipment where the size, weight and complexity of the mechanical structure do not merit multipoint checking, the report shall identify how many check points were used and their locations.

6.2.3 Reference point

The reference point is the single point from which the reference signal is obtained in order to confirm the test requirements, and is taken to represent the motion of the equipment under test. It may be a check point or a fictitious point created by manual or automatic processing of the signals from the check points.

For random vibration if a fictitious point is used, the spectrum of the reference signal is defined as the arithmetic mean at each frequency of the acceleration spectral density (ASD) values of the signals from all check points. In this case, the total r.m.s. value of the reference signal is equivalent to the root mean square of the r.m.s. values of the signals from the check points.

$$\text{Total r.m.s. value of the reference point} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n_c} (r.m.s.i)^2}{n_c}}$$

where n_c is the number of check points.

The report shall state the point used and how it was chosen. It is recommended that for large and/or complex equipment a fictitious point is used.

NOTE Automatic processing of the signals from the check points using a scanning technique to create the fictitious point is permitted for confirmation of the total r.m.s. acceleration. However, it is not permitted for confirmation of the ASD level without correcting for such sources of error as analyzer bandwidth, sampling time, etc.

6.2.4 Measuring point

A measuring point is a specific location on the equipment under test at which data is gathered for the purpose of examining the vibration response characteristics of the equipment. A measuring point is defined before commencing the tests detailed in this standard (see Clause 7).

6.3 Mechanical state and functioning during test

6.3.1 Mechanical state

If the equipment under test has more than one mechanical condition in which it could remain for long periods when fitted to a railway vehicle, two mechanical states shall be selected for test purposes. At least one of the worst states shall be selected (for example, in the case of a contactor, the mechanical state which affords the least clamping pressure).

When more than one state exists, the equipment under test shall spend equal time in both states selected during vibration and shock testing, the levels of which are as specified in Clauses 8, 9 and 10.

6.3.2 Functional tests

If required, the functional tests shall be specified by the manufacturer and agreed between manufacturer and customer prior to commencement of the tests. They shall be carried out during the vibration tests at the levels stated in Clause 8 of this standard.

Functional tests are aimed at verifying the operational capability and are not to be confused with performance tests. They are only intended to demonstrate a degree of confidence that the equipment under test will perform in service.

NOTE 1 Functional tests will not be conducted during shock testing unless previously agreed between the manufacturer and end user.

NOTE 2 In the case where the functional tests are modified, this has to be detailed in the report.

6.3.3 Performance tests

Performance tests shall be carried out prior to commencement, and upon completion of all the tests specified. The performance test specification shall be defined by the manufacturer and shall include tolerance limits.

6.4 Reproducibility for random vibration tests

Random vibration signals are not repeatable in the time domain; no two similar length time samples from a random signal generator can be overlaid and shown to be identical. Nevertheless it is possible to make statements about the similarity of two random signals and set tolerance bands on their characteristics. It is necessary to define a random signal in a way which ensures that should the test be repeated at a later date, by a different test house or on a different item of equipment, the excitation is of a similar severity. It should be noted that all the following tolerance boundaries include instrumentation errors but exclude other errors, specifically random (statistical) errors and bias errors. The measurements are taken at the check/reference point(s).

6.4.1 Acceleration spectral density (ASD)

The ASD shall be within ± 3 dB (range $\frac{1}{2} \times \text{ASD}$ to $2 \times \text{ASD}$) of the specified ASD levels as shown in the appropriate Figures 2 to 5. The initial and final slope should not be less than those shown in Figures 2 to 5.

6.4.2 Root mean square value (r.m.s.)

The r.m.s. of the acceleration at the reference point over the defined frequency range shall be that specified in Figures 2 to 5 ± 10 %.

NOTE With respect to the low frequency content it may be difficult to obtain ± 3 dB. In such cases it is only important for the test value to be noted in the report.

6.4.3 Probability density function (PDF)

Unless otherwise stated, for each measuring point the time series of the measured acceleration(s) shall have a distribution with a PDF which is approximately Gaussian and a crest factor (ratio of the peak to r.m.s. values) of at least 2,5.

NOTE Figure 6 shows the tolerance bands of the cumulative PDF.

6.4.4 Duration

The total duration of exposure to the prescribed random vibration in each axis shall not be less than that specified (see 8.2 and 9.2).

6.5 Measuring tolerances

The vibration tolerances shall conform to 4.3 of IEC 60068-2-64.

6.6 Recovery

The initial and final measurements shall be taken under the same conditions (for example, temperature). In order to enable the equipment under test to attain the same conditions as existed for the initial measurements, (if necessary) a period for recovery shall be allowed after testing and before the final measurements are made.

7 Initial measurements and preconditioning

Before commencing any testing, the equipment shall be subjected to a performance test according to 6.3.3. Where the nature of such testing is outside the physical capability of the test house, the tests shall be conducted by the manufacturer who shall provide a statement that the item under test conformed with the performance tests prior to the vibration and shock testing identified in this standard. It is the responsibility of the manufacturer to define the location of the measuring points which shall be clearly identified in the report.

Transfer functions shall be calculated from the random signals taken from the reference point and measuring points, which shall be defined by the manufacturer. Where panels are removed for examination or instrumentation, they shall be replaced during the testing.

The transfer functions shall be taken under the test conditions specified in Clause 8 for categories 2 and 3 equipment and in Clause 9 for category 1 equipment.

The measurement shall aim to achieve a coherence of at least 0,9. If this is not possible, a minimum of 120 spectral averages (or 240 statistical degrees of freedom for linear averaging) shall be taken with 0 % overlap.

8 Functional random vibration test conditions

8.1 Test severity and frequency range

The equipment shall be tested with the relevant r.m.s. value and frequency range given in Table 1. When the orientation at which the equipment will be installed is unclear or unknown, the test shall be carried out in the three axes with the r.m.s. value given for the vertical axis.

Table 1 – Test severity and frequency range for functional random vibration tests

Category	Orientation	RMS m/s ²	Frequency range
1 Class A Body mounted	Vertical	0,750	Figure 2
	Transverse	0,370	
	Longitudinal	0,500	
1 Class B Body mounted	Vertical	1,01	Figure 3
	Transverse	0,450	
	Longitudinal	0,700	
2 Bogie mounted	Vertical	5,40	Figure 4
	Transverse	4,70	
	Longitudinal	2,50	
3 Axle mounted	Vertical	38,0	Figure 5
	Transverse	34,0	
	Longitudinal	17,0	

NOTE 1 These test values are intended to represent typical service values as highlighted in Annex A, and are the

minimum test levels to be applied to the equipment under test for a full certification. Where actual measured data exists the functional vibration test conditions listed above may be increased by using the method shown in Annex A and the equations shown in Annex D.

NOTE 2 By using the method shown in Annex A and the equations shown in Annex D, actual measured data may conduce to functional test values lower than the minimum test levels quoted in Table 1. These low functional test values may be applied to the equipment under test with prior agreement between the manufacturer and the customer. In such case the equipment tested cannot be fully certified against the requirements of this standard. The equipment tested is partially certified (only validated for service conditions giving functional test values lower than or equal to those specified in the test report).

8.2 Duration of functional vibration tests

NOTE 1 The object of this test is to demonstrate that the equipment under test is unaffected by the applied test levels which are representative of those expected in service.

NOTE 2 It is envisaged that these tests would not normally take less than 10 min.

The duration of the functional vibration test shall be sufficient to allow all the specified functions to be completed.

8.3 Functioning during test

The functional tests agreed with the customer (see 6.3.2) shall be carried out during functional random vibration testing.

9 Simulated long-life testing at increased random vibration levels

9.1 Test severity and frequency range

When the orientation at which the equipment will be installed is unclear or unknown, the equipment shall be subjected to the vertical test levels of Table 2 in all three axes.

Table 2 – Test severity and frequency range

Category	Orientation	RMS 5 h test period m/s ²	Frequency range
1 Class A Body mounted	Vertical	4,25	Figure 2
	Transverse	2,09	
	Longitudinal	2,83	
1 Class B Body mounted	Vertical	5,72	Figure 3
	Transverse	2,55	
	Longitudinal	3,96	
2 Bogie mounted	Vertical	30,6	Figure 4
	Transverse	26,6	
	Longitudinal	14,2	
3 Axle mounted	Vertical	144	Figure 5
	Transverse	129	
	Longitudinal	64,3	

NOTE If the functional test values are issued from actual measured data, the long life test values are obtained by using the acceleration ratio calculated in Annex A.

9.2 Duration of accelerated vibration tests

All categories of equipment shall be subjected to a total conditioning time of 15 h. This shall normally be divided into periods of 5 h conditioning in each of three mutually perpendicular axes. If during the course of testing overheating of equipment is felt to be a problem, (i.e. vibration of rubber parts, etc.) it is permissible to stop the tests for a period of time in order to allow the equipment to recover. However, it must be noted that the total duration of 5 h vibration shall be achieved. If tests are stopped then this shall be stated in the report.

NOTE 1 It is not necessary for equipment to function during this test.

NOTE 2 It is possible by prior agreement to reduce the amplitude of vibration. However, it is essential that the duration of the test period be increased in accordance with the method shown in Annex A. This is not a preferred option and should be limited to category 3 axle mounted equipment.

10 Shock testing conditions

10.1 Pulse shape and tolerance

The equipment under test shall be subjected to a sequence of single half sine pulses each with a nominal duration of D and a nominal peak amplitude of A conforming to IEC 60068-2-27 (see Figure 7 for values of D and A).

The transverse acceleration shall not exceed 30 % of the peak acceleration of the nominal pulse in the intended direction in accordance with IEC 60068-2-27.

Figure 7 shows pulse shape and tolerance limits.

10.2 Velocity changes

The actual velocity change shall be within $\pm 15\%$ of the value corresponding to the nominal pulse shown in Figure 7.

Where the velocity change is determined by integration of the actual pulse shown, it shall be evaluated over the integration time interval shown in Figure 7.

10.3 Mounting

The equipment under test shall be connected to the test machine in accordance with 6.1.

10.4 Repetition rate

In order to allow the equipment under test to recover from any resonance effects sufficient time shall be allowed to elapse between the application of shocks.

10.5 Test severity, pulse shape and direction

Values are given in Table 3.

Table 3 – Test severity, pulse shape and direction

Category	Orientation	Peak acceleration A m/s ²	Nominal duration D ms
1 Class A and class B Body mounted	Vertical	30	30
	Transverse	30	30
	Longitudinal	50	30
2 Bogie mounted	All	300	18
3 Axle mounted	All	1 000	6

NOTE 1 See Figure 7 for pulse shape details.

NOTE 2 The heavy equipment, for which there is not test bench sufficiently sized to carry out the shock tests, will be the subject of appropriate test conditions (reduction of the acceleration peak values), by prior agreement between the manufacturer and the customer.

10.6 Number of shocks

18 shocks (three positive and three negative in each of the three orthogonal axes) as specified in IEC 60068-2-27 shall be applied to the equipment. This test shall be repeated for each mechanical state as identified in 6.3.1.

10.7 Functioning during test

It is not necessary for the equipment to operate during tests. Nevertheless some equipment may have to retain its functional integrity; this shall be verified as requested by the manufacturer or the customer in the test specification unless otherwise stated in the relevant product standard.

11 Transportation and handling

Where transportation and handling tests are specifically requested by the end user, they shall be in accordance with IEC 60068-2-27.

12 Final measurements

On completion of the tests, the equipment shall be subjected to a performance test according to 6.3.3. Owing to the nature of such testing, it may be outside the capability of the test house. In such cases, the tests will be conducted by the manufacturer who shall provide a statement that the item under test conformed with the performance tests after the vibration and shock testing identified in this standard.

Transfer functions shall be calculated from the random signals taken from the reference point and measuring points, which shall be defined by the manufacturer. Where panels are removed for examination or instrumentation, they shall be replaced during the testing.

The transfer functions shall be taken under the test conditions specified in Clause 8 for categories 2 and 3 equipment and in Clause 9 for category 1 equipment.

The measurement shall aim to achieve a coherence of at least 0,9. If this is not possible a minimum of 120 spectral averages (or 240 statistical degrees of freedom for linear averaging) with 0 % overlap, shall be taken.

Any changes in the transfer functions or other measurements shall be investigated and explained in the test report.

13 Acceptance criteria

On successful completion of all of the following tests, the equipment shall be considered suitable for test certification:

- a) performance according to 6.3.3 remains within the defined limits;
- b) function according to 6.3.2 remains within the defined limits;
- c) no visual deformation and mechanical integrity has not changed.

Engineering judgment is required.

14 Report

Upon completion of all or part of the tests, final measurements and functional checks, the test house shall issue a comprehensive report to their customer. The report shall describe the execution of the tests and their effect on the equipment together with:

- a) the summary which shall identify changes which have occurred during the tests. Serial numbers/identification shall be quoted;
- b) details of the instrumentation and test procedures used, which shall be made available on request. They may be included in the report but this is not mandatory;
- c) methods of mounting which shall be reported as identified in 6.1;
- d) method and order of testing used. The report shall also include figures showing the location of all checking and measuring positions;
- e) functional tests carried out and values obtained pre-test and post-test;
- f) results of tests from check and reference positions, together with observations against the set objectives and acceptance criteria. The report shall contain all the check point graphs which shall be in the format of Figures 2 to 7. They shall also contain the tolerance bands in order to demonstrate that the tests remained within the tolerance limits stated in this standard;
- g) all observations done when functional test during vibration and/or function verification during shock are required.

NOTE Where special tests have been carried out which exceed the requirements of this standard they may be included in the report.

15 Test certificate

Test certificate shall include all of the following information:

- description of equipment tested;
- manufacturer's name;
- equipment type and issue/modification status;
- equipment serial number;
- test house report number;
- report date;
- product test specification.

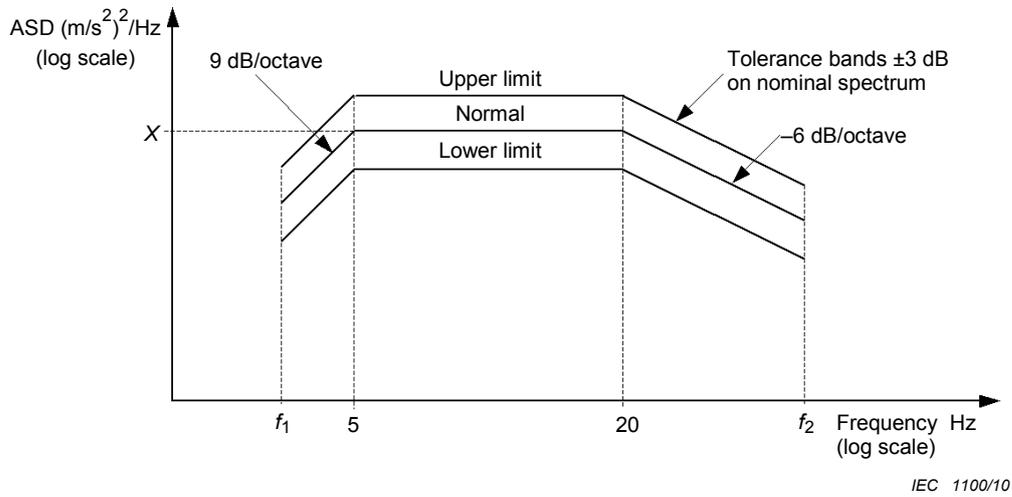
This certificate shall be signed by authorised representatives of the test house and the manufacturer.

NOTE An example of a typical type test certificate is shown in Annex C.

16 Disposal

The equipment, having satisfied the test objectives and acceptance criteria, may be refurbished to a standard agreed between the manufacturer and the end user, and placed in operational service.

For traceability purposes, it is the responsibility of the manufacturer to identify clearly all items which have been tested in accordance with this standard.



when mass ≤ 500 kg: $f_1 = 5$ Hz $f_2 = 150$ Hz

when mass > 500 kg $\leq 1\ 250$ kg: $f_1 = \frac{1\ 250}{\text{mass}} \times 2$ Hz $f_2 = \frac{1\ 250}{\text{mass}} \times 60$ Hz

when mass $> 1\ 250$ kg: $f_1 = 2$ Hz $f_2 = 60$ Hz

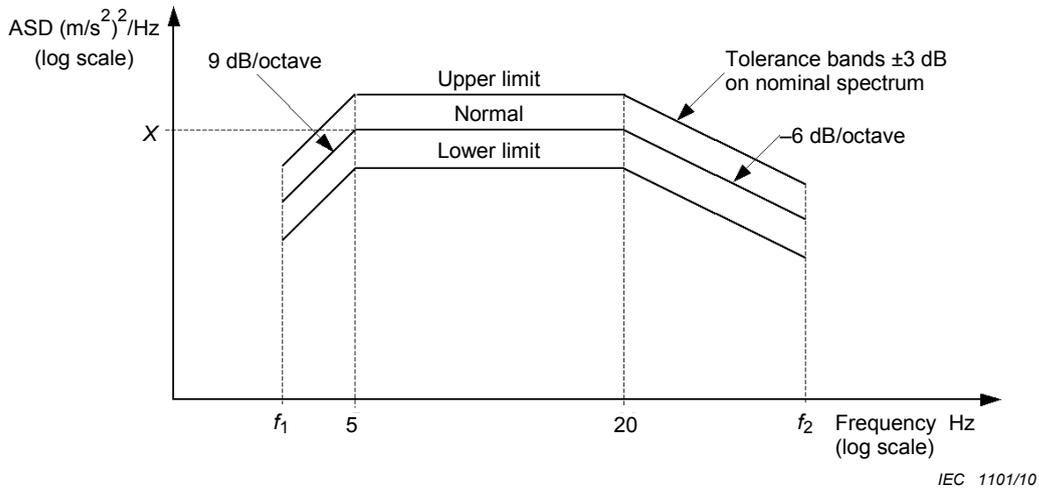
	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,0166	0,0041	0,0073
RMS value m/s ² 2 Hz to 150 Hz	0,750	0,370	0,500
Long-life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,532	0,131	0,234
RMS value m/s ² 2 Hz to 150 Hz	4,25	2,09	2,83

NOTE 1 For items with test frequencies over than 2 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.

NOTE 2 For items with test frequencies less than 150 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.

NOTE 3 If frequencies above f_2 are known to exist they may be included, the amplitude being established by extending the 6 dB/octave decay line until it intersects the maximum frequency required. In such cases the r.m.s. levels shall be increased.

Figure 2 – Category 1 – Class A – Body-mounted – ASD spectrum



when mass ≤ 500 kg: $f_1 = 5$ Hz $f_2 = 150$ Hz

when mass > 500 kg $\leq 1\ 250$ kg: $f_1 = \frac{1\ 250}{\text{mass}} \times 2$ Hz $f_2 = \frac{1\ 250}{\text{mass}} \times 60$ Hz

when mass $> 1\ 250$ kg: $f_1 = 2$ Hz $f_2 = 60$ Hz

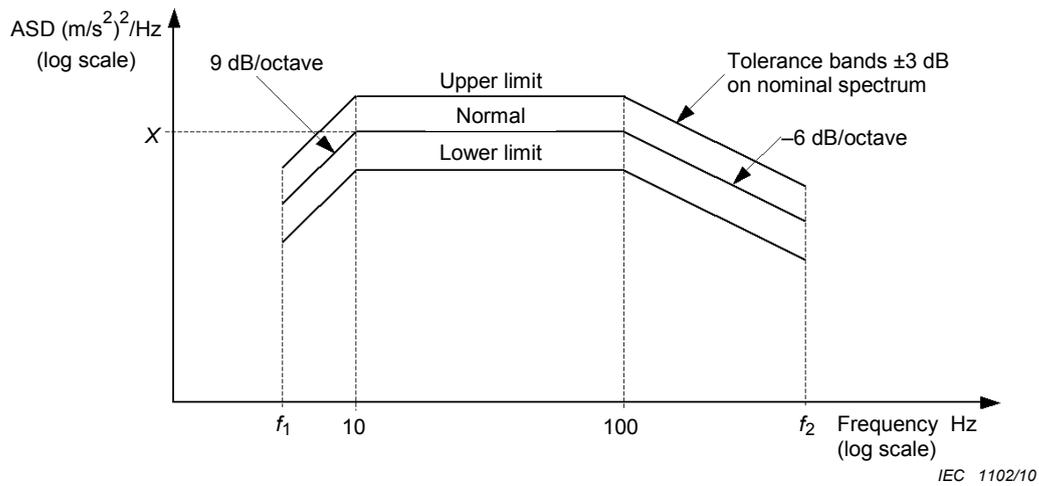
	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,0301	0,0060	0,0144
RMS value m/s ² 2 Hz to 150 Hz	1,01	0,450	0,700
Long-life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,964	0,192	0,461
RMS value m/s ² 2 Hz to 150 Hz	5,72	2,55	3,96

NOTE 1 For items with test frequencies over than 2 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.

NOTE 2 For items with test frequencies less than 150 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.

NOTE 3 If frequencies above f_2 are known to exist they may be included, the amplitude being established by extending the 6 dB/octave decay line until it intersects the maximum frequency required. In such cases the r.m.s. levels shall be increased.

Figure 3 – Category 1 – Class B – Body-mounted – ASD spectrum



when mass ≤ 100 kg: $f_1 = 5$ Hz $f_2 = 250$ Hz

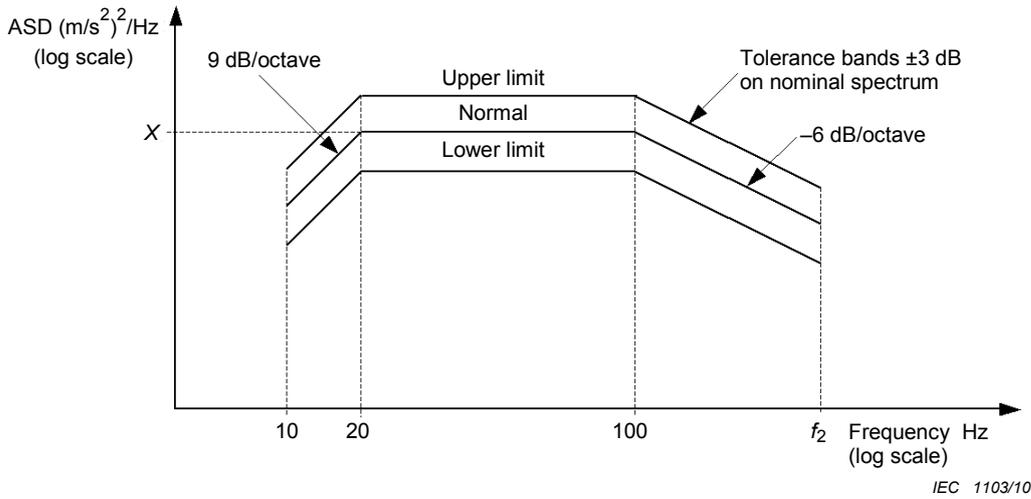
when mass > 100 kg ≤ 250 kg: $f_1 = \frac{250}{\text{mass}} \times 2$ Hz $f_2 = \frac{250}{\text{mass}} \times 100$ Hz

when mass > 250 kg: $f_1 = 2$ Hz $f_2 = 100$ Hz

	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,190	0,144	0,0414
RMS value m/s ² 2 Hz to 250 Hz	5,40	4,70	2,50
Long-life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	6,12	4,62	1,32
RMS value m/s ² 2 Hz to 250 Hz	30,6	26,6	14,2

NOTE 1 For items with test frequencies over than 2 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.
 NOTE 2 For items with test frequencies less than 250 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.
 NOTE 3 If frequencies above f_2 are known to exist they may be included, the amplitude being established by extending the 6 dB/octave decay line until it intersects the maximum frequency required. In such cases the r.m.s. levels shall be increased.

Figure 4 – Category 2 – Bogie mounted – ASD spectrum



when mass ≤ 50 kg: $f_2 = 500$ Hz

when mass > 50 kg ≤ 125 kg: $f_2 = \frac{125}{\text{mass}} \times 200$ Hz

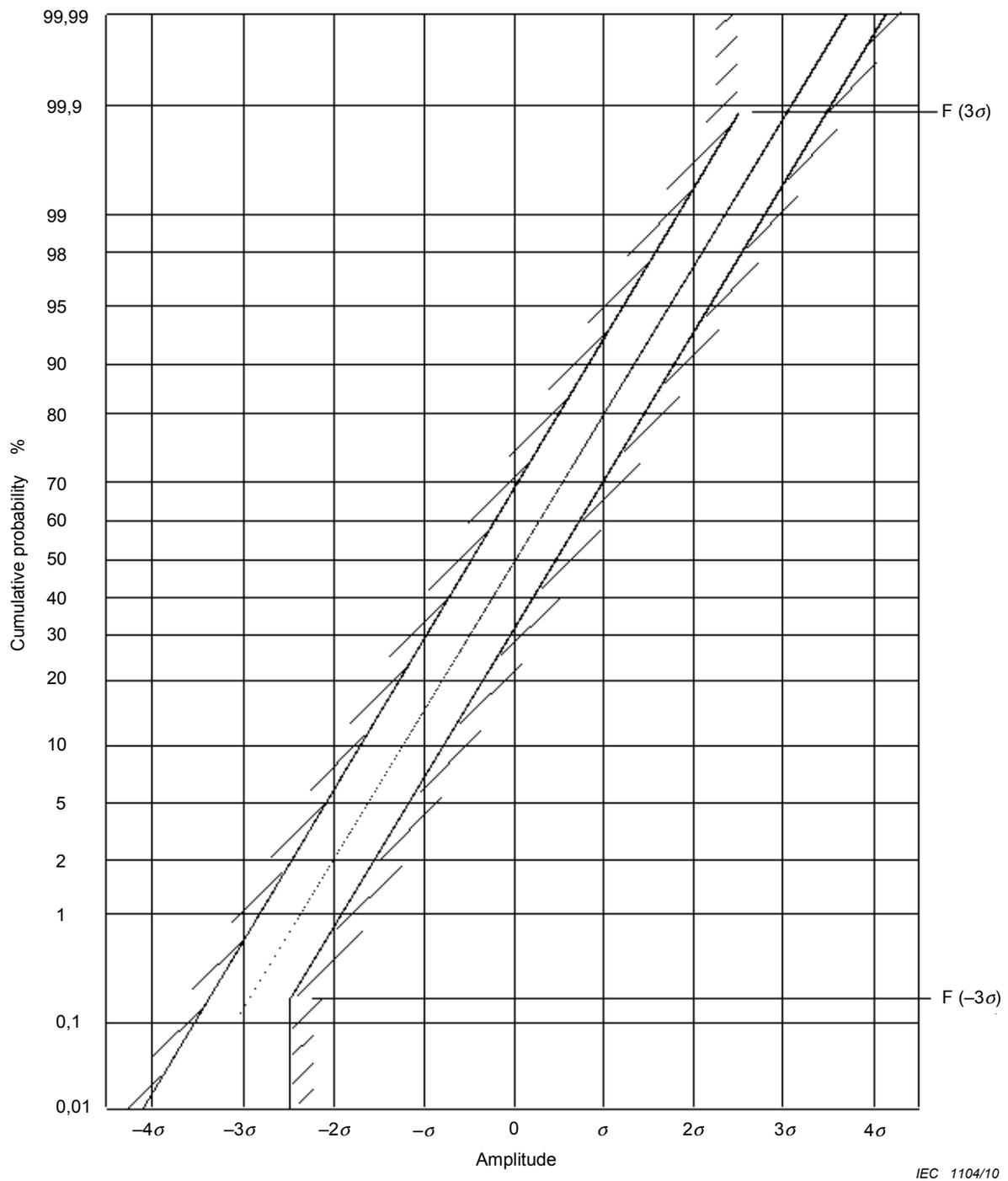
when mass > 125 kg: $f_2 = 200$ Hz

	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	8,74	7,0	1,751
RMS value m/s ² 10 Hz to 500 Hz	38,0	34,0	17,0
Long-life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	124,9	100,2	25,02
RMS value m/s ² 10 Hz to 500 Hz	144	129	64,3

NOTE 1 For items with test frequencies less than 500 Hz the r.m.s. levels shall be lower than those quoted above.

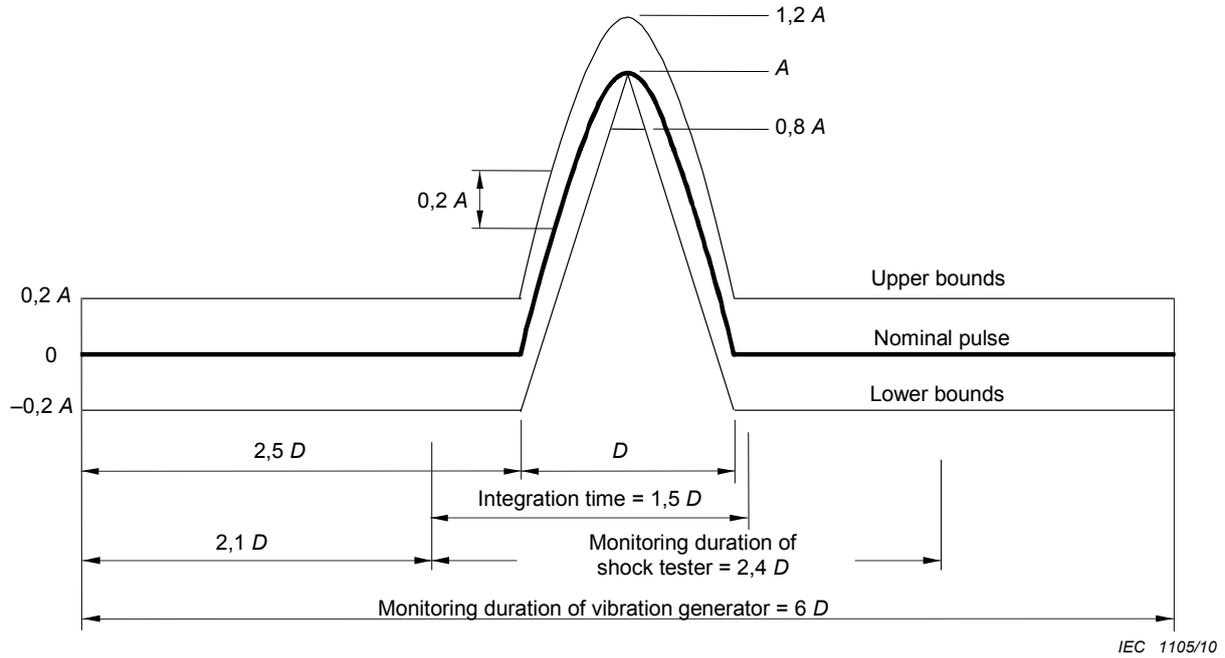
NOTE 2 If frequencies above f_2 are known to exist they may be included, the amplitude being established by extending the 6 dB/octave decay line until it intersects the maximum frequency required. In such cases the r.m.s. levels shall be increased.

Figure 5 – Category 3 – Axle mounted – ASD spectrum



LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure 6 – Cumulative PDF tolerance bands



Category	Orientation	Peak acceleration A m/s^2	Nominal duration D ms
1 Class A and class B Body mounted	Vertical	30	30
	Transverse	30	30
	Longitudinal	50	30
2 Bogie mounted	All	300	18
3 Axle mounted	All	1 000	6

NOTE Some category 1 equipment intended for specific applications may require additional shock testing with peak accelerations A of $30 m/s^2$ and duration D of 100 ms. In such cases these test levels should be requested and agreed prior to testing.

Figure 7 – Pulse shape and limits of tolerance for half-sine pulse

Annex A (informative)

Explanation of service measurements, measuring positions, methods of recording service data, summary of service data, and method used to obtain random test levels from acquired service data

A.1 General

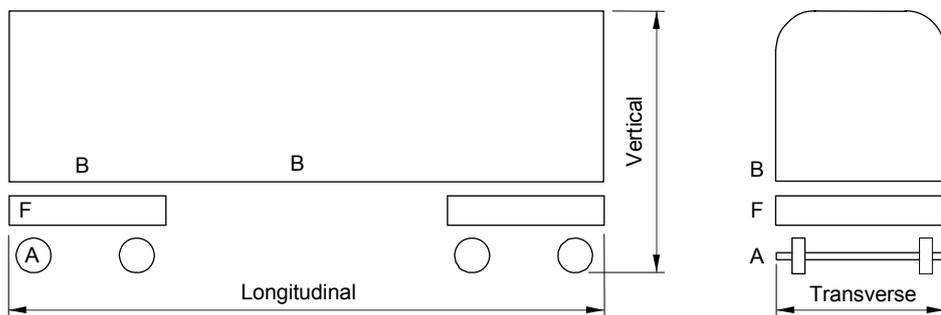
Rail vehicle shock and vibration varies depending on vehicle speed, rail/track conditions and other environment factors. To assess whether equipment attached to rail vehicles will perform satisfactorily for many years without failure, a design/test specification is required.

To establish a realistic test specification it is necessary to obtain measured service data and base test levels on this data. The following data and means are used to obtain it:

- Standard measuring positions used for axle, bogie and body-mounted categories (see Clause A.2).
- Service data obtained from rail operators and equipment manufacturers utilising a two-page questionnaire (see Clause A.3).
- Summarised service data obtained (see Clause A.4).
- Method used to obtain random test levels from the acquired service data (see Clause A.5).
- Test levels obtained from service data using the method in Clause A.5 (see Clause A.6).

NOTE When service data is available for the actual rail vehicles/network, test levels may be calculated using the method in Clause A.5.

A.2 Standard measuring positions used for axle, bogie and body-mounted categories (Figure A.1)



IEC 1106/10

Key

- A Axle measuring position for vertical, transverse and longitudinal axes
- F Frame (bogie) measuring position for vertical, transverse and longitudinal axes
- B Body measuring position for vertical, transverse and longitudinal axes

Figure A.1 – Standard measuring positions used for axle, bogie (frame) and body

A.3 Service data obtained from rail operators and equipment manufacturers utilizing a two-page questionnaire

For each measuring position Table A.1 should be completed.

Table A.1 – Environment data acquisition summary of the test parameters/conditions

Measurement position.....	
Measurement direction.....	
Test parameter/Condition (Question)	Comments (Answer)
General	
1 Reason for measuring vibration levels	.....
2 Location of railway system	.....
3 Type of vehicle measured	.....
4 Special test or normal service	.....
5 Vehicle speed	.....
Main conditions	
6 Weather conditions (°C, % RH, rain, snow)	.....
7 Axle loading of vehicle measured	.....
8 Type of rail (UIC grade)	.....
9 Rail foundation (sleepers, ballast)	.....
10 Type of rail jointing (welded, jointed)	.....
Additional conditions	
11 Wheel condition, profile, conicity	.....
12 Rail condition (vertical r.m.s. amplitude)	.....
13 Length of track used for measurements	.....
14 Number and radius of bends	.....
15 Number of crossings and points	.....
16 Other exclusive events (bridges, tunnels)	.....
17 Configuration of train and total mass	.....
18 Tractive effort (drive vehicles only)	.....
Recording	
19 Type of recording (FM, DR, PCM, DAT)	.....
20 Frequency range (lower and upper)	.....
21 Amplitude range (maximum and minimum)	.....

Table A.1 (concluded)

Test parameter/Condition (Question)	Comments (Answer)
Time domain analysis	
22 Bandwidth of time domain analysis
23 Sampling frequency
24 Total number of samples or total time of all records
25 Max. acceleration (m/s ² , positive)
26 Min. acceleration (m/s ² , negative)
27 RMS value
28 Amplitude resolution
29 RMS m/s ² based on the density function
Frequency analysis (Recommended bandwidth 150 Hz body; 250 Hz bogie and 500 Hz axle)	
30 Band width of frequency analysis/cut off frequency of anti-aliasing filter
31 Sampling frequency of corresponding time record
32 Frequency resolution (delta f) or number of frequency lines
33 Number of samples at data acquisition (block length)
34 Lower frequency limit
35 Type of time window and record length at acquisition/analysis
36 Number of averages (time records)
37 Overlap ($0 \leq 0_t < 1$) and total number of samples
38 ADC resolution (dynamic range)
39 The inherent noise level of the instrumentation
40 Total r.m.s. m/s ² based on ASD
Graphs required	
41 Acceleration spectral density spectrum for frequency domain analysis
42 Probability density distribution for time domain analysis

A.4 Summarized service data obtained

See Table A.2.

Table A.2 – Summary of the r.m.s. acceleration levels obtained from the questionnaire

Category	Max. level m/s ² r.m.s.	Average level m/s ² r.m.s.	Standard deviation	Number of values
1				
Body vertical	1,24	0,49	0,26	19
Body transverse	0,43	0,29	0,08	15
Body longitudinal	0,82	0,30	0,20	8
2				
Bogie vertical	7,0	3,1	2,3	14
Bogie transverse	7,0	3,0	1,7	10
Bogie longitudinal	4,1	1,2	1,3	9
3				
Axle vertical	43	24	14	19
Axle transverse	39	20	14	17
Axle longitudinal	20	11	6	9
NOTE Use method shown in Clause A.5 to obtain the test levels in Clause A.6.				

A.5 Method used to obtain random test levels from the acquired service data

In order to reduce the test time the increased amplification method has been chosen for this standard. To perform a simulated long-life random vibration test, following assumptions have been employed:

- a) There is a proportional relationship between given acceleration and generated stress ($\sigma = \frac{M\gamma}{S}$ where σ is the stress, M the mass, γ the acceleration and S the section).
- b) The damage is proportional to the number of cycles multiplied by the stress range to a power.

From the assumption a), the relationship between damage and stress range can be applied to obtain the simulated long-life test level, i.e. the acceleration ratio of long-life test to functional test. The assumption b) yields following expression:

$$\text{Damage} = \alpha \cdot \Delta\sigma^m N_f$$

where

- N_f is the number of cycles;
- $\Delta\sigma$ is the stress range;
- m is the power (typically 3 to 9);
- α is a constant.

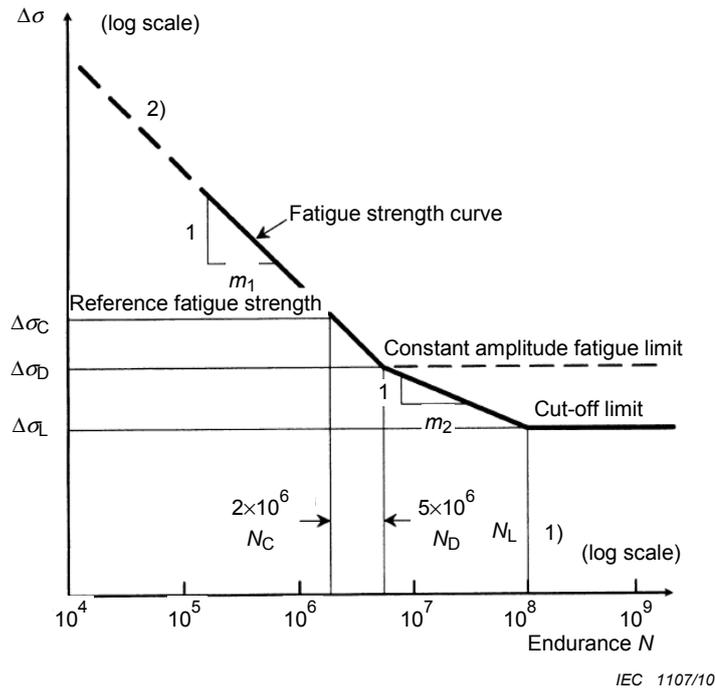


Figure A.2 – Typical fatigue strength curve

This relationship is derived from fatigue strength formulae:

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : \log(N) = \log(a) - m_1 \log(\Delta\sigma)$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : \log(N) = \log(b) - m_2 \log(\Delta\sigma)$$

where: $m_2 = m_1 + 2$

The fatigue strength formulae may be expressed in the following form:

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : N = \frac{10^{\log(a)}}{\Delta\sigma^{m_1}}$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : N = \frac{10^{\log(b)}}{\Delta\sigma^{m_2}}$$

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : \alpha_1 N \Delta\sigma^{m_1} = 1$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : \alpha_2 N \Delta\sigma^{m_2} = 1$$

For stress ranges below the cut-off limit: $\Delta\sigma_L$ at 100×10^6 cycles (see Figure A.2), the corresponding number of cycles is infinite. That means stress ranges below the cut-off limit do not induce any damage.

In order to have the same level of damage during a 5 h test as in the service life, the functional ASD values have to be amplified.

The vehicle service life is taken to be 25 years at 300 days/year for 10 h/day. This corresponds to 75×10^3 h or 270×10^6 s. As the minimum frequency specified in the functional ASD curves is 2 Hz (Categories 1 and 2) or 10 Hz (Category 3), the minimal number of cycles N_s corresponding to the service life (540×10^6 cycles for categories 1 and 2; 2700×10^6 cycles for

category 3) is above the cut-off limit of 100×10^6 cycles. The stress range to consider for the service life: $\Delta\sigma_s$ is $\Delta\sigma_L$ and the number of cycles to consider for the service life: N_s is 100×10^6 cycles.

The test duration is 5 h = 18 000 s. The minimal frequency specified in the functional ASD curves is 2 Hz (Categories 1 and 2) or 10 Hz (Category 3). The minimal number of cycles N_t corresponding to the test duration is $0,036 \times 10^6$ cycles (Categories 1 and 2) or $0,18 \times 10^6$ cycles (Category 3). The stress range to consider for the test: $\Delta\sigma_t$ is therefore on the first part of the fatigue curve.

The acceleration ratio which has to be applied to the functional ASD value to obtain the simulated long-life ASD value is given by the expression:

$$\text{acceleration ratio} = \frac{\Delta\sigma_t}{\Delta\sigma_s} = \frac{(\alpha_2 N_s)^{(1/m_2)}}{(\alpha_1 N_t)^{(1/m_1)}}$$

Considering the constant amplitude fatigue limit $\Delta\sigma_D$ at 5×10^6 cycles, α_1 and α_2 may be expressed as:

$$\alpha_1 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_1}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}} \quad \text{and} \quad \alpha_2 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_2}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}}$$

$$\text{acceleration ratio} = \frac{\left(\frac{N_s}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}} \right)^{(1/m_2)}}{\left(\frac{N_t}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}} \right)^{(1/m_1)}} = \frac{(5 \times 10^6)^{(1/m_1)} N_s^{(1/m_2)}}{(5 \times 10^6)^{(1/m_2)} N_t^{(1/m_1)}}$$

With $m_1 = 4$ (typical for metals):

for categories 1 and 2 the acceleration ratio value is: 5,66;

for category 3 the acceleration ratio value is: 3,78.

For the purpose of this standard, an environmental survey was performed. The data obtained has been compiled as r.m.s. levels and the variation in level as a standard deviation. See Table A.2.

Category 1. Body Class B

Functional random test level = average service level + 2 standard deviations.

All other categories

Functional random test level = average service level + 1 standard deviation.

Simulated long-life random test level = functional random test level × acceleration ratio

(See Table A.3 for calculated test values.)

A.6 Test levels obtained from service data using the method in Clause A.5

See Table A.3.

Table A.3 – Test levels obtained from service data using the method shown in Clause A.4

RMS acceleration levels				
m/s ²				
Category	Functional RTL		Simulated long-life RTL	
	Class A	Class B	Class A	Class B
1				
Body vertical	0,750	1,01	4,25	5,72
Body transverse	0,370	0,450	2,09	2,55
Body longitudinal	0,500	0,700	2,83	3,96
2				
Bogie vertical	5,40		30,6	
Bogie transverse	4,70		26,6	
Bogie longitudinal	2,50		14,2	
3				
Axle vertical	38,0		144	
Axle transverse	34,0		129	
Axle longitudinal	17,0		64,3	

AS = Average service level

STD = Standard deviation

RTL = Random test level

FRTL = Functional random test level

SLLRTL = Simulated long-life random test level

Class A = Category 1. Body-mounted equipment directly connected to car body structure

Class B = Category 1. Assemblies/components mounted within equipment connected directly to the car body structure.

Example: Calculation of test level using method in Clause A.5.

Body vertical

AS = 0,49 (from Table A.2)

STD = 0,26

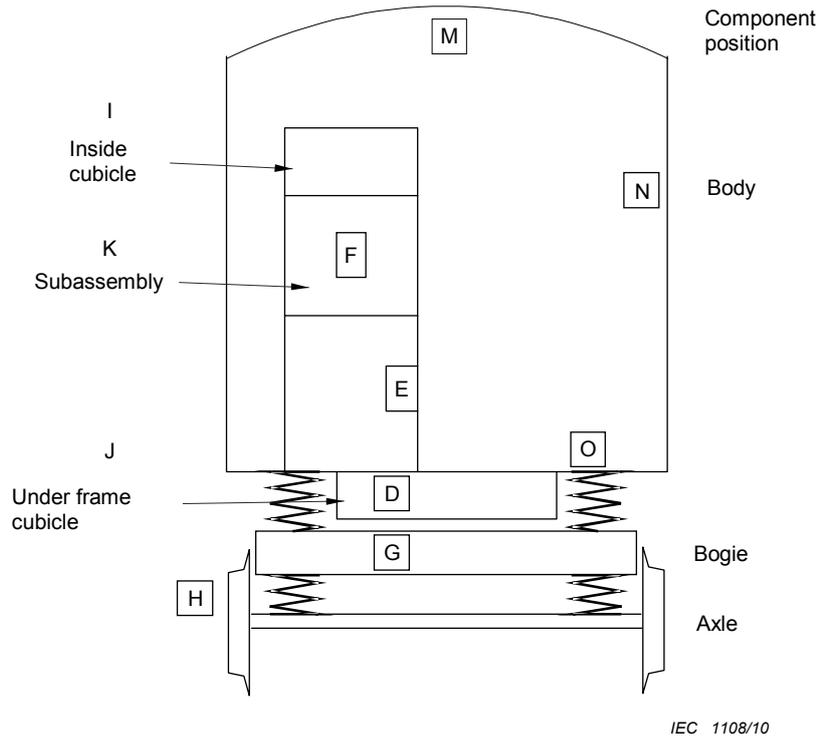
FRTL = AS + STD = 0,750 Class A

SLLRTL = FRTL × Acceleration ratio = 4,25 Class A

Annex B
(informative)

Figure identifying general location of equipment on railway vehicles and their resulting test category

NOTE These categories do not apply for vehicles with only one level of suspension.



Category	Location	Description of equipment location
1 Class A	M N O I and J	Components which are mounted directly on to or under the car body
1 Class B	D	Components mounted into an underframe cubicle which is in turn fixed to the car body
1 Class B	K and E	Components mounted into a large internal cubicle which is in turn fixed to the car body
1 Class B	F	Components mounted into subassemblies which are in turn mounted into a cubicle which is in turn fixed to the car body
2	G	Cubicles, subassemblies, equipment and components which are mounted on the bogie of a railway vehicle
3	H	Subassemblies, equipment and components or assemblies which are mounted on to the axle assembly of a railway vehicle

Figure B.1 – General location of equipment on vehicles

Annex C
(informative)

Example of a type test certificate

The following equipment has been tested to the requirements outlined in IEC 61373: Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests.

DESCRIPTION OF EQUIPMENT:

.....
.....
.....

EQUIPMENT TYPE No. **MANUFACTURER'S NAME:**

.....
.....

ISSUE/MODIFICATION STATUS:..... **SERIAL No.**

.....
.....

TEST HOUSE REPORT No. **REPORT DATE:**.....

.....
.....

PRODUCT TEST SPECIFICATION No.:

.....
.....

Comments:

.....
.....
.....

1) Test house..... Position..... Date.....

2) Manufacturer..... Position..... Date.....

Annex D (informative)

Guidance for calculating RMS values from ASD values or levels

D.1 General

This annex provides equations for calculating functional RMS values from service data and for calculating functional or long-life test RMS values from ASD levels presented in Figures 2 to 5.

Service data are *ASD* measured values ((m/s²)²/Hz) on a frequency range (*f*₁–*f*₂).

D.2 Symbols

*ASD*_{*i*} ASD value ((m/s²)²/Hz) of the measured data number “*i*”

*f*_{*i*} Frequency value (Hz) of the measured data number “*i*”

D.3 Calculation of the functional RMS value from the service data

Assumption: service data measured at a standard measuring position specified in Clause A.1 comprise “*n*₁” measured values: (*f*_{*i*}; *ASD*_{*i*}).

The corresponding *RMS* measured value is given by the following equation:

$$RMS = \sqrt{\sum_{i=2}^{n_1} \left[\frac{(ASD_i + ASD_{i-1}) \times (f_i - f_{i-1})}{2} \right]} \quad (D.1)$$

From “*n*₂” *RMS* measured values, the functional RMS value is calculated using Annex A with the following equations:

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} RMS_i}{n_2} \quad (D.2)$$

$$STD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_2} (RMS_i - AS)^2}{n_2}} \quad (D.3)$$

$$\text{For categories 1A, 2 and 3: functional RMS value} = AS + STD \quad (D.4)$$

$$\text{For category 1B: functional RMS value} = AS + (2 \times STD) \quad (D.5)$$

D.4 Calculation of the RMS values from ASD levels of Figures 2 to 5

Functional or long-life test RMS value is equal to the root square of the corresponding ASD spectrum surface (see Figure D.1).

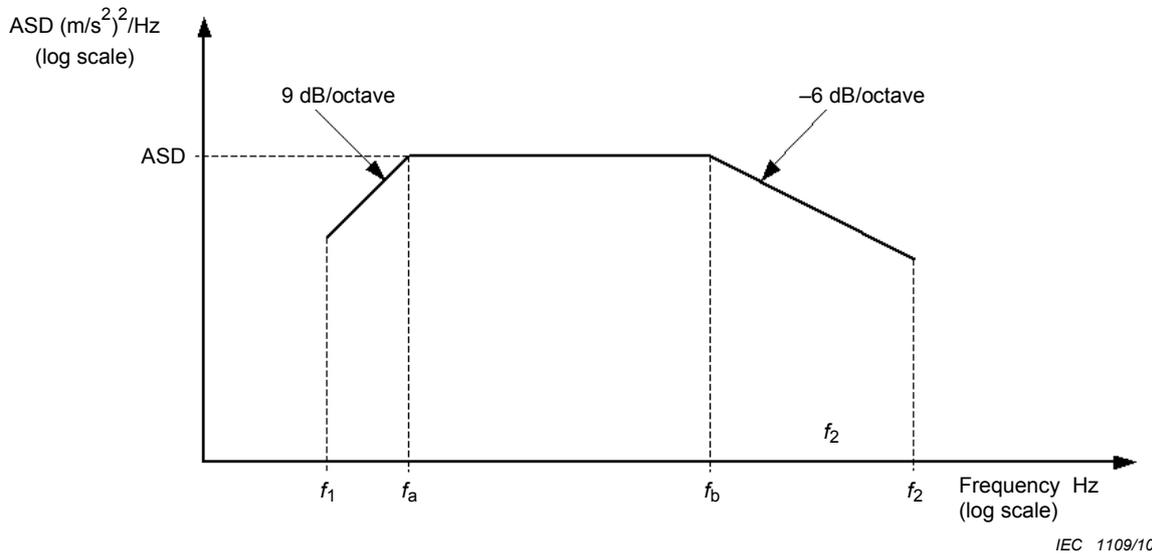


Figure D.1 – ASD spectrum

The RMS value is calculating using the following equation: (D.6)

$$RMS = \sqrt{\frac{ASD \times f_a^{\left(\frac{-0,9}{\log(2)}\right)} \times \left(f_a^{\left(\frac{0,9}{\log(2)}+1\right)} - f_1^{\left(\frac{0,9}{\log(2)}+1\right)} \right)}{\frac{0,9}{\log(2)}+1} + ASD(f_b - f_a) + \frac{ASD \times f_b^{\left(\frac{0,6}{\log(2)}\right)} \times \left(f_2^{\left(\frac{-0,6}{\log(2)}+1\right)} - f_b^{\left(\frac{-0,6}{\log(2)}+1\right)} \right)}{\frac{-0,6}{\log(2)}+1}}$$

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
INTRODUCTION	40
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	42
3 Termes et définitions	43
4 Généralités	44
5 Ordre des essais	45
6 Informations de référence exigées par le laboratoire d'essai	45
6.1 Méthode de fixation et d'orientation des matériels soumis aux essais	45
6.2 Points de référence et de vérification	45
6.2.1 Point de fixation	46
6.2.2 Point de vérification	46
6.2.3 Point de référence	46
6.2.4 Point de mesure	46
6.3 Etat mécanique et fonctionnement pendant l'essai	46
6.3.1 Etat mécanique	46
6.3.2 Essais fonctionnels	47
6.3.3 Essais de performance	47
6.4 Reproductibilité des essais de vibrations aléatoires	47
6.4.1 Densité spectrale d'accélération (ASD)	47
6.4.2 Valeur quadratique moyenne (valeur efficace)	47
6.4.3 Fonction de densité de probabilité (PDF, <i>Probability density function</i>)	47
6.4.4 Durée	48
6.5 Tolérances de mesure	48
6.6 Conditions de reprise des essais	48
7 Mesures initiales et préconditionnement	48
8 Conditions d'essais fonctionnels de vibrations aléatoires	48
8.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences	48
8.2 Durée des essais fonctionnels de vibrations	49
8.3 Fonctionnement pendant l'essai	49
9 Essais d'endurance simulée à des niveaux de vibrations aléatoires augmentés	49
9.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences	49
9.2 Durée des essais de vibrations accélérés	50
10 Conditions d'essais de chocs	50
10.1 Forme d'impulsion et tolérance	50
10.2 Variations de vitesse	50
10.3 Montage	51
10.4 Taux de répétition	51
10.5 Sévérité des essais, forme et direction des impulsions	51
10.6 Nombre de chocs	51
10.7 Fonctionnement pendant l'essai	51
11 Transport et manutention	51
12 Mesures finales	51
13 Critères d'acceptation	52
14 Rapport	52

15	Attestation d'essai	52
16	Remise à disposition.....	53
	Annexe A (informative) Commentaire à propos des mesures en service, des positions de mesure, des méthodes d'acquisition des données en service, du relevé des données en service et des méthodes utilisées pour obtenir des niveaux d'essais aléatoires à partir des données en service acquises	60
	Annexe B (informative) Figure identifiant l'emplacement général du matériel sur les véhicules ferroviaires et la catégorie d'essai qui en résulte	67
	Annexe C (informative) Exemple d'une attestation d'essai de type	68
	Annexe D (informative) Guide pour le calcul des valeurs efficaces (RMS) à partir des valeurs ou des niveaux d'ASD	69
	Figure 1 – Loi de Gauss	43
	Figure 2 – Catégorie 1 – Classe A – Montage sur caisse – Spectre ASD.....	54
	Figure 3 – Catégorie 1 – Classe B – Montage sur caisse – Spectre ASD.....	55
	Figure 4 – Catégorie 2 – Montage sur bogie – Spectre ASD.....	56
	Figure 5 – Catégorie 3 – Montage sur essieu – Spectre ASD	57
	Figure 6 – Bandes de tolérances PDF cumulatives	58
	Figure 7 – Forme d'impulsion et limites de tolérance pour impulsion demi-sinusoïdale	59
	Figure A.1 – Positions de mesures normalisées utilisées pour les essieux, les bogies (châssis) et les caisses	60
	Figure A.2 – Courbe typique de résistance à la fatigue	64
	Figure B.1 – Emplacement général du matériel sur les véhicules	67
	Figure D.1 – Spectre ASD	70
	Tableau 1 – Sévérité d'essai et gamme de fréquences pour les essais fonctionnels de vibrations aléatoires	49
	Tableau 2 – Sévérité d'essai et gamme de fréquences	50
	Tableau 3 – Sévérité des essais, forme et direction des impulsions	51
	Tableau A.1 – Relevé d'acquisition des données d'environnement des paramètres/conditions d'essai	61
	Tableau A.2 – Relevé des niveaux d'accélération efficaces obtenus à partir du questionnaire	63
	Tableau A.3 – Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service en utilisant la méthode donnée à l'Article A.4.....	66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS DE CHOCS ET VIBRATIONS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 61373 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1999, dont elle constitue une révision technique.

Les principaux changements techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- changement de la méthode pour calculer le taux d'accélération qui doit être appliqué à la valeur fonctionnelle de la densité spectrale d'accélération (ASD) pour obtenir une valeur simulée d'ASD sur le long terme;
- ajout de la notion de certification partielle par rapport à la norme;
- suppression de l'Annexe B de la première édition compte tenu de la nouvelle méthode de calcul du taux d'accélération;

- ajout de recommandations pour le calcul de la valeur efficace fonctionnelle à partir des données de service, ou de la valeur efficace à partir des niveaux d'ASD des Figures 2 à 5.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1386/FDIS	9/1397/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.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente norme traite des exigences relatives aux essais de vibrations aléatoires et de chocs des matériels/composants pneumatiques, électriques et électroniques (désignés ci-après simplement par matériels) destinés à être installés sur des véhicules ferroviaires. La méthode des vibrations aléatoires est la seule méthode à utiliser pour l'agrément des matériels/composants.

Les essais contenus dans la présente norme sont spécifiquement destinés à démontrer l'aptitude des matériels soumis aux essais à résister au type de conditions de vibrations environnementales auxquelles les véhicules ferroviaires sont normalement exposés. Afin d'obtenir la meilleure représentation possible, les valeurs citées dans la présente norme ont été déduites de mesures en service réel fournies par divers organismes à travers le monde.

La présente norme n'est pas destinée à traiter des vibrations auto-induites, étant donné que celles-ci seront spécifiques à des applications particulières.

Le jugement de l'ingénieur et une expérience technique sont nécessaires pour l'utilisation et l'interprétation de la présente norme.

La présente norme est adaptée pour la conception et la validation; néanmoins, cela n'exclut pas l'utilisation d'autres outils de développement (comme le balayage sinusoïdal), qui peuvent être utilisés pour garantir un degré prédéterminé de confiance mécanique et opérationnelle.

Les niveaux d'essai à appliquer au matériel en essai sont dictés uniquement par son emplacement sur le train (c'est-à-dire montage sur essieu, sur bogie ou sur caisse).

Il convient de noter que ces essais peuvent être réalisés sur des prototypes, afin d'obtenir des informations de conception relatives à la performance du produit dans des conditions de vibrations aléatoires. Cependant, pour l'attestation d'essai de type, les essais doivent être effectués sur un matériel prélevé dans la production normale.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS DE CHOCS ET VIBRATIONS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences d'essai des matériels destinés à être utilisés sur les véhicules ferroviaires soumis à des vibrations et à des chocs dus à la nature de l'environnement d'exploitation ferroviaire. Pour s'assurer que la qualité d'un matériel est acceptable, celui-ci doit résister à des essais d'une durée raisonnable qui simulent les conditions de service auxquelles il est exposé tout au long de sa vie.

On peut réaliser des essais de durée de vie de différentes façons, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients, les plus communes étant:

- a) l'amplification: avec augmentation des amplitudes et réduction de la durée;
- b) la compression du temps: avec maintien de l'historique d'amplitude et réduction de la durée (accroissement de la fréquence);
- c) la décimation: suppression de tranches des données historiques lorsque les amplitudes sont inférieures à une valeur de seuil spécifiée.

La méthode par amplification indiquée en a) ci-dessus est utilisée dans la présente norme et avec les publications référencées à l'Article 2; elle définit les procédures d'essai à suivre par défaut pour les essais de vibrations sur les véhicules ferroviaires. Cependant, d'autres normes existent et peuvent être utilisées avec accord préalable entre le constructeur et le client. Dans de tels cas, la délivrance d'une attestation d'essai de type sur la base de la présente norme ne s'appliquera pas. Si des informations de service réel sont disponibles, une comparaison avec la présente norme peut être effectuée en utilisant la méthode présentée à l'Annexe A. Si les niveaux sont inférieurs à ceux cités dans la présente norme, le matériel est partiellement certifié conforme à la présente norme (uniquement pour des conditions d'utilisation donnant des valeurs d'essai fonctionnel inférieures ou égales à celles spécifiées dans le rapport d'essai).

Bien que la présente norme concerne en premier lieu les véhicules ferroviaires sur réseaux ferrés fixes, une utilisation plus large de celle-ci n'est pas interdite. Pour les systèmes sur pneus ou d'autres systèmes de transport comme les trolleybus, pour lesquels les niveaux de choc et de vibration diffèrent nettement de ceux obtenus sur les systèmes à rails fixes, le fournisseur et le client peuvent s'entendre sur les niveaux d'essai au moment de l'appel d'offre. Il est recommandé de déterminer les spectres de fréquence et la durée/l'amplitude des chocs en utilisant les instructions données à l'Annexe A. Les matériels testés à des niveaux inférieurs à ceux indiqués dans la présente norme ne peuvent pas être totalement certifiés conformes aux exigences de la présente norme.

On peut prendre l'exemple des trolleybus dont les matériels fixés sur caisse pourraient être soumis à des essais comme le matériel de catégorie 1 indiqué dans la norme.

La présente norme s'applique aux essais mono-axiaux. Cependant des essais multi-axiaux peuvent être utilisés avec accord préalable entre le constructeur et le client. Les valeurs d'essai indiquées dans la présente norme sont divisées en trois catégories selon l'emplacement du matériel dans le véhicule.

Catégorie 1 Montage sur caisse

Classe A Coffres, sous-ensembles, matériels et composants fixés directement sur ou sous la caisse du véhicule.

Classe B Tout élément fixé à l'intérieur d'un boîtier de matériel lui-même fixé directement sur ou sous la caisse du véhicule.

NOTE 1 Il convient d'utiliser la classe B lorsqu'on ne sait pas clairement où le matériel doit être installé.

Catégorie 2 Montage sur bogie

Coffres, sous-ensembles, matériels et composants qui doivent être fixés sur le bogie d'un véhicule ferroviaire.

Catégorie 3 Montage sur essieu

Sous-ensembles, matériels et composants ou ensembles qui doivent être fixés sur l'essieu d'un véhicule ferroviaire.

NOTE 2 Dans le cas d'un matériel fixé sur des véhicules n'ayant qu'un étage de suspension comme les wagons et les wagonnets, sauf accord contraire au moment de l'appel d'offre, le matériel fixé sur essieu sera soumis aux essais de la catégorie 3 et tous les autres matériels seront soumis aux essais de la catégorie 2.

Le coût des essais varie en fonction du poids, de la forme et de la complexité du matériel soumis à l'essai. C'est pourquoi le fournisseur peut proposer, au moment de l'appel d'offre, une méthode d'un meilleur rapport qualité/prix pour démontrer la conformité aux exigences de la présente norme. Si l'on s'est mis d'accord sur d'autres méthodes, il sera de la responsabilité du fournisseur de démontrer au client ou à son représentant que l'objectif de la présente norme est atteint. S'il y a eu accord sur une méthode alternative d'évaluation, alors le matériel testé ne peut pas être certifié conforme aux exigences de la présente norme.

La présente norme est destinée à évaluer le matériel monté sur la structure principale du véhicule (et/ou les composants fixés sur celle-ci). Elle n'est pas prévue pour les essais des matériels qui font partie de la structure principale. La structure principale au sens de la présente norme signifie la caisse, le bogie et l'axe. Dans certains cas, des essais de vibrations complémentaires ou spéciaux peuvent être exigés par le client, par exemple:

- a) matériels fixés sur ou reliés à des éléments qui sont connus pour produire une excitation à fréquence fixe;
- b) matériels tels les moteurs de traction, les pantographes, les frotteurs ou les composants de suspension qui peuvent être soumis aux essais selon leurs propres exigences particulières, applicables à leur utilisation sur les véhicules ferroviaires. Dans tous ces cas, il convient que les essais effectués soient traités par accord séparé au moment de l'appel d'offre;
- c) matériels destinés à être utilisés dans des environnements de service spéciaux comme spécifié par le client.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-47:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-47: Essais – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques*

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

ISO 3534-1:2006, *Statistique – Vocabulaire et symboles – Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document les termes et définitions de la CEI 60068-2-64 et de l'ISO 3534-1 s'appliquent, ainsi que les suivants.

3.1

vibrations aléatoires

vibration dont la valeur instantanée ne peut être prévue de façon précise pour un instant donné quelconque

3.2

loi de Gauss: distribution normale

distribution dont la fonction de densité de probabilité est égale à (voir Figure 1):

$$P_x(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

où:

- c est la valeur valeur efficace;
- x est la valeur instantanée;
- \bar{x} est la valeur moyenne de x .

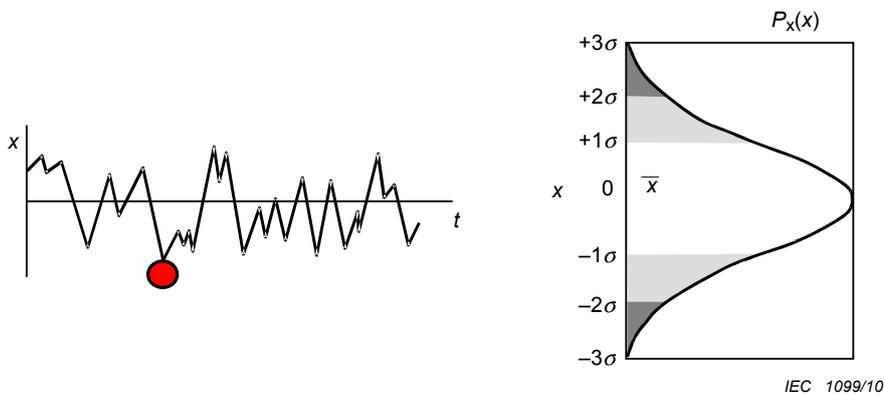


Figure 1 – Loi de Gauss

NOTE Conformément à la Figure 1, la probabilité pour que la valeur d'accélération instantanée se trouve dans les limites de $\pm a$ est égale à la zone sous la courbe de densité de probabilité $P_x(x)$. Ceci signifie que la valeur d'accélération instantanée entre:

- 0 et 1σ représente 68,26 % de la durée,
- 1σ et 2σ représente 27,18 % de la durée,
- 2σ et 3σ représente 4,30 % de la durée.

3.3

densité spectrale d'accélération

ASD, Acceleration Spectral Density

moyenne des carrés des valeurs de la partie d'un signal d'accélération après passage dans un filtre à bande étroite de fréquence centrale déterminée, par unité de largeur de bande, lorsque cette largeur de bande tend vers zéro et que la durée prise en compte pour le calcul de la moyenne tend vers l'infini

3.4 composants

parties pneumatiques, électriques ou électroniques situées à l'intérieur d'un coffre

3.5 coffre

matériel complet, comprenant les parties mécaniques et en particulier la structure (par exemple convertisseur, onduleur, etc.), constitué de composants assemblés à l'intérieur de celui-ci

4 Généralités

La présente norme est destinée à mettre en évidence toute faiblesse/erreur pouvant être à l'origine de problèmes suite à un fonctionnement dans des environnements où l'on sait que des vibrations et des chocs vont intervenir en service sur un véhicule ferroviaire. Elle n'est pas destinée à représenter un essai de vie entière. Cependant, les conditions d'essai sont suffisantes pour fournir un degré raisonnable de confiance pour que le matériel dépasse la durée de vie spécifiée dans les conditions du service.

Il y a conformité avec la présente norme lorsque les critères de l'Article 13 sont respectés.

Les niveaux d'essai indiqués dans la présente norme proviennent des données d'essai environnementales, comme indiqué à l'Annexe A. Ces informations ont été fournies par les organisations responsables de la collecte des niveaux de vibrations environnementales en condition de service.

Les essais suivants sont obligatoires pour la conformité à la présente norme:

Niveaux d'essais fonctionnels aléatoires

Les niveaux d'essais fonctionnels aléatoires constituent les niveaux d'essai minimaux à appliquer pour démontrer que le matériel soumis aux essais est capable de fonctionner lorsqu'il est soumis aux conditions susceptibles d'intervenir en service sur les véhicules ferroviaires.

Le degré de fonctionnement doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur final avant les essais (voir 6.3.2). Les exigences concernant les essais fonctionnels sont détaillées à l'Article 8.

Les essais fonctionnels ne sont pas destinés à constituer une évaluation de performance complète dans des conditions de service simulées.

Essai d'endurance simulée

Cet essai est destiné à établir l'intégrité mécanique du matériel à des niveaux de service augmentés. Il n'est pas nécessaire de démontrer l'aptitude à fonctionner dans ces conditions. Les exigences d'essai d'endurance simulée sont détaillées à l'Article 9.

Essais de chocs

Les essais de chocs sont destinés à simuler des événements de service rares. Il n'est pas nécessaire de démontrer la fonctionnalité pendant cet essai. Cependant, il sera nécessaire de démontrer qu'il n'y a aucun changement dans l'état opérationnel, qu'il n'y a pas de déformation visible et que l'intégrité mécanique n'a pas changé. Ces points doivent être clairement démontrés dans le rapport d'essai final. Les exigences concernant les essais de chocs

sont détaillées à l'Article 10.

5 Ordre des essais

Un ordre possible d'essais est le suivant:

Essais verticaux, transversaux et longitudinaux d'endurance simulée avec niveau de vibrations aléatoires augmenté; puis essais de chocs verticaux, transversaux et longitudinaux; puis transport et manutention (lorsque ce point est requis) et enfin essais fonctionnels aléatoires verticaux, transversaux et longitudinaux.

NOTE Les essais de transport et de manutention ne constituent pas une exigence de la présente norme, et ne sont par conséquent pas inclus dans la présente norme.

L'ordre des essais peut être modifié pour minimiser les manipulations. L'ordre des essais doit être consigné dans le rapport. Les essais de performance en conformité avec 6.3.3 doivent être entrepris avant et après les essais d'endurance simulée pendant la durée desquels les fonctions de transfert seront prises à titre de comparaison pour établir s'il y a eu un changement quelconque suite aux essais d'endurance simulée.

L'orientation et la direction de l'excitation doivent être indiquées dans la spécification d'essai et incluses dans le rapport.

6 Informations de référence exigées par le laboratoire d'essai

NOTE 1 Des informations générales complémentaires peuvent être trouvées dans la CEI 60068-2-64.

NOTE 2 Pour le montage général des composants, se reporter à la CEI 60068-2-47.

6.1 Méthode de fixation et d'orientation des matériels soumis aux essais

Les matériels soumis aux essais doivent être reliés mécaniquement à la machine d'essai par leurs dispositifs normaux de montage y compris toute fixation élastique, soit directement, soit au moyen d'un bâti de fixation.

Dans la mesure où la méthode de fixation peut influencer de manière significative les résultats obtenus, la méthode réelle de fixation doit être clairement identifiée dans le rapport d'essai.

Sauf accord contraire, le matériel doit, de préférence, être soumis aux essais dans son orientation normale de fonctionnement sans aucune précaution spéciale concernant les effets des perturbations magnétiques, de la chaleur ou de tout autre facteur, selon le fonctionnement et les performances du matériel soumis aux essais.

Lorsque cela est possible, le bâti de fixation ne doit pas avoir de résonance dans la gamme de fréquences d'essai. Lorsque des résonances ne peuvent pas être évitées, l'influence de la résonance sur les performances du matériel soumis aux essais doit être étudiée et identifiée dans le rapport.

6.2 Points de référence et de vérification

Les exigences d'essai sont confirmées par des mesures effectuées au point de référence et, dans certains cas, aux points de vérification, liés aux points de fixation du matériel.

Dans le cas de grandes quantités de petits matériels fixés sur un bâti de fixation, les points de référence et/ou de vérification peuvent être liés au bâti de fixation plutôt qu'aux points de fixation du matériel soumis aux essais, dans la mesure où la fréquence de résonance la plus faible du bâti de fixation est supérieure à la plus haute fréquence d'essai.

6.2.1 Point de fixation

Un point de fixation est une partie du matériel essayé en contact avec le bâti de fixation ou la surface d'essai de vibration en un point où le matériel est normalement fixé en service.

6.2.2 Point de vérification

Un point de vérification doit être aussi proche que possible d'un point de fixation et dans tous les cas, il doit être lié de manière rigide à un point de fixation. S'il existe quatre ou moins de quatre points de fixation, chacun est défini comme un point de vérification. Le niveau de vibration à ces points ne doit pas chuter au-dessous des limites minimales spécifiées. Tous les points de vérification doivent être identifiés dans le rapport d'essai. Dans le cas de petits matériels où la taille, le poids et la complexité de la structure mécanique ne méritent pas un asservissement à partir de plusieurs points, le rapport doit identifier combien de points de vérification ont été utilisés et leurs emplacements.

6.2.3 Point de référence

Le point de référence est le seul point à partir duquel le signal de référence est obtenu pour confirmer les exigences d'essai, et on considère qu'il représente le mouvement du matériel soumis aux essais. Il peut être un point de vérification ou un point fictif créé par un traitement manuel ou automatique des signaux à partir des points de vérification.

Pour les vibrations aléatoires, si un point fictif est utilisé, le spectre du signal de référence est défini comme la moyenne arithmétique à chaque fréquence des valeurs de la densité spectrale d'accélération (ASD) des signaux à partir de tous les points de vérification. Dans ce cas, la valeur efficace totale du signal de référence est équivalente à la moyenne quadratique des valeurs efficaces des signaux des points de vérification.

$$\text{Valeur efficace totale du point de référence} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n_c} (r.m.s.i)^2}{n_c}}$$

où n_c est le nombre de points de vérification.

Le rapport doit indiquer le point utilisé et comment il a été choisi. Il est recommandé d'utiliser un point fictif dans le cas d'un matériel de grande taille et/ou complexe.

NOTE Le traitement automatique des signaux à partir des points de vérification utilisant une technique d'exploration pour créer le point fictif est permis pour confirmer l'accélération efficace totale. Cependant, il n'est pas permis pour confirmer le niveau ASD sans correction des sources d'erreur telles que bande passante de l'analyseur, temps d'échantillonnage, etc.

6.2.4 Point de mesure

Un point de mesure est un endroit spécifique du matériel en essai au niveau duquel des données sont rassemblées pour examiner les caractéristiques de réponse aux vibrations de ce matériel. Un point de réponse est défini avant de commencer les essais détaillés dans la présente norme (voir Article 7).

6.3 Etat mécanique et fonctionnement pendant l'essai

6.3.1 Etat mécanique

Si le matériel soumis aux essais peut fonctionner dans plusieurs états mécaniques pour de longues périodes lorsqu'il est installé sur un véhicule ferroviaire, deux états mécaniques doivent être choisis pour les essais. On doit choisir au moins un des états les plus défavorables (par exemple dans le cas d'un contacteur, l'état mécanique qui fournit la pression de serrage la plus légère).

Lorsqu'il existe plus d'un état, le matériel soumis aux essais doit passer une durée de temps égale dans les deux états choisis pendant les essais de vibrations et de chocs dont les niveaux sont comme spécifié respectivement aux Articles 8, 9 et 10.

6.3.2 Essais fonctionnels

Si nécessaire, les essais fonctionnels doivent être spécifiés par le constructeur et faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client avant le commencement des essais. Ils doivent être effectués pendant les essais de vibrations aux niveaux indiqués à l'Article 8 de la présente norme.

Les essais fonctionnels ont pour but de vérifier l'aptitude au fonctionnement et ne doivent pas être confondus avec les essais de performance. Ils sont seulement destinés à démontrer un degré de confiance indiquant que le matériel soumis aux essais fonctionnera en service.

NOTE 1 Sauf accord préalable entre le constructeur et l'utilisateur final, les essais fonctionnels ne seront pas effectués pendant les essais de chocs.

NOTE 2 En cas de modification des essais fonctionnels, cela doit être détaillé dans le rapport d'essai.

6.3.3 Essais de performance

Les essais de performance doivent être effectués avant le début et après l'achèvement des essais spécifiés. La spécification d'essais de performance doit être définie par le constructeur et doit inclure les limites de tolérance.

6.4 Reproductibilité des essais de vibrations aléatoires

Les signaux de vibrations aléatoires ne peuvent pas être répétés dans le temps; il n'y a pas deux échantillons de longueur similaire provenant d'un générateur de signal aléatoire qui puissent être superposés et présentés comme étant identiques. Cependant, il est possible de démontrer la similarité de deux signaux aléatoires et d'établir des bandes de tolérance d'après leurs caractéristiques. Il est nécessaire de définir un signal aléatoire d'une manière qui assure que si l'essai était répété à une date ultérieure par un laboratoire d'essai différent ou sur un élément différent du matériel, l'excitation serait d'une sévérité similaire. Il convient de noter que toutes les limites de tolérances suivantes incluent les erreurs d'instrumentation mais excluent d'autres erreurs, en particulier les erreurs aléatoires (statistiques) et les erreurs de troncature ou d'arrondi. Les mesures sont prises aux points de vérification ou de référence.

6.4.1 Densité spectrale d'accélération (ASD)

La densité spectrale d'accélération doit être égale aux niveaux ASD spécifiés à ± 3 dB (étendue de $\frac{1}{2} \times \text{ASD}$ à $2 \times \text{ASD}$), comme indiqué aux Figures appropriées 2 à 5. Il est recommandé que les pentes initiale et finale ne soient pas inférieures à celles représentées aux Figures 2 à 5.

6.4.2 Valeur quadratique moyenne (valeur efficace)

La valeur efficace de l'accélération au point de référence sur la gamme définie de fréquences doit être celle spécifiée aux Figures 2 à 5 à ± 10 %.

NOTE En ce qui concerne la valeur de la basse fréquence, il peut être difficile d'obtenir ± 3 dB. Dans de tels cas, il est uniquement important de noter dans le rapport les valeurs d'essai.

6.4.3 Fonction de densité de probabilité (PDF, *Probability density function*)

Sauf indication contraire, pour chaque point de mesure, la série temporelle des accélérations mesurées doit avoir une distribution avec une fonction de densité de probabilité qui soit approximativement gaussienne et un facteur de crête (rapport de la valeur de crête aux valeurs efficaces) d'au moins 2,5.

NOTE La Figure 6 représente les bandes de tolérance de la fonction de densité de probabilité cumulative.

6.4.4 Durée

La durée totale d'exposition aux vibrations aléatoires prescrites dans chaque axe ne doit pas être inférieure à celle spécifiée (voir 8.2 et 9.2).

6.5 Tolérances de mesure

Les tolérances de vibrations doivent être conformes à 4.3 de la CEI 60068-2-64.

6.6 Conditions de reprise des essais

Les mesures initiales et finales doivent être prises dans les mêmes conditions (par exemple, de température). Si nécessaire, on doit laisser s'écouler un certain temps après les essais et avant les mesures finales afin de permettre au matériel soumis aux essais d'atteindre les mêmes conditions que celles qui existaient pour les mesures initiales.

7 Mesures initiales et préconditionnement

Avant d'entreprendre tout essai, le matériel doit être soumis à un essai de performance conformément à 6.3.3. Lorsque la nature de tels essais n'entre pas dans les possibilités physiques du laboratoire d'essai, les essais doivent être conduits par le constructeur qui doit fournir une déclaration selon laquelle l'élément soumis aux essais était conforme aux essais de performance avant les essais de vibrations et de chocs identifiés dans la présente norme. Il est de la responsabilité du constructeur de définir l'emplacement des points de mesure qui doivent être clairement identifiés dans le rapport.

Les fonctions de transfert doivent être calculées à partir des signaux aléatoires pris au point de référence et aux points de mesure qui doivent être définis par le constructeur. Lorsque des panneaux sont enlevés pour examen ou instrumentation, ils doivent être remis en place pendant les essais.

Les fonctions de transfert doivent être mesurées dans les conditions d'essai spécifiées à l'Article 8 pour les matériels des catégories 2 et 3 et à l'Article 9 pour les matériels de la catégorie 1.

La mesure doit viser à obtenir une cohérence d'au moins 0,9. Si cela est impossible, un minimum de 120 moyennes spectrales (ou 240 degrés statistiques de liberté pour la moyenne linéaire) doivent être prises avec 0 % de chevauchement des blocs de données.

8 Conditions d'essais fonctionnels de vibrations aléatoires

8.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences

Le matériel doit être essayé avec la valeur efficace et la gamme de fréquences appropriée donnée dans le Tableau 1. Lorsque l'orientation du montage du matériel n'est pas claire ou n'est pas connue, l'essai doit être effectué selon les trois axes avec la valeur efficace donnée pour l'axe vertical.

**Tableau 1 – Sévérité d'essai et gamme de fréquences
pour les essais fonctionnels de vibrations aléatoires**

Catégorie	Orientation	Valeur efficace m/s ²	Gamme de fréquences
1 Classe A Montage sur caisse	Verticale	0,750	Figure 2
	Transversale	0,370	
	Longitudinale	0,500	
1 Classe B Montage sur caisse	Verticale	1,01	Figure 3
	Transversale	0,450	
	Longitudinale	0,700	
2 Montage sur bogie	Verticale	5,40	Figure 4
	Transversale	4,70	
	Longitudinale	2,50	
3 Montage sur essieu	Verticale	38,0	Figure 5
	Transversale	34,0	
	Longitudinale	17,0	

NOTE 1 Ces valeurs d'essai sont destinées à représenter les valeurs de service typiques comme elles sont mises en lumière à l'Annexe A et sont les niveaux minimaux d'essai à appliquer au matériel soumis aux essais pour une certification complète. Lorsque des données réelles mesurées existent, les conditions d'essai de vibrations fonctionnelles indiquées ci-dessus peuvent être augmentées en utilisant la méthode donnée à l'Annexe A et les équations données en Annexe D.

NOTE 2 En utilisant la méthode donnée à l'Annexe A et les équations données en Annexe D, les données réelles mesurées peuvent conduire à des valeurs d'essai fonctionnel inférieures aux valeurs minimales d'essai spécifiées dans le Tableau 1. Ces valeurs basses d'essai fonctionnel peuvent être appliquées au matériel à tester avec accord préalable entre le constructeur et le client.

Dans ce cas le matériel soumis à essais ne peut pas être totalement certifié conforme aux exigences de la présente norme. Le matériel soumis à essai est partiellement certifié (uniquement validé pour des conditions d'utilisation donnant des valeurs d'essai fonctionnel inférieures ou égales à celles spécifiées dans le rapport d'essai).

8.2 Durée des essais fonctionnels de vibrations

NOTE 1 L'objet de cet essai est de démontrer que le matériel soumis aux essais n'est pas affecté par les niveaux d'essai appliqués qui sont représentatifs de ceux attendus en service.

NOTE 2 Il est recommandé que ces essais ne durent normalement pas moins de 10 min.

La durée des essais fonctionnels de vibrations doit être suffisante pour permettre que toutes les fonctions spécifiées soient terminées.

8.3 Fonctionnement pendant l'essai

Les essais fonctionnels ayant fait l'objet d'un accord avec le client (voir 6.3.2) doivent être effectués pendant les essais fonctionnels de vibrations aléatoires.

9 Essais d'endurance simulée à des niveaux de vibrations aléatoires augmentés

9.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences

Lorsque l'orientation du montage du matériel n'est pas claire ou n'est pas connue, le matériel doit être soumis aux niveaux d'essais verticaux du Tableau 2 dans les trois axes.

Tableau 2 – Sévérité d'essai et gamme de fréquences

Catégorie	Orientation	Valeur efficace Période d'essai de 5 h m/s ²	Gamme de fréquences
1 Classe A Montage sur caisse	Verticale	4,25	Figure 2
	Transversale	2,09	
	Longitudinale	2,83	
1 Classe B Montage sur caisse	Verticale	5,72	Figure 3
	Transversale	2,55	
	Longitudinale	3,96	
2 Montage sur bogie	Verticale	30,6	Figure 4
	Transversale	26,6	
	Longitudinale	14,2	
3 Montage sur essieu	Verticale	144	Figure 5
	Transversale	129	
	Longitudinale	64,3	

NOTE Si les valeurs d'essai fonctionnel sont issues de données réelles mesurées, les valeurs d'essais d'endurance sont obtenues en utilisant le rapport d'accélération calculé à l'Annexe A.

9.2 Durée des essais de vibrations accélérés

Toutes les catégories de matériel doivent être soumises à une durée totale d'essais de 15 h. Celle-ci doit être normalement divisée en périodes d'essais de 5 h dans chacun des trois axes perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. Si, au cours des essais, la surchauffe du matériel pose un problème (par exemple, des vibrations de parties en caoutchouc, etc.), il est permis d'arrêter les essais pendant un certain temps pour permettre une récupération du matériel. Cependant, il faut noter que la durée totale de 5 h de vibrations doit être atteinte. Si les essais sont arrêtés, ceci doit être indiqué dans le rapport.

NOTE 1 Il n'est pas nécessaire que le matériel fonctionne pendant cet essai.

NOTE 2 Il est possible, après accord préalable, de réduire l'amplitude des vibrations. Cependant, il est essentiel que la durée d'essai soit augmentée en conformité avec la méthode donnée à l'Annexe A. Ce n'est pas une option préférentielle et il convient de la limiter au matériel monté sur essieu de la catégorie 3.

10 Conditions d'essais de chocs

10.1 Forme d'impulsion et tolérance

Le matériel soumis aux essais doit subir une séquence d'impulsions semi-sinusoïdales uniques, chacune d'une durée nominale D et d'une amplitude nominale de crête A conformes à la CEI 60068-2-27 (voir la Figure 7 pour les valeurs de D et A).

L'accélération transversale ne doit pas dépasser 30 % de l'accélération crête de l'impulsion nominale dans la direction prévue, en conformité avec la CEI 60068-2-27.

La Figure 7 montre la forme d'impulsion et les limites de tolérance.

10.2 Variations de vitesse

La valeur réelle de la variation de vitesse doit être à ± 15 % près égale à celle qui correspond à l'impulsion nominale représentée à la Figure 7.

Quand la variation de vitesse est déterminée par intégration de l'impulsion réelle représentée, elle doit être évaluée sur l'intervalle de temps d'intégration donné à la Figure 7.

10.3 Montage

Le matériel soumis à l'essai doit être relié à la machine d'essai, conformément à 6.1.

10.4 Taux de répétition

Pour permettre une récupération du matériel soumis à l'essai avec dissipation des effets de résonance, on doit respecter une durée suffisante entre l'application des chocs.

10.5 Sévérité des essais, forme et direction des impulsions

Les valeurs sont données dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Sévérité des essais, forme et direction des impulsions

Catégorie	Orientation	Accélération de crête A m/s ²	Durée nominale D ms
1 Classe A et classe B Montage sur caisse	Verticale	30	30
	Transversale	30	30
	Longitudinale	50	30
2 Montage sur bogie	Toutes	300	18
3 Montage sur essieu	Toutes	1 000	6
NOTE 1 Voir la Figure 7 pour les détails concernant la forme d'impulsion.			
NOTE 2 Les équipements lourds, pour lesquels il n'existe pas de banc d'essai de taille suffisante pour réaliser les essais de chocs, feront l'objet de conditions d'essai adaptées avec des crêtes d'accélération réduites, moyennant un accord préalable entre le constructeur et le client.			

10.6 Nombre de chocs

Les 18 chocs (trois positifs et trois négatifs selon chacun des trois axes orthogonaux) comme spécifiés dans la CEI 60068-2-27 doivent être appliqués au matériel. Cet essai doit être répété pour chaque état mécanique comme identifié en 6.3.1.

10.7 Fonctionnement pendant l'essai

Il n'est pas nécessaire que le matériel fonctionne pendant les essais. Néanmoins, plusieurs équipements peuvent avoir à conserver leur intégrité fonctionnelle et cela doit être vérifié comme demandé par le constructeur ou le client dans la spécification d'essai, sauf disposition contraire dans la norme de produit applicable.

11 Transport et manutention

Lorsque des essais de transport et de manipulation sont exigés de manière spécifique par l'utilisateur final, ils doivent être en conformité avec la CEI 60068-2-27.

12 Mesures finales

A l'issue des essais, le matériel doit être soumis à un essai de performance, conformément à 6.3.3. Compte tenu de la nature d'un tel essai, il peut ne pas être dans les capacités du laboratoire d'essai. Dans de tels cas, les essais seront conduits par le constructeur qui doit fournir une déclaration selon laquelle l'élément soumis aux essais était conforme aux essais de performance après les essais de vibrations et de chocs identifiés dans la présente norme.

Les fonctions de transfert doivent être calculées à partir des signaux aléatoires pris au point de référence et aux points de mesure qui doivent être définis par le constructeur. Lorsque des panneaux sont enlevés pour examen ou instrumentation, ils doivent être remis en place pendant les essais.

Les fonctions de transfert doivent être mesurées dans les conditions d'essai spécifiées à l'Article 8 pour les matériels des catégories 2 et 3 et à l'Article 9 pour les matériels de la catégorie 1.

La mesure doit viser à obtenir une cohérence d'au moins 0,9. Si cela n'est pas possible, un minimum de 120 moyennes spectrales (ou 240 degrés statistiques de liberté pour la moyenne linéaire), avec 0 % de chevauchement, doit être pris.

Toute modification dans les fonctions de transfert ou dans d'autres mesures doit être étudiée et expliquée dans le rapport d'essai.

13 Critères d'acceptation

A l'issue de tous les essais, le matériel doit être considéré acceptable pour l'attestation d'essai si les points suivants sont vérifiés:

- a) les performances selon 6.3.3 restent dans les limites définies;
- b) la fonction selon 6.3.2 reste dans les limites définies;
- c) visuellement il n'y a pas de déformation et l'intégrité mécanique n'a pas changé.

Le jugement de l'ingénieur est exigé.

14 Rapport

A l'issue de l'ensemble ou d'une partie des essais, des mesures finales et des vérifications fonctionnelles, le laboratoire d'essai doit établir un rapport complet pour le client. Ce rapport doit décrire l'exécution des essais et de leurs effets sur le matériel et comprendre:

- a) le relevé qui doit identifier les modifications qui sont intervenues pendant les essais. Les numéros de série/l'identification doivent être indiqués;
- b) des précisions concernant l'instrumentation et les procédures d'essai utilisées qui doivent être fournies sur demande. Elles peuvent être incluses dans le rapport, mais cela n'est pas obligatoire;
- c) les méthodes de fixation qui doivent être décrites comme indiqué en 6.1;
- d) la méthode et l'ordre des essais utilisés. Le rapport doit également inclure les figures montrant l'emplacement de toutes les positions de vérification et de mesure;
- e) les essais fonctionnels effectués et les valeurs obtenues avant et après essai;
- f) les résultats des essais à partir des positions d'asservissement et de référence, ainsi que les observations par rapport aux objectifs et aux critères d'acceptation fixés. Le rapport doit contenir tous les graphiques des points de vérification qui doivent être au format des Figures 2 à 7. Ils doivent également indiquer les bandes de tolérance pour démontrer que les essais sont restés dans les limites de tolérance indiquées dans la présente norme;
- g) toutes les observations faites lorsque des essais fonctionnels durant les vibrations et/ou des vérifications de la fonction durant les chocs sont exigées.

NOTE Lorsque des essais spéciaux ont été conduits et dépassent les exigences de la présente norme, ils peuvent être inclus dans le rapport.

15 Attestation d'essai

L'attestation d'essai doit inclure toutes les informations suivantes:

- description du matériel soumis aux essais;
- nom du constructeur;
- type de matériel et version/modification;
- numéro de série du matériel;
- numéro de rapport du laboratoire d'essai;
- date du rapport;
- spécification d'essai de produit.

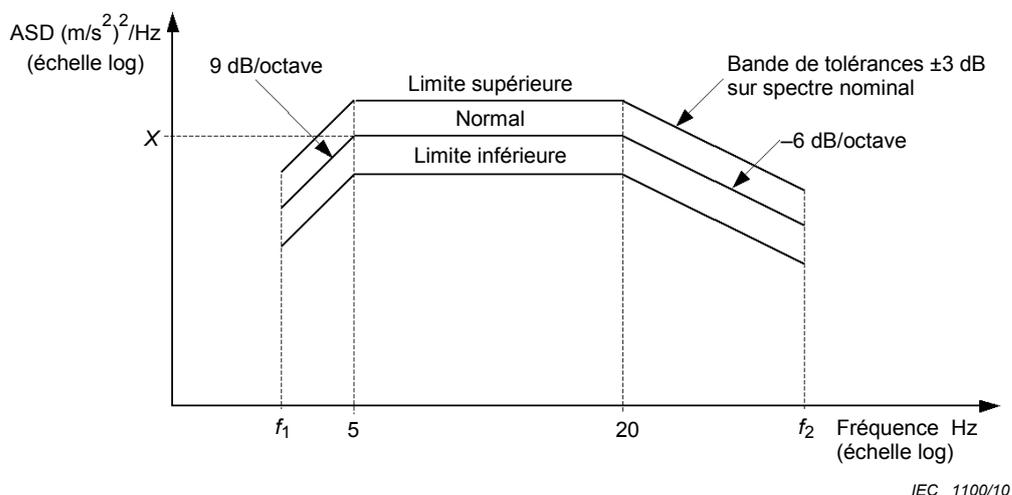
Cette attestation doit être signée par des représentants autorisés du laboratoire d'essai et par le constructeur.

NOTE Un exemple type d'attestation d'essai de type est présenté à l'Annexe C.

16 Remise à disposition

Le matériel ayant satisfait aux objectifs des essais et aux critères d'acceptation peut être remis en état selon une procédure ayant fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur final, et remis en service.

Pour la traçabilité, il est de la responsabilité du constructeur d'identifier clairement tous les produits qui ont été essayés conformément à la présente norme.



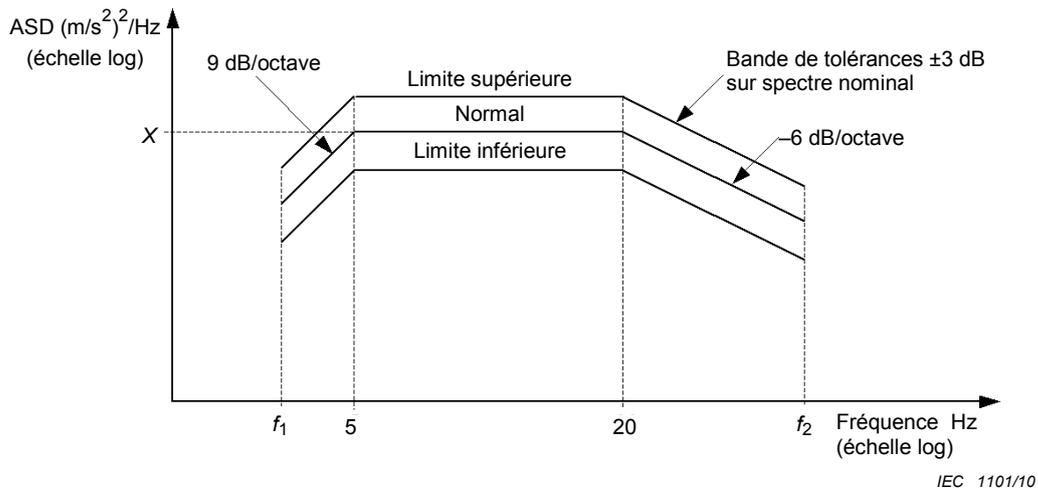
lorsque la masse ≤ 500 kg: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ $f_2 = 150 \text{ Hz}$

lorsque la masse > 500 kg ≤ 1 250 kg: $f_1 = \frac{1\,250}{\text{masse}} \times 2 \text{ Hz}$ $f_2 = \frac{1\,250}{\text{masse}} \times 60 \text{ Hz}$

lorsque la masse > 1 250 kg: $f_1 = 2 \text{ Hz}$ $f_2 = 60 \text{ Hz}$

	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,0166	0,0041	0,0073
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 150 Hz	0,750	0,370	0,500
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,532	0,131	0,234
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 150 Hz	4,25	2,09	2,83
<p>NOTE 1 Pour les matériels testés avec des fréquences d'essai supérieures à 2 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.</p> <p>NOTE 2 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 150 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.</p> <p>NOTE 3 S'il existe des fréquences supérieures à f_2, elles peuvent être incluses, l'amplitude étant établie en étendant la ligne d'amortissement de 6 dB/octave jusqu'à ce qu'elle coupe la fréquence maximale nécessaire. Dans de tels cas, les niveaux efficaces appliqués doivent être supérieurs.</p>			

Figure 2 – Catégorie 1 – Classe A – Montage sur caisse – Spectre ASD



lorsque la masse ≤500 kg: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ $f_2 = 150 \text{ Hz}$

lorsque la masse >500 kg ≤1 250 kg: $f_1 = \frac{1\,250}{\text{masse}} \times 2 \text{ Hz}$ $f_2 = \frac{1\,250}{\text{masse}} \times 60 \text{ Hz}$

lorsque la masse >1 250 kg: $f_1 = 2 \text{ Hz}$ $f_2 = 60 \text{ Hz}$

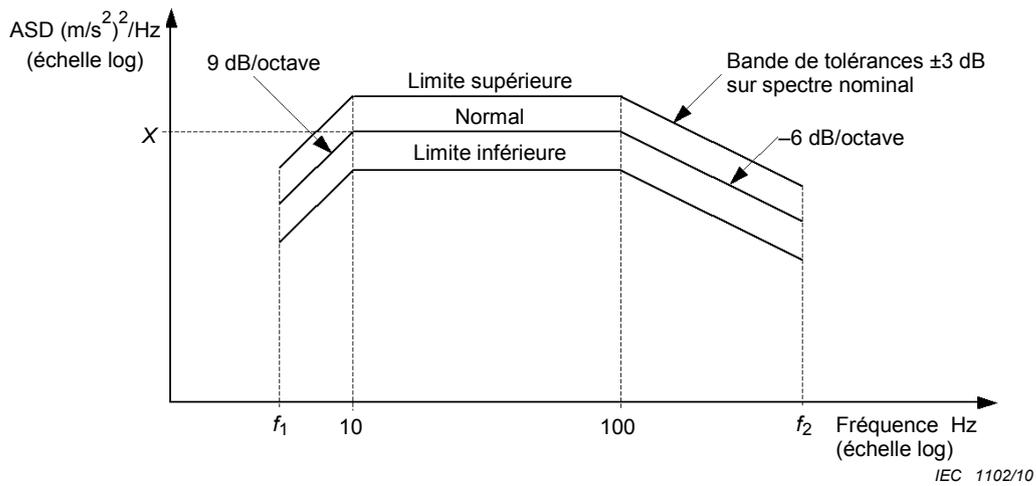
	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,0301	0,0060	0,0144
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 150 Hz	1,01	0,450	0,700
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,964	0,192	0,461
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 150 Hz	5,72	2,55	3,96

NOTE 1 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai supérieures à 2 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.

NOTE 2 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 150 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.

NOTE 3 S'il existe des fréquences supérieures à f_2 , elles peuvent être incluses, l'amplitude étant établie en étendant la ligne d'amortissement de 6 dB/octave jusqu'à ce qu'elle coupe la fréquence maximale nécessaire. Dans de tels cas, les niveaux efficaces appliqués doivent être supérieurs.

Figure 3 – Catégorie 1 – Classe B – Montage sur caisse – Spectre ASD



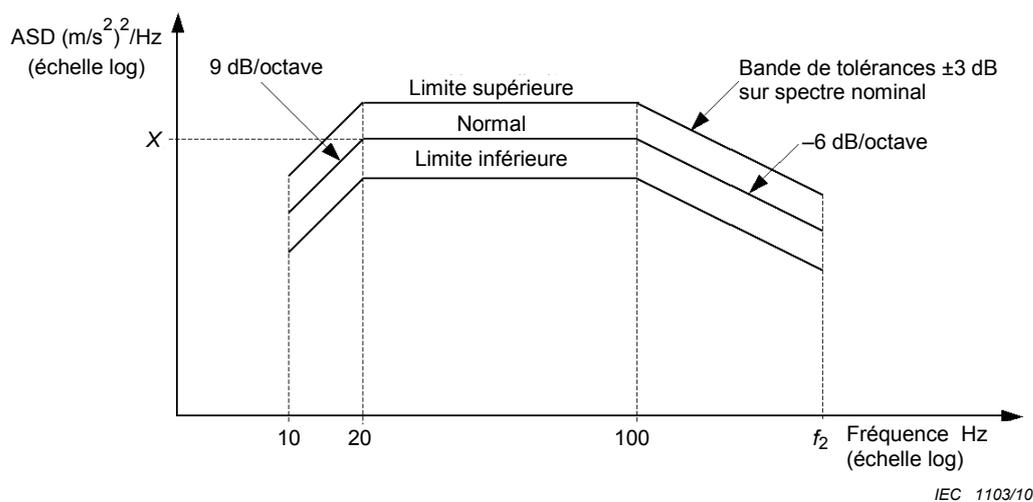
lorsque la masse ≤100 kg: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ $f_2 = 250 \text{ Hz}$

lorsque la masse >100 kg ≤250 kg: $f_1 = \frac{250}{\text{masse}} \times 2 \text{ Hz}$ $f_2 = \frac{250}{\text{masse}} \times 100 \text{ Hz}$

lorsque la masse >250 kg: $f_1 = 2 \text{ Hz}$ $f_2 = 100 \text{ Hz}$

	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,190	0,144	0,0414
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 250 Hz	5,40	4,70	2,50
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	6,12	4,62	1,32
Valeur efficace m/s ² 2 Hz à 250 Hz	30,6	26,6	14,2
<p>NOTE 1 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai supérieures à 2 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.</p> <p>NOTE 2 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 250 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.</p> <p>NOTE 3 S'il existe des fréquences supérieures à f₂, elles peuvent être incluses, l'amplitude étant établie en étendant la ligne d'amortissement de 6 dB/octave jusqu'à ce qu'elle coupe la fréquence maximale nécessaire. Dans de tels cas, les niveaux efficaces appliqués doivent être supérieurs.</p>			

Figure 4 – Catégorie 2 – Montage sur bogie – Spectre ASD



lorsque la masse ≤ 50 kg: $f_2 = 500$ Hz

lorsque la masse > 50 kg ≤ 125 kg: $f_2 = \frac{125}{\text{masse}} \times 200$ Hz

lorsque la masse > 125 kg: $f_2 = 200$ Hz

	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	8,74	7,0	1,751
Valeur efficace m/s ² 10 Hz à 500 Hz	38,0	34,0	17,0
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	124,9	100,2	25,02
Valeur efficace m/s ² 10 Hz à 500 Hz	144	129	64,3
NOTE 1 Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 500 Hz, les niveaux efficaces appliqués doivent être inférieurs à ceux indiqués ci-dessus.			
NOTE 2 S'il existe des fréquences supérieures à f_2 , elles peuvent être incluses, l'amplitude étant établie en étendant la ligne d'amortissement de 6 dB/octave jusqu'à ce qu'elle coupe la fréquence maximale nécessaire. Dans de tels cas, les niveaux efficaces appliqués doivent être supérieurs.			

Figure 5 – Catégorie 3 – Montage sur essieu – Spectre ASD

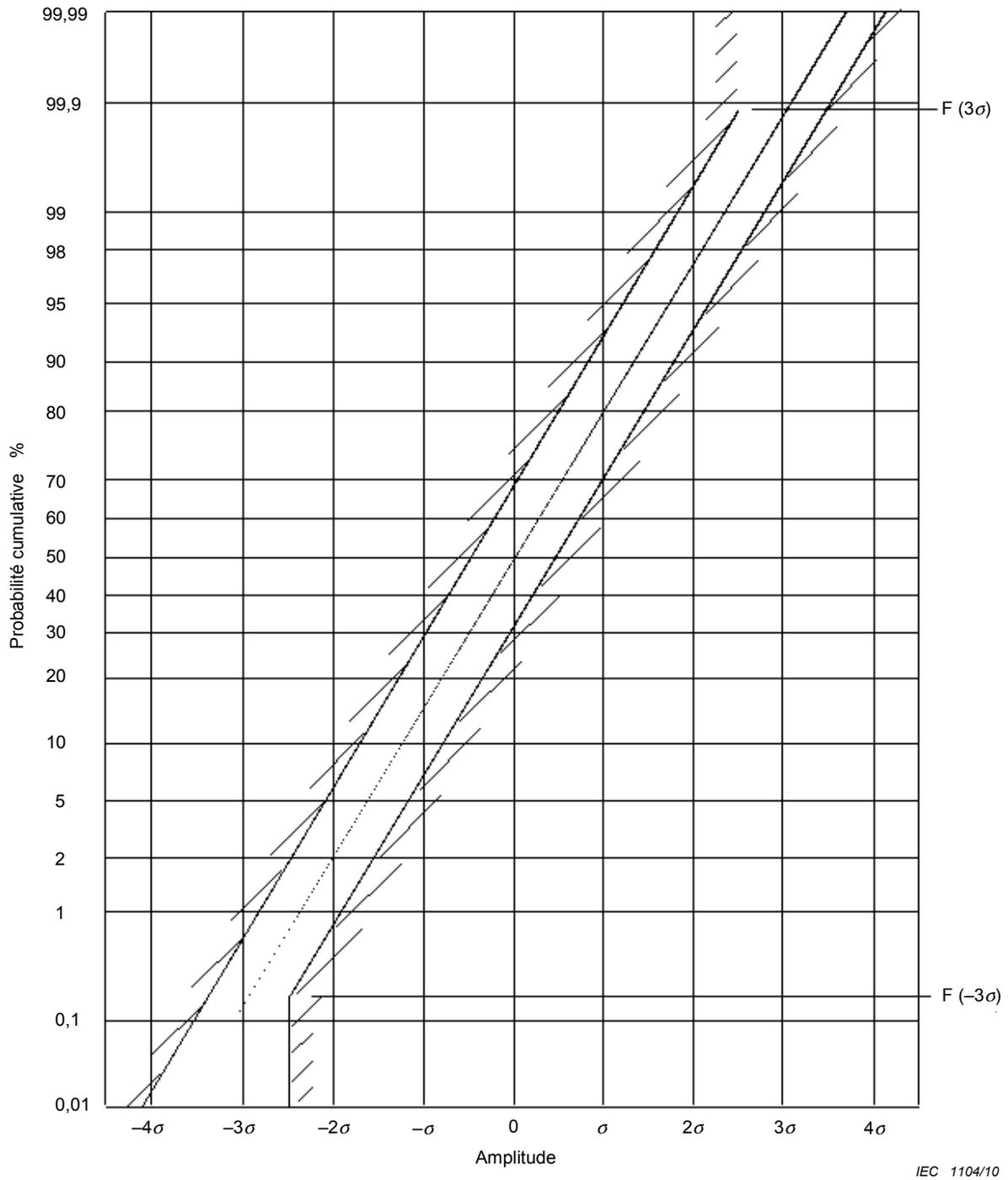
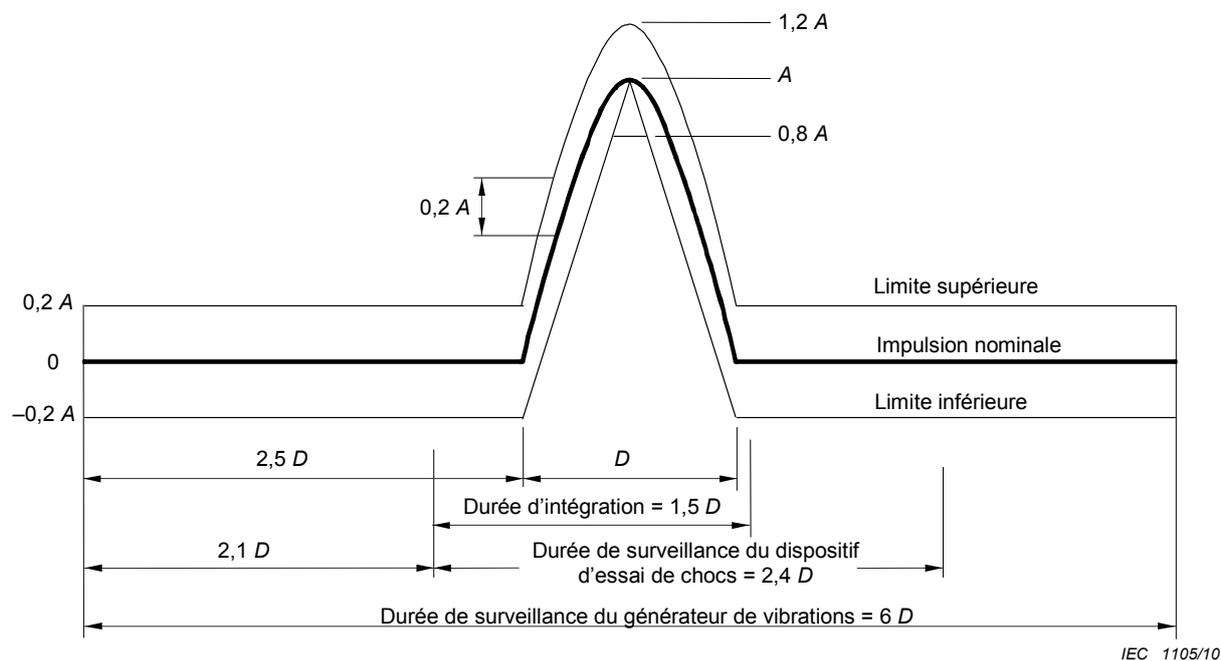


Figure 6 – Bandes de tolérances PDF cumulatives



Catégorie	Orientation	Accélération de crête A m/s ²	Durée nominale D ms
1 Classe A et classe B Montage sur caisse	Verticale Transversale Longitudinale	30 30 50	30 30 30
2 Montage sur bogie	Toutes	300	18
3 Montage sur essieu	Toutes	1 000	6

NOTE Certains matériels de catégorie 1 destinés à des applications spécifiques peuvent nécessiter des essais de chocs complémentaires avec des accélérations de crête A de 30 m/s² et une durée D de 100 ms. Dans de tels cas, il est recommandé que ces niveaux d'essai soient demandés et fassent l'objet d'un accord avant les essais.

Figure 7 – Forme d'impulsion et limites de tolérance pour impulsion demi-sinusoïdale

Annexe A (informative)

Commentaire à propos des mesures en service, des positions de mesure, des méthodes d'acquisition des données en service, du relevé des données en service et des méthodes utilisées pour obtenir des niveaux d'essais aléatoires à partir des données en service acquises

A.1 Généralités

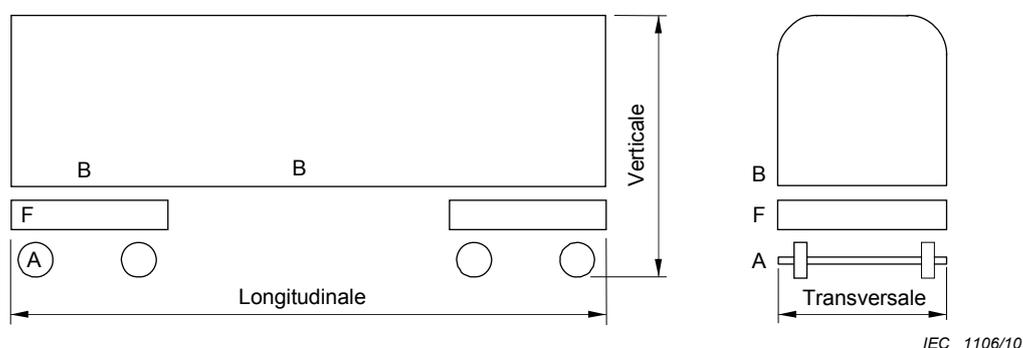
Les chocs et vibrations observés dans les véhicules ferroviaires varient en fonction de la vitesse du véhicule, des conditions de roulement et d'autres facteurs d'environnement. Une spécification de conception/d'essai est nécessaire pour estimer si le matériel monté sur les véhicules ferroviaires fonctionnera de manière satisfaisante pendant de nombreuses années sans défaillance.

Pour établir une spécification d'essai réaliste, il a été nécessaire d'obtenir des données en service mesurées et une base de données des niveaux existants. Les données et moyens qui suivants sont utilisés pour y parvenir:

- Positions de mesure normalisées pour les catégories fixées sur essieu, bogie et caisse (voir Article A.2).
- Données relevées en service obtenues auprès des opérateurs ferroviaires et des constructeurs de matériel par un questionnaire de deux pages (voir Article A.3).
- Relevé des données obtenues en service (voir Article A.4).
- Méthode utilisée pour obtenir des niveaux d'essai aléatoires à partir des données en service acquises (voir Article A.5).
- Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service utilisant la méthode de l'Article A.5 (voir Article A.6).

NOTE Lorsque les données en service sont disponibles pour les véhicules et/ou les réseaux ferroviaires réels, on peut calculer les niveaux d'essai en utilisant la méthode de l'Article A.5.

A.2 Positions de mesure normalisées utilisées pour catégories de montage sur essieu, montage sur bogie et montage sur caisse (voir Figure A.1)



Légende

- A Position de mesure sur l'essieu pour l'axe vertical, l'axe transversal et l'axe longitudinal
- F Position de mesure sur le châssis (bogie) pour l'axe vertical, l'axe transversal et l'axe longitudinal
- B Position de mesure sur la caisse pour l'axe vertical, l'axe transversal et l'axe longitudinal

Figure A.1 – Positions de mesures normalisées utilisées pour les essieux, les bogies (châssis) et les caisses

A.3 Données en service obtenues d'opérateurs ferroviaires et de constructeurs de matériel en utilisant un questionnaire de deux pages

Pour chaque position de mesure, il convient de compléter le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Relevé d'acquisition des données d'environnement des paramètres/conditions d'essai

Position de mesure	
Direction de mesure	
Paramètre/Condition d'essai (Question)	Observations (Réponse)
Généralités	
1 Raison motivant la mesure des niveaux de vibrations	.....
2 Emplacement du réseau ferroviaire	.....
3 Type de véhicule mesuré	.....
4 Essai spécial ou service normal	.....
5 Vitesse du véhicule	.....
Conditions principales	
6 Conditions climatiques (°C, % HR, pluie, neige)	.....
7 Charge par essieu du véhicule mesuré	.....
8 Type de rail (catégorie UIC)	.....
9 Armement des rails (traverses, ballast)	.....
10 Type de joints des rails (soudés, éclissés)	.....
Conditions complémentaires	
11 Etat des roues, profil, conicité	.....
12 Etat des rails (amplitude verticale efficace)	.....
13 Longueur de voie utilisée pour les mesures	.....
14 Nombre et rayon des courbes	.....
15 Nombre d'aiguilles et de points singuliers	.....
16 Autres phénomènes exclusifs (ponts, tunnels)	.....
17 Configuration du train et masse totale	.....
18 Effort de traction (véhicules moteurs seulement)	.....
Acquisition	
19 Type d'acquisition (FM, DR, PCM, DAT)	.....
20 Gamme de fréquences (inférieure et supérieure)	.....
21 Gamme d'amplitude (maximum et minimum)	.....

Tableau A.1 (fin)

Paramètre/Condition d'essai (Question)	Observations (Réponse)
<p>Analyse du domaine temporel</p> <p>22 Bande passante de l'analyse temporelle</p> <p>23 Fréquence d'échantillonnage</p> <p>24 Nombre total d'échantillons ou durée totale de toutes les acquisitions</p> <p>25 Accélération max. (m/s², positive)</p> <p>26 Accélération min. (m/s², négative)</p> <p>27 Valeur efficace</p> <p>28 Résolution d'amplitude</p> <p>29 Valeur efficace m/s² basée sur la densité de probabilité</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>Analyse de fréquence (Bande passante recommandée 150 Hz caisse; 250 Hz bogie et 500 Hz essieu)</p> <p>30 Bande passante de l'analyse de fréquence/fréquence de coupure du filtre d'anti-repliement de spectre</p> <p>31 Fréquence d'échantillonnage de l'acquisition temporelle correspondante</p> <p>32 Résolution de fréquence (delta f) ou nombre de lignes de fréquence</p> <p>33 Nombre d'échantillons d'acquisition de données (longueur de bloc)</p> <p>34 Limite inférieure de fréquence</p> <p>35 Type de fenêtre temporelle et longueur d'acquisition au moment de l'acquisition/l'analyse</p> <p>36 Nombre de moyennes (acquisitions temporelles)</p> <p>37 Chevauchement ($0 \leq 0_t < 1$) et nombre total d'échantillons</p> <p>38 Résolution ADC (plage dynamique)</p> <p>39 Bruit de fond de l'instrumentation</p> <p>40 Valeur efficace totale m/s² basée sur ASD</p>	<p>.....</p>
<p>Graphiques nécessaires</p> <p>41 Spectre de densité spectrale d'accélération pour l'analyse du domaine de fréquence</p> <p>42 Distribution de densité de probabilité pour l'analyse temporelle</p>	<p>.....</p> <p>.....</p>

A.4 Résumé des valeurs en service obtenues

Voir Tableau A.2.

Tableau A.2 – Relevé des niveaux d'accélération efficaces obtenus à partir du questionnaire

Catégorie	Niveau max. m/s ² efficace	Niveau moyen m/s ² efficace	Ecart type	Nombre de valeurs
1				
Caisse/verticale	1,24	0,49	0,26	19
Caisse/transversale	0,43	0,29	0,08	15
Caisse/longitudinale	0,82	0,30	0,20	8
2				
Bogie/verticale	7,0	3,1	2,3	14
Bogie/transversale	7,0	3,0	1,7	10
Bogie/longitudinale	4,1	1,2	1,3	9
3				
Essieu/verticale	43	24	14	19
Essieu/transversale	39	20	14	17
Essieu/longitudinale	20	11	6	9

NOTE Utiliser la méthode représentée à l'Article A.5 pour obtenir les niveaux d'essai à l'Article A.6.

A.5 Méthode utilisée pour obtenir des niveaux d'essais aléatoires à partir des données en service acquises

Dans le but de réduire le temps d'essai, on a choisi la méthode d'augmentation des amplitudes pour la présente norme. L'essai de vibrations aléatoires d'endurance simulée, est basé sur les hypothèses suivante:

- Il y a une relation de proportionnalité entre une accélération donnée et la contrainte correspondante ($\sigma = \frac{M\gamma}{S}$ où σ est la contrainte, M la masse, γ l'accélération et S la section).
- Le dommage est proportionnel au nombre de cycles multiplié par l'étendue de contrainte élevée à la puissance.

De l'hypothèse a), la relation entre le dommage et l'étendue de contrainte peut être utilisée pour obtenir le niveau d'essai d'endurance simulé, c'est-à-dire le rapport d'accélération entre essai d'endurance et essai fonctionnel. L'hypothèse b) conduit à l'expression suivante:

$$\text{Dommage} = \alpha \cdot \Delta\sigma^m N_f$$

où

N_f est le nombre cycles;

$\Delta\sigma$ est l'étendue de contrainte;

m est la puissance (normalement de 3 à 9);

α est une constante.

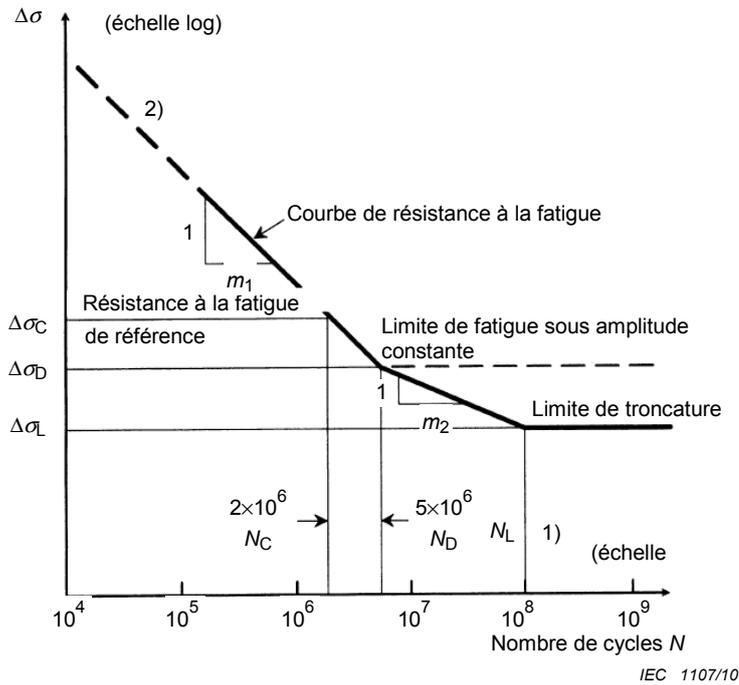


Figure A.2 – Courbe typique de résistance à la fatigue

Cette relation est issue des formules de résistance à la fatigue:

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : \log(N) = \log(a) - m_1 \log(\Delta\sigma)$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : \log(N) = \log(b) - m_2 \log(\Delta\sigma)$$

où: $m_2 = m_1 + 2$

La résistance à la fatigue peut être exprimée sous la forme suivante:

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : N = \frac{10^{\log(a)}}{\Delta\sigma^{m_1}}$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : N = \frac{10^{\log(b)}}{\Delta\sigma^{m_2}}$$

$$N \leq 5 \times 10^6 \quad : \alpha_1 N \Delta\sigma^{m_1} = 1$$

$$5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6 \quad : \alpha_2 N \Delta\sigma^{m_2} = 1$$

Pour les étendues de contrainte inférieure à la limite de tronçature: $\Delta\sigma_L$ à 100×10^6 cycles (voir Figure A.2), le nombre de cycles correspondant est infini. Cela signifie que les étendues de contrainte inférieures à la limite de tronçature n'induisent pas de dommage.

Dans le but d'avoir le même niveau de dommage durant un test de 5 h que sur la durée de vie complète, le niveau des valeurs ASD fonctionnelles doit être amplifié.

La durée de vie d'un véhicule est prise à 25 ans à raison de 300 jours/an et de 10 h/jour. Cela correspond à 75×10^3 h ou 270×10^6 s. Comme la fréquence minimale spécifiée dans les courbes ASD fonctionnelles est de 2 Hz (Catégories 1 et 2) ou de 10 Hz (Catégorie 3), le nombre minimal de cycles N_s correspondant à la durée de vie (540×10^6 cycles pour les catégories 1 et 2; $2\,700 \times 10^6$ cycles pour la catégorie 3) est supérieur à la limite de tronçature

de 100×10^6 cycles. L'étendue de contrainte à prendre en compte pour la durée de vie: $\Delta\sigma_s$ est $\Delta\sigma_L$ et le nombre de cycle à prendre en compte pour la durée de vie est: N_s est 100×10^6 cycles.

La durée de l'essai est de 5 h = 18 000 s. La fréquence minimale des courbes ASD fonctionnelles est de 2 Hz (Catégories 1 et 2) ou 10 Hz (Catégorie 3). Le nombre minimal de cycles N_t correspondant à la durée de l'essai est de $0,036 \times 10^6$ cycles (Catégories 1 et 2) ou de $0,18 \times 10^6$ cycles (Catégorie 3). L'étendue de contrainte à prendre en compte pour la durée de l'essai: $\Delta\sigma_t$ est donc sur la première partie de la courbe de fatigue.

Le rapport d'accélération qui est à appliquer à la valeur ASD fonctionnelle pour obtenir la valeur ASD d'endurance simulée est donnée par l'expression:

$$\text{rapport d'accélération} = \frac{\Delta\sigma_t}{\Delta\sigma_s} = \frac{(\alpha_2 N_s)^{(1/m_2)}}{(\alpha_1 N_t)^{(1/m_1)}}$$

Considérant la limite de fatigue à amplitude constante: $\Delta\sigma_D$ à 5×10^6 cycles, α_1 et α_2 peuvent s'exprimer sous la forme suivante:

$$\alpha_1 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_1}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}} \quad \text{et} \quad \alpha_2 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_2}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}}$$

$$\text{rapport d'accélération} = \frac{\left(\frac{N_s}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}} \right)^{(1/m_2)}}{\left(\frac{N_t}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}} \right)^{(1/m_1)}} = \frac{(5 \times 10^6)^{(1/m_1)} N_s^{(1/m_2)}}{(5 \times 10^6)^{(1/m_2)} N_t^{(1/m_1)}}$$

Avec $m_1 = 4$ (typique pour les métaux):

pour les catégories 1 et 2 la valeur du rapport d'accélération est: 5,66;

pour la catégorie 3 la valeur du rapport d'accélération est: 3,78.

Pour les besoins de la présente norme, il a été effectué une enquête environnementale. Les données obtenues ont été compilées en tant que niveaux efficaces et la variation du niveau comme un écart type. Voir Tableau A.2.

Catégorie 1. Caisse / Classe B

Niveau d'essai fonctionnel aléatoire = niveau moyen en service + 2 écarts types.

Toutes les autres catégories

Niveau d'essai fonctionnel aléatoire = niveau moyen en service + 1 écart type.

Niveau d'essai aléatoire d'endurance simulée = niveau d'essai fonctionnel aléatoire × rapport d'accélération

(Voir Tableau A.3 pour les valeurs d'essai calculées.)

A.6 Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service en utilisant la méthode de l'Article A.5

Voir Tableau A.3.

Tableau A.3 – Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service en utilisant la méthode donnée à l'Article A.5

Niveaux d'accélération efficaces en m/s ²				
Catégorie	RTL fonctionnel		RTL d'endurance simulée	
	Classe A	Classe B	Classe A	Classe B
1				
Caisse/verticale	0,750	1,01	4,25	5,72
Caisse/transversale	0,370	0,450	2,09	2,55
Caisse/longitudinale	0,500	0,700	2,83	3,96
2				
Bogie/verticale	5,40		30,6	
Bogie/transversale	4,70		26,6	
Bogie/longitudinale	2,50		14,2	
3				
Essieu/verticale	38,0		144	
Essieu/transversale	34,0		129	
Essieu/longitudinale	17,0		64,3	

AS = Niveau de service moyen (*Average service level*)

STD = Ecart type (*Standard deviation*)

RTL = Niveau d'essai aléatoire (*Random test level*)

FRTL = Niveau d'essai fonctionnel aléatoire (*Functional random test level*)

SLLRTL = Niveau d'essai aléatoire d'endurance simulée (*Simulated long life random test level*)

Classe A = Catégorie 1. Matériel fixé sur caisse directement lié à la structure du véhicule

Classe B = Catégorie 1. Ensembles/composants fixés dans un boîtier relié directement à la structure du véhicule.

Exemple: Calcul du niveau d'essai en utilisant la méthode de l'Article A.5.

Caisse/verticale

AS = 0,49 (à partir du Tableau A.2)

STD = 0,26

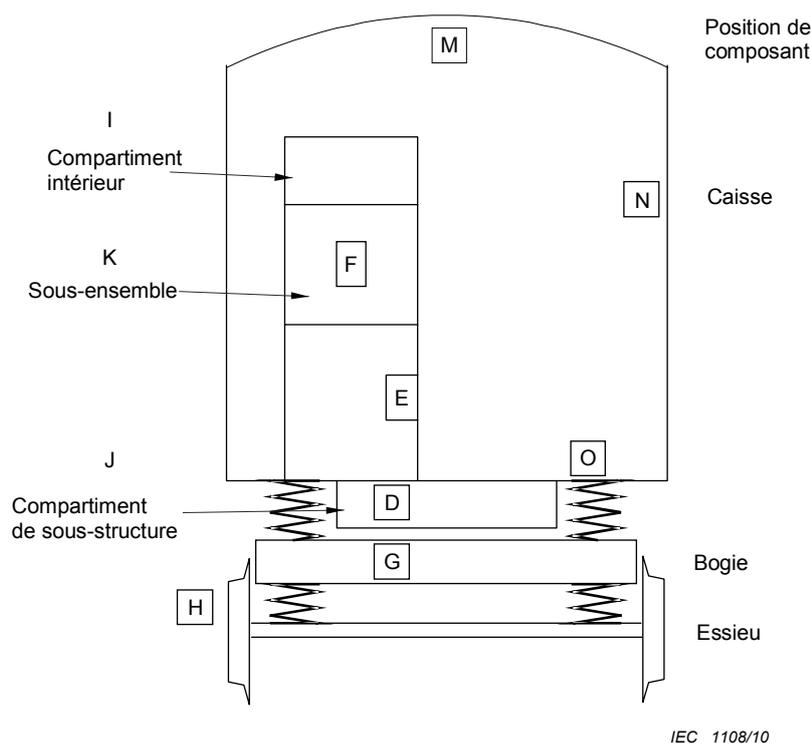
FRTL = AS + STD = 0,750 Classe A

SLLRTL = FRTL × rapport d'accélération = 4,25 Classe A

Annexe B (informative)

Figure identifiant l'emplacement général du matériel sur les véhicules ferroviaires et la catégorie d'essai qui en résulte

NOTE Ces catégories ne s'appliquent pas aux véhicules avec un seul niveau de suspension.



Catégorie	Emplacement	Description de l'emplacement du matériel
1 Classe A	M N O I et J	Composants qui sont fixés directement sur ou sous la caisse du véhicule
1 Classe B	D	Composants fixés dans un compartiment de sous-structure à son tour fixé à la caisse du véhicule
1 Classe B	K et E	Composants fixés dans un compartiment interne de grande dimension à son tour fixé à la caisse du véhicule
1 Classe B	F	Composants fixés dans des sous-ensembles qui sont à leur tour fixés à un compartiment à son tour fixé à la caisse du véhicule
2	G	Compartiments, sous-ensembles, matériels et composants qui sont fixés sur le bogie d'un véhicule ferroviaire
3	H	Sous-ensembles, matériels et composants ou ensembles qui sont fixés sur l'ensemble sur essieu d'un véhicule ferroviaire

Figure B.1 – Emplacement général du matériel sur les véhicules

Annexe C
(informative)

Exemple d'une attestation d'essai de type

Le matériel suivant a été soumis aux essais selon les exigences données dans la CEI 61373:
Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations.

DESCRIPTION DU MATÉRIEL:

.....
.....
.....

TYPE DE MATÉRIEL N° **NOM DU CONSTRUCTEUR:**

.....
.....

VERSION/MODIFICATION:..... **N° DE SÉRIE**

.....
.....

RAPPORT DE LABORATOIRE D'ESSAI N° **DATE DU RAPPORT:**.....

.....
.....

SPÉCIFICATION D'ESSAI DE PRODUIT N°:

.....
.....

Observations:

.....
.....
.....

1) Laboratoire d'essai..... Fonction..... Date.....

2) Constructeur..... Fonction..... Date.....

Annexe D (informative)

Guide pour le calcul des valeurs efficaces (RMS) à partir des valeurs ou des niveaux d'ASD

D.1 Généralités

La présente annexe fournit des équations pour le calcul des valeurs efficaces fonctionnelles à partir des données en service et pour le calcul des valeurs efficaces d'essai d'endurance ou fonctionnelles à partir des niveaux d'ASD présentés sur les Figures 2 à 5.

Les données en service sont les valeurs mesurées d'ASD $((m/s^2)^2/Hz)$ sur une gamme de fréquences (f_1-f_2) .

D.2 Symboles

ASD_i Valeur d'ASD $((m/s^2)^2/Hz)$ du nombre de données mesurées "i"

f_i Valeur de fréquence (Hz) du nombre de données mesurées "i"

D.3 Calcul de la valeur efficace fonctionnelle à partir des données en service

Hypothèse: les données en service mesurées à une position de mesure normalisée spécifiée à l'Article A.1 comprennent "n₁" valeurs mesurées: $(f_i; ASD_i)$.

La valeur efficace (RMS) mesurée correspondante est donnée par l'équation suivante:

$$RMS = \sqrt{\sum_{i=2}^{n_1} \left[\frac{(ASD_i + ASD_{i-1}) \times (f_i - f_{i-1})}{2} \right]} \quad (D.1)$$

A partir de "n₂" valeurs efficaces (RMS) mesurées, la valeur efficace fonctionnelle est calculée à l'aide de l'annexe A avec les équations suivantes:

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} RMS_i}{n_2} \quad (D.2)$$

$$STD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_2} (RMS_i - AS)^2}{n_2}} \quad (D.3)$$

$$\text{Pour les catégories 1A, 2 et 3: valeur efficace fonctionnelle} = AS + STD \quad (D.4)$$

$$\text{Pour la catégorie 1B: valeur efficace fonctionnelle} = AS + (2 \times STD) \quad (D.5)$$

D.4 Calcul des valeurs efficaces (RMS) à partir des niveaux d'ASD des Figures 2 à 5

La valeur efficace d'essai d'endurance ou fonctionnelle est égale à la racine carrée de la surface spectrale ASD correspondante (voir Figure D.1).

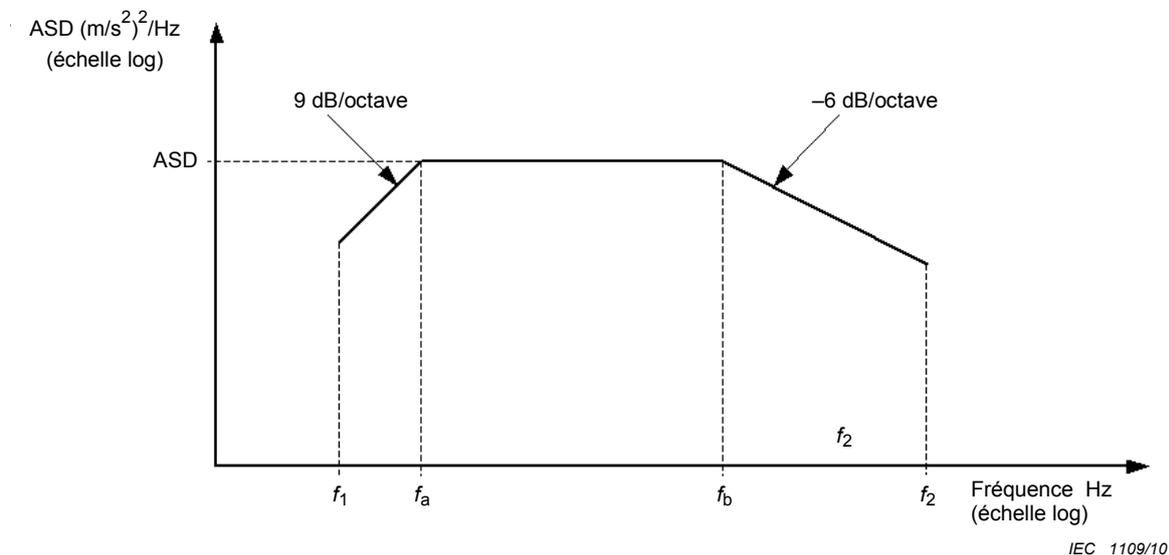


Figure D.1 – Spectre ASD

La valeur efficace (RMS) est calculée en utilisant l'équation suivante: (D.6)

$$RMS = \sqrt{\frac{ASD \times f_a^{\left(\frac{-0,9}{\log(2)}\right)} \times \left(f_a^{\left(\frac{0,9}{\log(2)} + 1\right)} - f_1^{\left(\frac{0,9}{\log(2)} + 1\right)} \right)}{\frac{0,9}{\log(2)} + 1} + ASD(f_b - f_a) + \frac{ASD \times f_b^{\left(\frac{0,6}{\log(2)}\right)} \times \left(f_2^{\left(\frac{-0,6}{\log(2)} + 1\right)} - f_b^{\left(\frac{-0,6}{\log(2)} + 1\right)} \right)}{\frac{-0,6}{\log(2)} + 1}}$$

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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