

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61373

Première édition
First edition
1999-01

**Applications ferroviaires –
Matériel roulant –
Essais de chocs et vibrations**

**Railway applications –
Rolling stock equipment –
Shock and vibration tests**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61373:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61373

Première édition
First edition
1999-01

**Applications ferroviaires –
Matériel roulant –
Essais de chocs et vibrations**

**Railway applications –
Rolling stock equipment –
Shock and vibration tests**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Généralités	14
5 Ordre des essais	16
6 Informations de référence exigées par le laboratoire d'essai	16
6.1 Méthode de fixation et d'orientation des matériels soumis aux essais	16
6.2 Points de référence et de contrôle	16
6.2.1 Point de fixation	18
6.2.2 Point de contrôle	18
6.2.3 Point de référence	18
6.2.4 Point de réponse (points de mesure)	18
6.3 Etat mécanique et fonctionnement pendant l'essai	20
6.3.1 Etat mécanique	20
6.3.2 Essais fonctionnels	20
6.3.3 Essais de performances	20
6.4 Reproductibilité des essais de vibrations aléatoires	20
6.4.1 Densité spectrale d'accélération (ASD)	20
6.4.2 Valeur quadratique moyenne (valeur efficace)	22
6.4.3 Fonction de densité de probabilité (PDF)	22
6.4.4 Durée	22
6.5 Tolérances de mesure	22
6.6 Conditions de reprise des essais	22
7 Mesures initiales et préconditionnement	22
8 Conditions d'essai de vibrations aléatoires	24
8.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences	24
8.2 Durée des essais fonctionnels de vibrations	24
8.3 Fonctionnement pendant les essais	24
9 Essais d'endurance simulée à des niveaux de vibrations aléatoires augmentés	26
9.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences	26
9.2 Durée des essais de vibrations accélérés	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 General	15
5 Order of testing	17
6 Reference information required by the test house	17
6.1 Method of mounting and orientation of equipment under test	17
6.2 Reference and control points	17
6.2.1 Fixing point	19
6.2.2 Control point	19
6.2.3 Reference point	19
6.2.4 Response point (measuring points)	19
6.3 Mechanical state and functioning during test	21
6.3.1 Mechanical state	21
6.3.2 Functional tests	21
6.3.3 Performance tests	21
6.4 Reproducibility for random vibration tests	21
6.4.1 Acceleration spectral density (ASD)	21
6.4.2 Root Mean Square Value (r.m.s.)	23
6.4.3 Probability density function (PDF)	23
6.4.4 Duration	23
6.5 Measuring tolerances	23
6.6 Recovery	23
7 Initial measurements and preconditioning	23
8 Random vibration test conditions	25
8.1 Test severity and frequency range	25
8.2 Duration of functional vibration tests	25
8.3 Functioning during test	25
9 Simulated long life testing at increased random vibration levels	27
9.1 Test severity and frequency range	27
9.2 Duration of accelerated vibration tests	27

Articles	Pages
10 Conditions d'essais de chocs.....	26
10.1 Forme d'impulsion et tolérance.....	26
10.2 Variations de vitesse	28
10.3 Fixation.....	28
10.4 Taux de répétition	28
10.5 Sévérité des essais, forme et direction des impulsions	28
10.6 Nombre de chocs	28
10.7 Fonctionnement pendant l'essai	28
11 Transport et manutention	30
12 Mesures finales.....	30
13 Critères d'acceptation.....	30
14 Rapport.....	30
15 Attestation d'essai.....	32
16 Remise à disposition	32
Annexe A (informative) Commentaire à propos des mesures de 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	46
Annexe B (informative) Guide pour déterminer les niveaux de conception à partir des données d'essai de vibrations aléatoires	60
Annexe C (informative) Figure identifiant l'emplacement général du matériel sur les véhicules ferroviaires et la catégorie d'essai qui en résulte	74
Annexe D (informative) Exemple d'une attestation d'essai de type.....	76

Clause	Page
10 Shock testing conditions.....	27
10.1 Pulse shape and tolerance	27
10.2 Velocity changes	29
10.3 Mounting.....	29
10.4 Repetition rate	29
10.5 Test severity, pulse shape and direction	29
10.6 Number of shocks	29
10.7 Functioning during test.....	29
11 Transportation and handling	31
12 Final measurements.....	31
13 Acceptance criteria.....	31
14 Report.....	31
15 Attestation of testing	33
16 Disposal.....	33
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.....	47
Annex B (informative) Guidance for deriving design levels from random vibration test data	61
Annex C (informative) Figure identifying general location of equipment on railway vehicles and their resulting test category	75
Annex D (informative) Example of type test attestation	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS DE CHOCS ET VIBRATIONS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61373 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/475/FDIS	9/509/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.

Les annexes A, B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ROLLING STOCK EQUIPMENT –
SHOCK AND VIBRATION TESTS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61373 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/475/FDIS	9/509/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.

Annexes A, B, C and D are for information only.

INTRODUCTION

La présente norme couvre les prescriptions d'essai en vibrations aléatoires et aux chocs des matériels/composants mécaniques, pneumatiques, électriques et électroniques (désignés ci-après matériel) destinés à être montés sur les véhicules ferroviaires. La méthode utilisant les vibrations aléatoires est la seule méthode à utiliser pour l'agrément des matériels/composants.

Les essais contenus dans la présente norme sont spécialement 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. Pour obtenir la meilleure représentation possible, les valeurs indiquées dans la présente norme proviennent de mesures en service réel fournies par différents organismes dans le monde.

La présente norme n'est pas destinée à couvrir les vibrations induites par les équipements eux-mêmes dans la mesure où 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; cependant, cela n'exclut pas l'utilisation d'autres outils de développement (comme le balayage sinusoïdal), qui peuvent être utilisés pour assurer un degré prédéterminé de confiance mécanique et fonctionnelle. Un guide est donné en annexe B pour aider à la conception de produits en conformité à la présente norme; il permet une comparaison avec d'autres méthodes de conception.

Les niveaux d'essai à appliquer aux éléments soumis aux essais dépendent seulement de leur emplacement sur le train (c'est-à-dire fixés sur essieu, sur bogie ou sur caisse).

Il convient de noter que ces essais peuvent être effectués sur des prototypes afin d'acquérir des informations pour la conception concernant les performances du produit soumis à des vibrations aléatoires. Cependant, pour l'attestation d'essai, les essais sont à effectuer sur du matériel prélevé dans la production normale.

INTRODUCTION

This standard covers the requirements for random vibration and shock testing items of mechanical, pneumatic, electrical and electronic equipment/components (hereafter 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. To assist product design for compliance with this standard, guidance is given in annex B which allows comparison with alternative design methods.

The test levels to be applied to the item 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 attestation of testing purposes the tests have to be carried out on equipment taken from normal production.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – ESSAIS DE CHOCS ET VIBRATIONS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les prescriptions 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 élément 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 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.

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 éléments soumis aux essais à des niveaux différents de ceux indiqués dans la présente norme ne peuvent pas être certifiés en utilisant les prescriptions 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 en mono-axial. Les essais multi-axiaux ne font pas partie du domaine d'application de la présente norme.

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 Compartiments, 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 – Il convient d'utiliser la classe B lorsqu'on ne sait pas clairement où le matériel est installé.

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 item 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;
- 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 do exist and may be used with prior agreement between the manufacturer and the customer. In such cases attestation of testing against this standard will not apply. Where service information is available comparison with the standard can be performed using the method outlined in annex A.

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 at the tender stage, the test levels. It is recommended that the frequency spectra and the shock duration/amplitude be determined using the guidelines set out in annex A. Items tested at levels outside those quoted in this standard can not be 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. Multi-axis testing is outside the scope of this standard.

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

Catégorie 2 Montage sur bogie

Compartiments, sous-ensembles, matériel 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 monté d'un véhicule ferroviaire.

NOTE – 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 de l'élément 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 prescriptions 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 l'élément soumis à l'essai ne peut pas être certifié selon les prescriptions 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. 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 tel les moteurs de traction, les pantographes, les frotteurs, les composants de suspension et les parties mécaniques conçus pour transmettre des forces et/ou des couples qui peuvent être soumis aux essais selon leurs propres prescriptions particulières, applicables à leur utilisation sur les véhicules ferroviaires. Dans tous ces cas, il est recommandé 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 normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60068-2-27:1987, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-47:1982, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Fixation des composants, matériels et autres articles pour essais dynamiques tels que chocs (Ea), secousses (Ed), vibrations (Fc et Fd) et accélération constante (Ga) et guide*

CEI 60068-2-64:1993, *Essais d'environnement – Partie 2: Méthodes d'essai, essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande (asservissement numérique) et guide*

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 – 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 item 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 item 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. 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, suspension components and mechanical parts designed to transmit forces and/or torque, 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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-47:1982, *Basic environmental testing – Part 2: Tests – Mounting of components, equipment and other articles for dynamic tests including shock (Ea), bump (Eb) vibration (Fc and Fd) and steady state acceleration (Ga) and guidance*

IEC 60068-2-64:1993, *Environmental testing – Part 2: Test methods – Test Fh: Vibration, broadband random (digital control) and guidance*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente norme, les définitions de la CEI 60068-2-64 s'appliquent.

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 lorsqu'il n'y a aucun dommage mécanique ou aucune détérioration des performances à la suite de ces essais.

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 avec la présente norme:

Niveaux d'essais
fonctionnels aléatoires

Ils constituent les niveaux d'essai minimal 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 prescriptions 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.

Niveaux d'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 la fonction dans ces conditions. Les prescriptions d'essai d'endurance simulée sont détaillées aux articles 9 et 10.

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 de fonctionnement et qu'aucun changement d'état ou dommage mécanique n'intervient. Ces points doivent être clairement démontrés dans le rapport d'essai final.

3 Definitions

For the purpose of this standard the definitions given in IEC 60068-2-64 apply.

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 providing no mechanical damage or deterioration in performance occurs as a result of these tests.

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 levels

These 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.

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.

The functional tests are not intended to be a full performance evaluation under simulated service conditions.

Simulated long life test levels

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 clauses 9 and 10.

Shock testing

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, and that no mechanical movement or damage takes place. These points shall be clearly demonstrated in the final test report.

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 font pas partie des règles incluses 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 ou, 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 fréquence 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 contrôle

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

Dans le cas de grandes quantités de petits éléments de matériel fixé sur un bâti de fixation, les points de référence et/ou de contrôle 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 est supérieure à la plus haute fréquence d'essai.

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 will 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 means of attachment, including any resilient mount either directly or by means of 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 for 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 control points

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

In the case of large numbers of small items of equipment mounted on to one fixture, the reference and/or the control 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 above the upper test frequency limit.

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. Si une partie de la structure de fixation est utilisée comme bâti de fixation, les points de fixation doivent être pris comme ceux de la structure de fixation et non ceux du matériel soumis à l'essai.

6.2.2 Point de contrôle

Un point de contrôle est normalement un point de fixation. Il doit être aussi proche que possible du point de fixation et dans tous les cas, il doit être lié de manière rigide au point de fixation. S'il existe quatre ou moins de quatre points de fixation, chacun est défini comme un point de contrôle. Le niveau de vibration à ces points ne doit pas chuter au dessous des limites minimales spécifiées. Tous les points de contrôle doivent être identifiés dans le rapport d'essai. Dans le cas de petits éléments de matériel 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 contrôle 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 prescriptions d'essai, et on considère qu'il représente le mouvement du matériel soumis aux essais. Il peut être un point de contrôle ou un point fictif créé par un traitement manuel ou automatique des signaux à partir des points de contrôle.

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 contrôle. Dans ce cas, la valeur efficace du signal de référence est équivalente à la moyenne quadratique des valeurs efficaces des signaux des points de contrôle.

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

où n_c est le nombre de points de contrôle.

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

NOTE – Le traitement automatique des signaux à partir des points de contrôle 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 réponse (points de mesure)

Un point de réponse 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. Ceci est effectué avant de commencer les essais détaillés dans la présente norme. (voir article 7).

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. If a part of the mounting structure is used as the fixture, the fixing points shall be taken as those of the mounting structure and not of the equipment under test.

6.2.2 Control point

A control point is normally a fixing point. It shall be as close as possible to the fixing point and in any case shall be rigidly connected to the fixing point. If four or less fixing points exist, each one is defined as a control point. The vibration at these points shall not fall below the specified minimum limits. All control 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 control, the report shall identify how many control 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 control point or a fictitious point created by manual or automatic processing of the signals from the control 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 control 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 control points.

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

where n_c is the number of control 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 control 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 Response point (measuring points)

A response 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. This is done before commencing the tests detailed in this standard (see clause 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 et 10.

6.3.2 Essais fonctionnels

Si nécessaire, les essais fonctionnels doivent être spécifiés par 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 sont pas à confondre avec les essais de performances. 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 – Il faut détailler dans le rapport les essais fonctionnels en cas de modification.

6.3.3 Essais de performances

Les essais de performances doivent être effectués avant le début et après l'achèvement des essais spécifiés. La spécification d'essais de performances 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 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 contrôle ou de référence.

6.4.1 Densité spectrale d'accélération (ASD)

L'ASD doit être égale aux niveaux ASD spécifiés ± 3 dB (gamme $\frac{1}{2} \times \text{ASD}$ à $2 \times \text{ASD}$) comme indiqué aux figures appropriées 1 à 4. Il est recommandé que les pentes initiale et finale ne soient pas inférieures à celles représentées aux figures 1 à 4.

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 and 10 respectively.

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 to verify 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, then these have to be detailed in the report.

6.3.3 Performance tests

Performance tests shall be carried out prior to commencing, and on 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 overlain 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 that ensures that, should the test be repeated at a later date, by a different test house or on a different item of equipment, then 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 control/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 1 to 4. The initial and final slope should not be less than those shown in figures 1 to 4.

6.4.2 Valeur quadratique moyenne (valeur efficace)

La valeur efficace de l'accélération au point de référence sur la gamme définie de fréquence doit être celle spécifiée aux figures 1 à 4 ± 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)

Sauf indication contraire, pour chaque point de réponse la série temporelle des accélérations mesurées doit avoir une distribution avec une PDF 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 5 représente les bandes de tolérance de la PDF 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 performances 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 réponse qui doivent être clairement identifiés dans le rapport.

Les fonctions de transfert doivent être calculées à partir des signaux aléatoires pris sur le point de référence et sur les points de réponse qui doivent être définis par le constructeur. Lorsque des panneaux sont enlevés pour examen ou instrumentation, ils doivent être remplacés 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.

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 1 to 4 $\pm 10\%$.

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 response 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 5 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). If necessary a period of time after testing and before the final measurements shall be allowed, in order to enable the equipment under test to attain the same conditions as existed for the initial measurements.

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 response points which shall be clearly identified in the report.

Transfer functions shall be calculated from the random signals taken from the reference point and response 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 Conditions d'essai 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 fréquence 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 dans les trois plans avec la valeur efficace donnée pour le plan vertical.

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

Catégorie	Orientation	Valeur efficace m/s ²	Gamme de fréquences (voir figure)
1 Classe A Montage sur caisse	Verticale	0,75	1
	Transversale	0,37	
	Longitudinale	0,50	
1 Classe B Montage sur caisse	Verticale	1,00	2
	Transversale	0,45	
	Longitudinale	0,70	
2 Montage sur bogie	Verticale	5,4	3
	Transversale	4,7	
	Longitudinale	2,5	
3 Montage sur essieu	Verticale	38	4
	Transversale	34	
	Longitudinale	17	

NOTE – 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 d'essai minimal à appliquer au matériel soumis aux essais. Lorsque des données réelles mesurées existent, les conditions d'essai de vibrations fonctionnelles indiquées ci-dessous peuvent être augmentées en utilisant la méthode donnée à l'annexe A. Les valeurs indiquées sont considérées comme les niveaux d'essai minimal à appliquer aux matériels soumis aux essais.

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 soient terminées.

8.3 Fonctionnement pendant les essais

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.

8 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 application orientation of equipment is unclear or unknown then the test shall be carried out in the three planes with the r.m.s. value given for the vertical plane.

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

Category	Orientation	RMS m/s ²	Frequency range (see figure)
1 Class A Body mounted	Vertical	0,75	1
	Transverse	0,37	
	Longitudinal	0,50	
1 Class B Body mounted	Vertical	1,00	2
	Transverse	0,45	
	Longitudinal	0,70	
2 Bogie mounted	Vertical	5,4	3
	Transverse	4,7	
	Longitudinal	2,5	
3 Axle mounted	Vertical	38	4
	Transverse	34	
	Longitudinal	17	

NOTE – These test values are intended to represent typical service values as highlighted in annex A, and are the minimal test levels to be applied to the equipment under test. Where actual measured data exists the functional vibration test conditions listed below may be increased by using the method shown in annex A. The values quoted are considered as the minimum test levels to be applied to the equipment under test.

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

9.1 Sévérité d'essai et gamme de fréquences

Lorsque l'orientation d'application 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	Durée d'essai de 5 h Valeur efficace m/s ²	Gamme de fréquences (voir figure)
1 Classe A Montage sur caisse	Verticale	5,90	2
	Transversale	2,90	
	Longitudinale	3,90	
1 Classe B Montage sur caisse	Verticale	7,90	3
	Transversale	3,50	
	Longitudinale	5,50	
2 Montage sur bogie	Verticale	42,5	4
	Transversale	37,0	
	Longitudinale	20,0	
3 Montage sur essieu	Verticale	300	4
	Transversale	270	
	Longitudinale	135	

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 de la période 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. Lorsque cette méthode est utilisée, on ne peut émettre aucune attestation d'essai dans la mesure où cela sort du domaine d'application de la présente recommandation.

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 6 pour les valeurs de D et A).

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

La figure 6 montre la forme d'impulsion et les limites de tolérance.

9 Simulated long life testing at increased random vibration levels

9.1 Test severity and frequency range

When the application orientation of equipment is unclear or unknown then the equipment shall be subjected to the vertical test levels of table 2 in all three planes.

Table 2 – Test severity and frequency range

Category	Orientation	RMS 5 h test period m/s ²	Frequency range (see figure)
1 Class A Body mounted	Vertical	5,90	1
	Transverse	2,90	
	Longitudinal	3,90	
1 Class B Body mounted	Vertical	7,90	2
	Transverse	3,50	
	Longitudinal	5,50	
2 Bogie mounted	Vertical	42,5	3
	Transverse	37,0	
	Longitudinal	29,0	
3 Axle mounted	Vertical	300	4
	Transverse	270	
	Longitudinal	135	

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 over heating 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. When this method is used no attestation of testing may be issued as it is outside the scope of this recommendation.

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 6 for values of D and A).

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

Figure 6 shows pulse shape and tolerance limits.

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 6.

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 6.

10.3 Fixation

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 au 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 Fixé 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 – Voir la figure 6 pour les détails concernant la forme d'impulsion.			

10.6 Nombre de chocs

Les 18 chocs (trois positifs et trois négatifs dans chacun des trois plans 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 au 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.

10.2 Velocity changes

The actual velocity change shall be within $\pm 15\%$ of the value corresponding to the nominal pulse shown in figure 6.

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 6.

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 $A \text{ m/s}^2$	Nominal duration $D \text{ ms}$
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 – See figure 6 for pulse shape details.			

10.6 Number of shocks

The 18 shocks (three positive and three negative in each of the three orthogonal planes) 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 keep integrity of its function and that shall be verified as requested by the manufacturer or the customer in the test specification except otherwise stated in the relevant product standard.

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 au 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 performances 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 réponse 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) l'apparence visuelle et l'intégrité mécanique n'ont pas changé.

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 contrôle et de mesure;

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 response 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 completion of all the tests the equipment shall be considered acceptable for attestation of testing when the following applies:

- 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) visual appearance and mechanical integrity has not changed.

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 control and measuring positions;

- 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 1 à 6. 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 prescrites.

NOTE – Lorsque des essais spéciaux ont été conduits et dépassent les prescriptions 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 D.

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.

- e) functional tests carried out and values obtained pre-test and post-test;
- f) results of tests from control and reference positions, together with observations against the set objectives and acceptance criteria. The report shall contain all the control point graphs which shall be in the format of figures 1 to 6. 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 Attestation of testing

Attestation of testing 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.

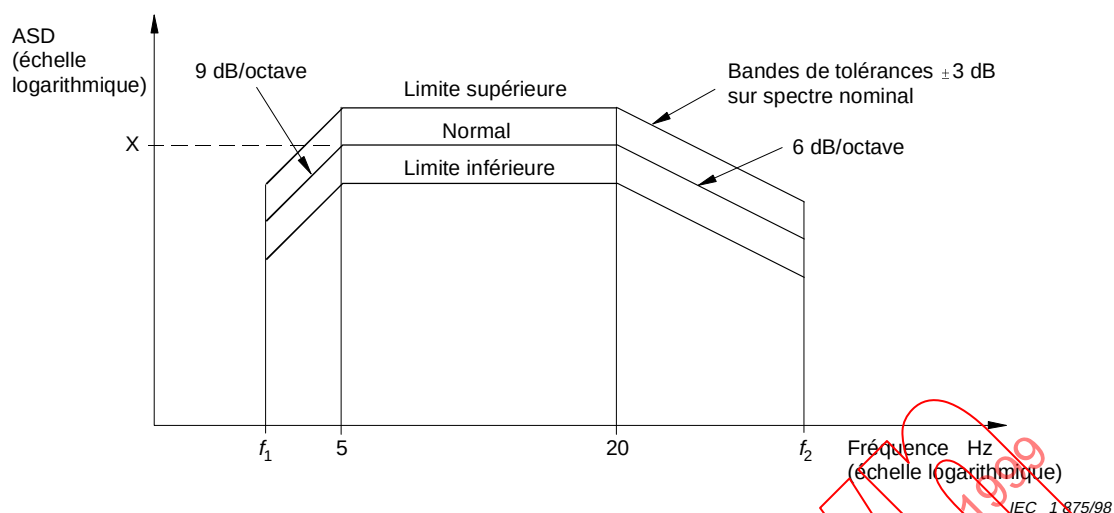
This attestation shall be signed by authorized representatives of the test house and the manufacturer.

NOTE – An example of a typical type test attestation is shown in annex D.

16 Disposal

The equipment, having satisfied the test objects 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.



lorsque la masse <500 kg:

$$f_1 = 5 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 150 \text{ Hz}$$

lorsque la masse >500 kg <1 250 kg:

$$f_1 = \frac{1\,250}{\text{mass}} \times 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1\,250}{\text{mass}} \times 60 \text{ Hz}$$

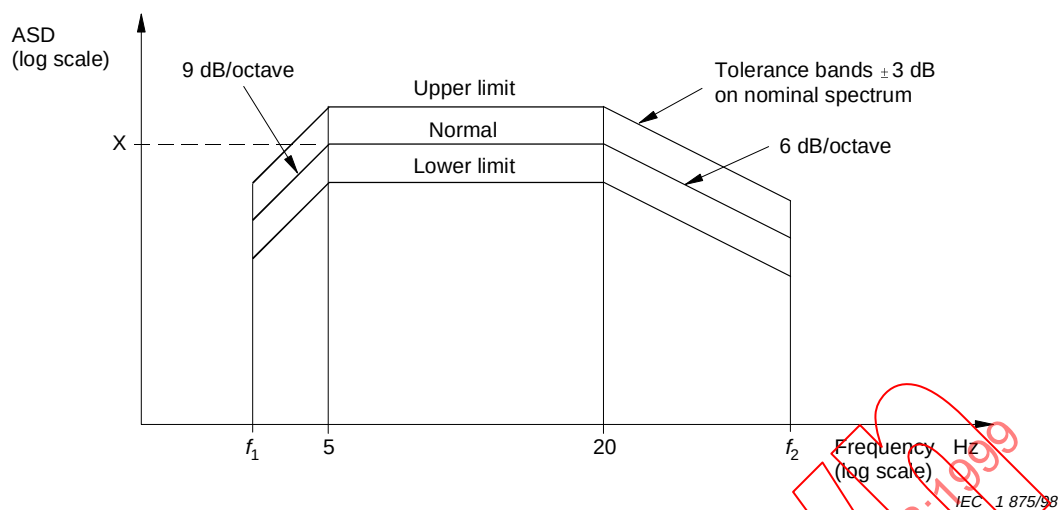
lorsque la masse >1 250 kg:

$$f_1 = 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 60 \text{ Hz}$$

	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,0164	0,0041	0,0073
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 150 Hz	0,75	0,37	0,50
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	1,034	0,250	0,452
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 150 Hz	5,9	2,9	3,9
NOTE 1 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 5 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront supérieurs à ceux indiqués ci-dessus. NOTE 2 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 150 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront 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 seront augmentés.			

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



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

when mass > 500 kg < 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

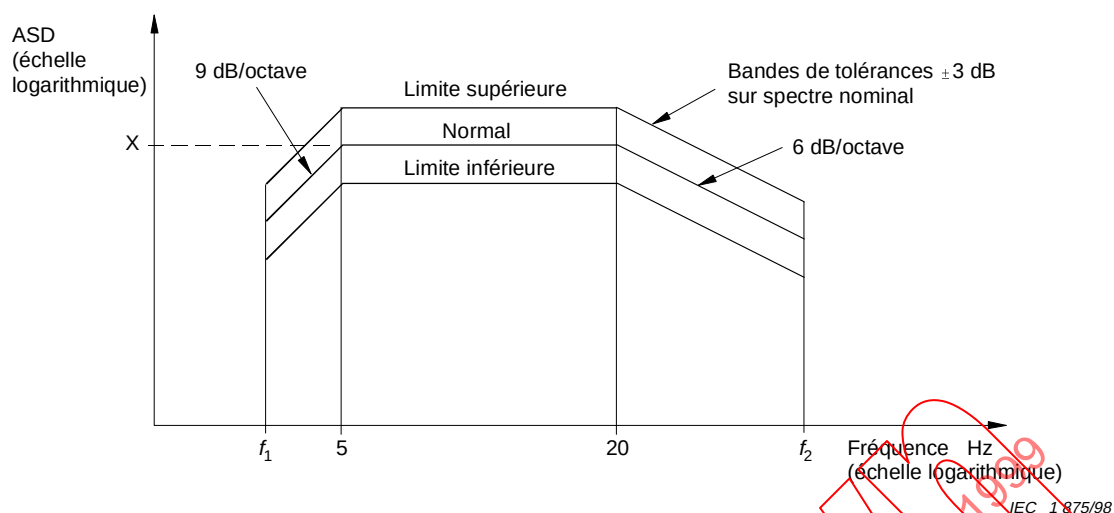
	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level $(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$	0,0164	0,0041	0,0073
RMS value m/s^2 5 Hz to 150 Hz	0,75	0,37	0,50
Long life test ASD level $(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$	1,034	0,250	0,452
RMS value m/s^2 5 Hz to 150 Hz	5,9	2,9	3,9

NOTE 1 – For items with test frequencies less than 5 Hz the r.m.s. levels will be higher than those quoted above.

NOTE 2 – For items with test frequencies less than 150 Hz the r.m.s. levels will 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 will be increased.

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



lorsque la masse < 500 kg:

$$f_1 = 5 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 150 \text{ Hz}$$

lorsque la masse > 500 kg $< 1\,250$ kg:

$$f_1 = \frac{1\,250}{\text{mass}} \times 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{1\,250}{\text{mass}} \times 60 \text{ Hz}$$

lorsque la masse $> 1\,250$ kg:

$$f_1 = 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 60 \text{ Hz}$$

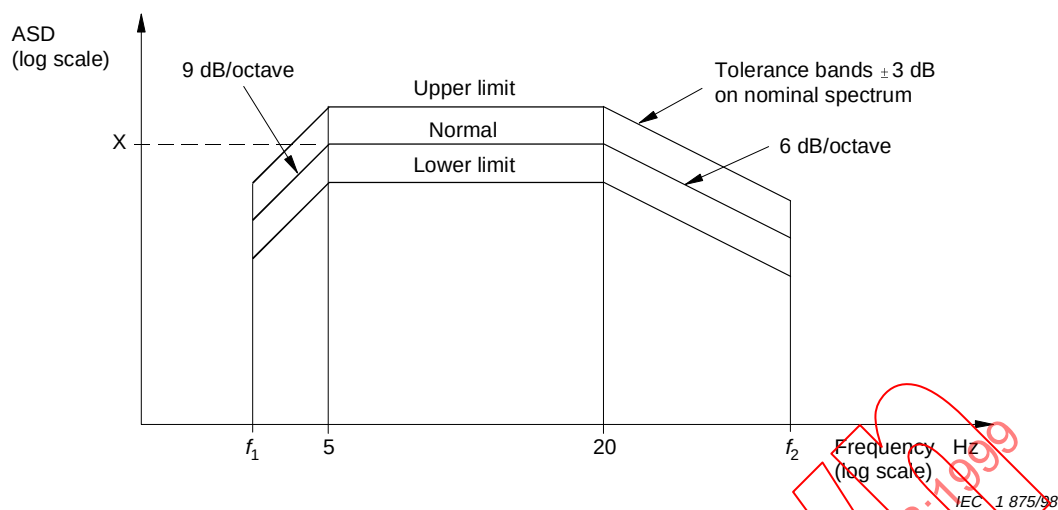
	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,0298	0,0060	0,0144
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 150 Hz	1,00	0,45	0,70
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	1,857	0,366	0,901
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 150 Hz	7,9	3,5	5,5

NOTE 1 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 5 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront supérieurs à ceux indiqués ci-dessus.

NOTE 2 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 150 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront 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 seront augmentés.

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



when mass < 500 kg: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ $f_2 = 150 \text{ Hz}$

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

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

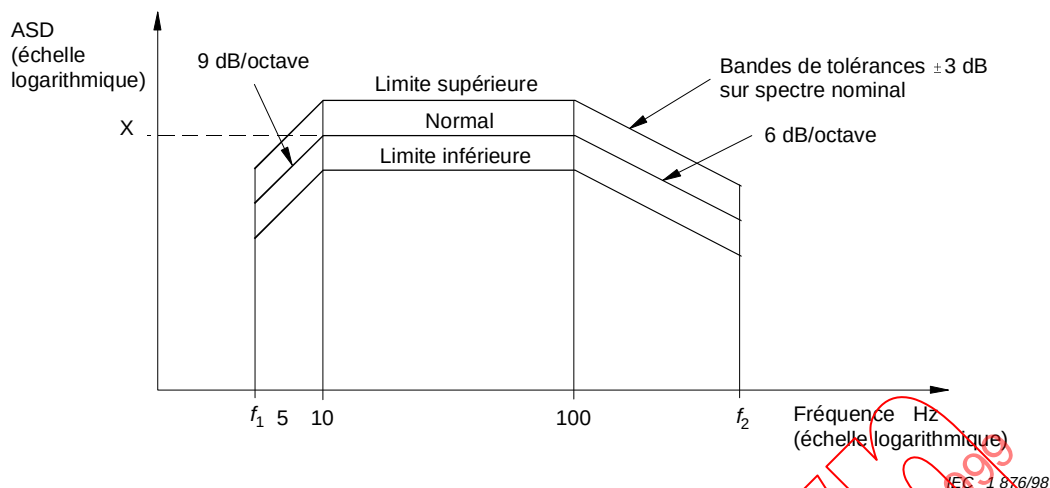
	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,0298	0,0060	0,0144
RMS value m/s ² 5 Hz to 150 Hz	1,00	0,45	0,70
Long life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	1,857	0,366	0,901
RMS value m/s ² 5 Hz to 150 Hz	7,9	3,5	5,5

NOTE 1 – For items with test frequencies less than 5 Hz the r.m.s. levels will be higher than those quoted above.

NOTE 2 – For items with test frequencies less than 150 Hz the r.m.s. levels will 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 will be increased.

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



lorsque la masse <100 kg:

$$f_1 = 5 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 250 \text{ Hz}$$

lorsque la masse >100 kg < 250 kg:

$$f_1 = \frac{250}{\text{mass}} \times 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{250}{\text{mass}} \times 100 \text{ Hz}$$

lorsque la masse >250 kg:

$$f_1 = 2 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 100 \text{ Hz}$$

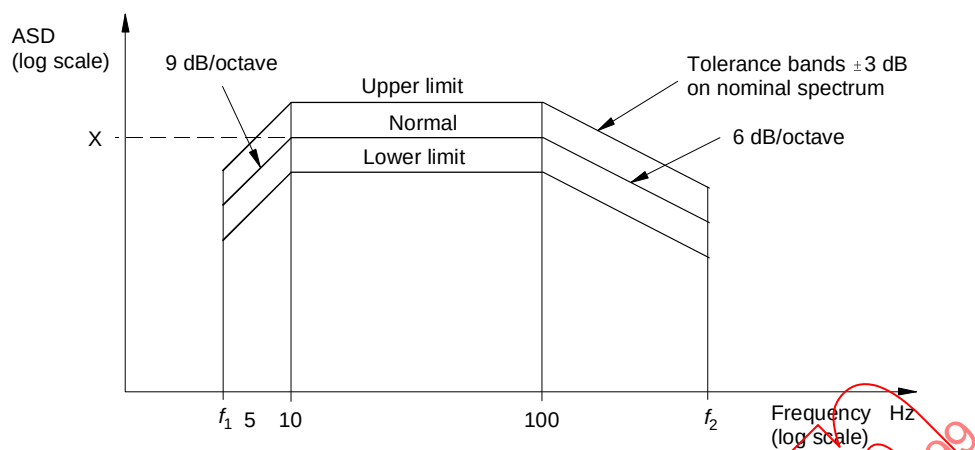
	Verticale	Transversale	Longitudinale
Essai fonctionnel Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	0,190	0,144	0,0414
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 250 Hz	5,4	4,7	2,5
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s ²) ² /Hz	11,83	8,96	2,62
Valeur efficace m/s ² 5 Hz à 250 Hz	42,5	37,0	20,00

NOTE 1 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 5 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront supérieurs à ceux indiqués ci-dessus.

NOTE 2 – Pour les éléments testés avec fréquences d'essai inférieures à 250 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront 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 seront augmentés.

Figure 3 – Catégorie 2 – Montage sur bogie – Spectre ASD



when mass < 100 kg: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ $f_2 = 250 \text{ Hz}$

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

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

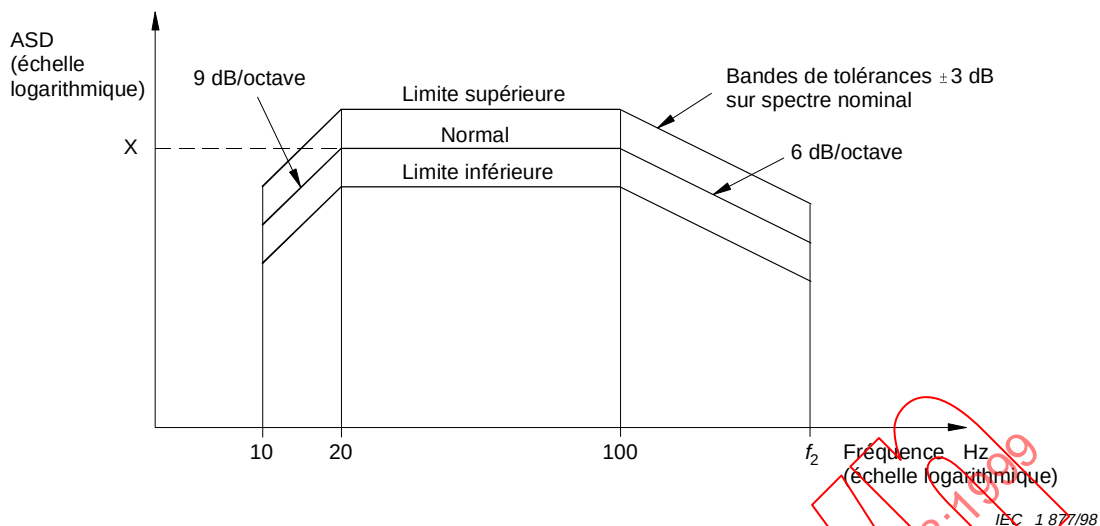
	Vertical	Transverse	Longitudinal
Functional test ASD level (m/s ²) ² /Hz	0,190	0,144	0,0414
RMS value m/s ² 5 Hz to 250 Hz	5,4	4,7	2,5
Long life test ASD level (m/s ²) ² /Hz	11,83	8,96	2,62
RMS value m/s ² 5 Hz to 250 Hz	42,5	37,0	20,00

NOTE 1 – For items with test frequencies less than 5 Hz the r.m.s. levels will be higher than those quoted above.

NOTE 2 – For items with test frequencies less than 250 Hz the r.m.s. levels will 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 will be increased.

Figure 3 – Category 2 – Bogie mounted – ASD spectrum



lorsque la masse < 50 kg:

$$f_2 = 500 \text{ Hz}$$

lorsque la masse $> 50 \text{ kg} < 125 \text{ kg}$:

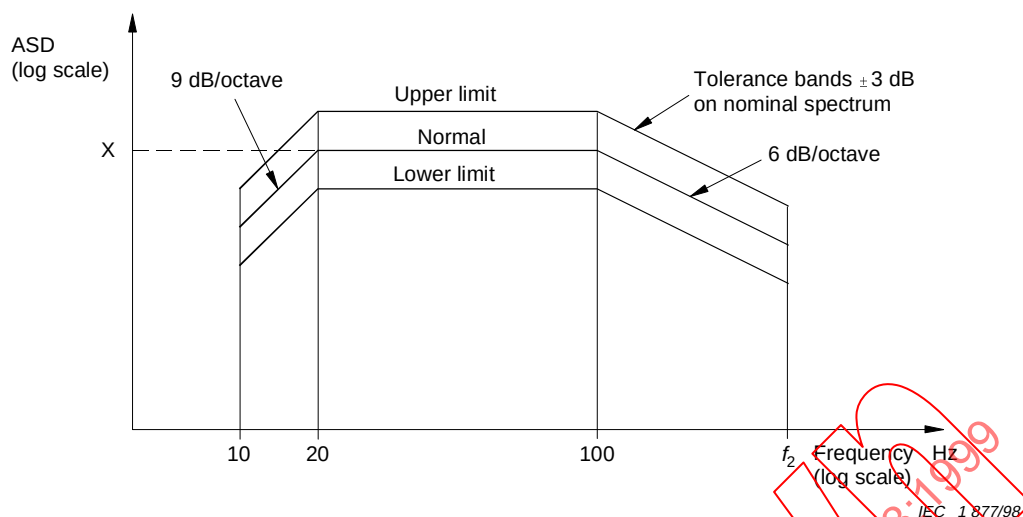
$$f_2 = \frac{125}{\text{mass}} \times 200 \text{ Hz}$$

lorsque la masse $> 125 \text{ kg}$:

$$f_2 = 200 \text{ Hz}$$

	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	34	17
Essai d'endurance Niveau ASD (m/s^2) ² /Hz	545,2	441,2	110,3
Valeur efficace m/s^2 10 Hz à 500 Hz	300	270	135
NOTE 1 – Pour les éléments testés avec des fréquences d'essai inférieures à 500 Hz, les niveaux efficaces appliqués seront 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 seront supérieurs.			

Figure 4 – Catégorie 3 – Montage sur essieu – Spectre ASD



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	34	17
Long life test ASD level (m/s^2) ² /Hz	545,2	441,2	110,3
RMS value m/s^2 10 Hz to 500 Hz	300	270	135
NOTE 1 – For items with test frequencies less than 500 Hz the r.m.s. levels will 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 will be increased.			

Figure 4 – Category 3 – Axle mounted – ASD spectrum

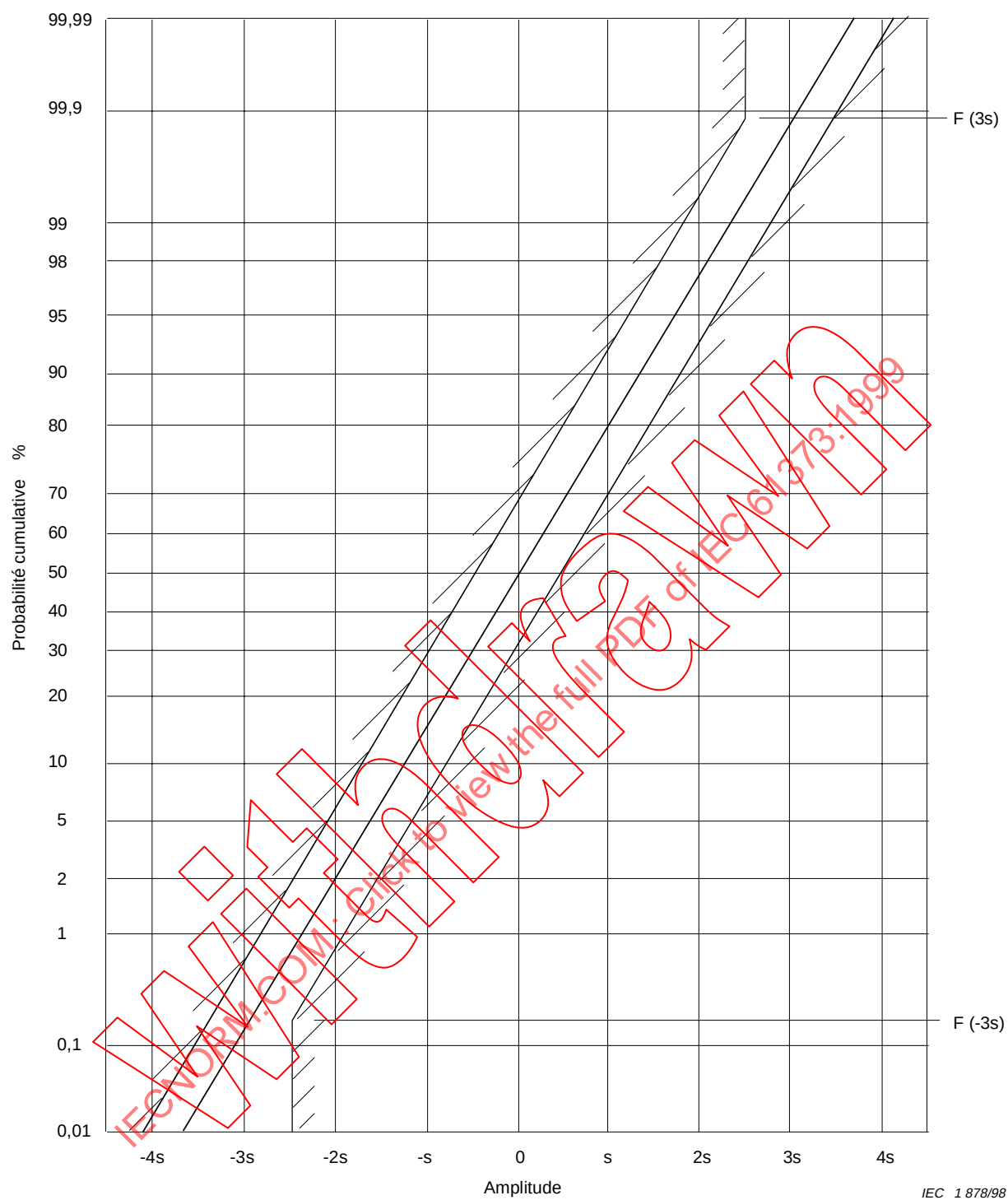
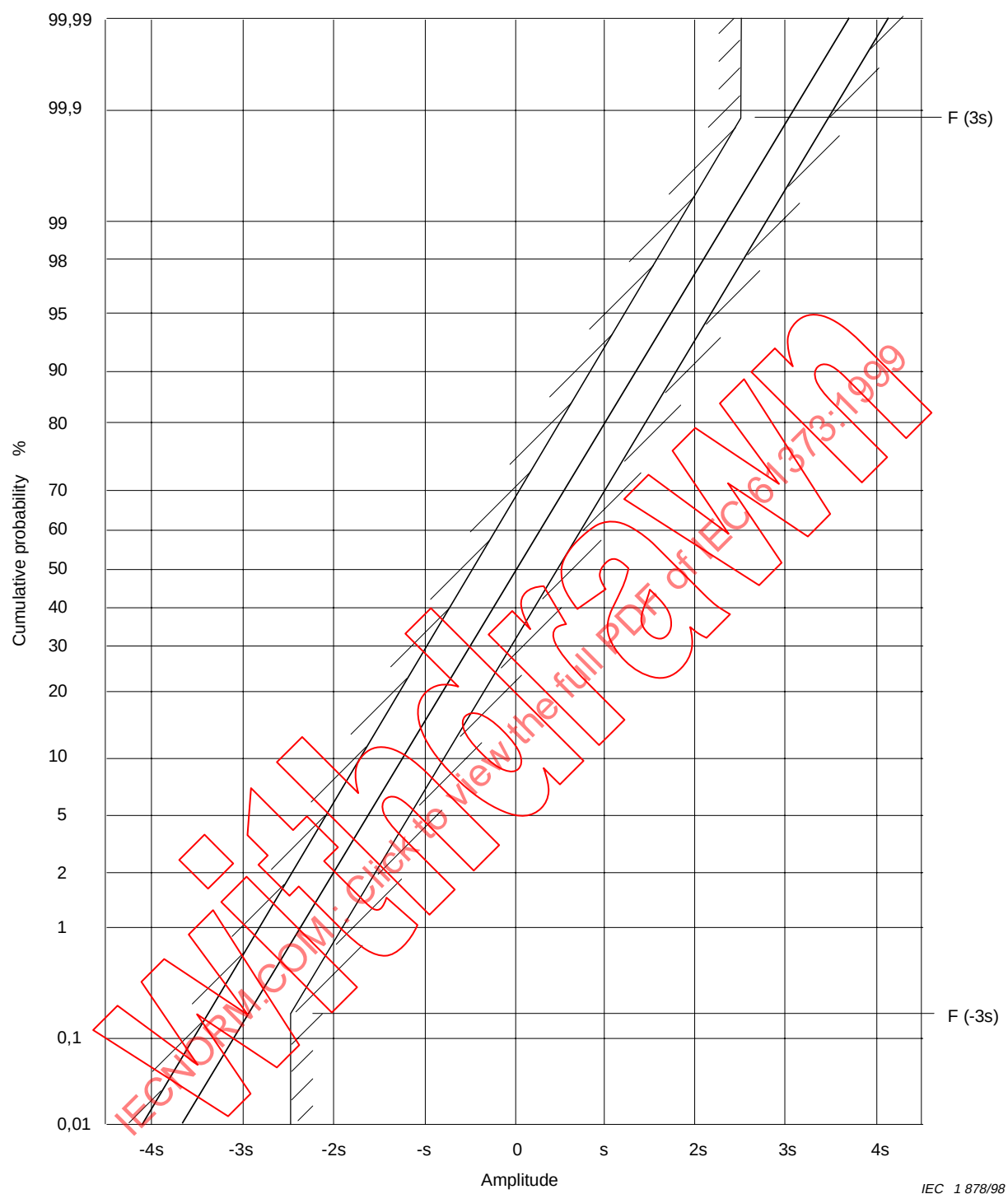
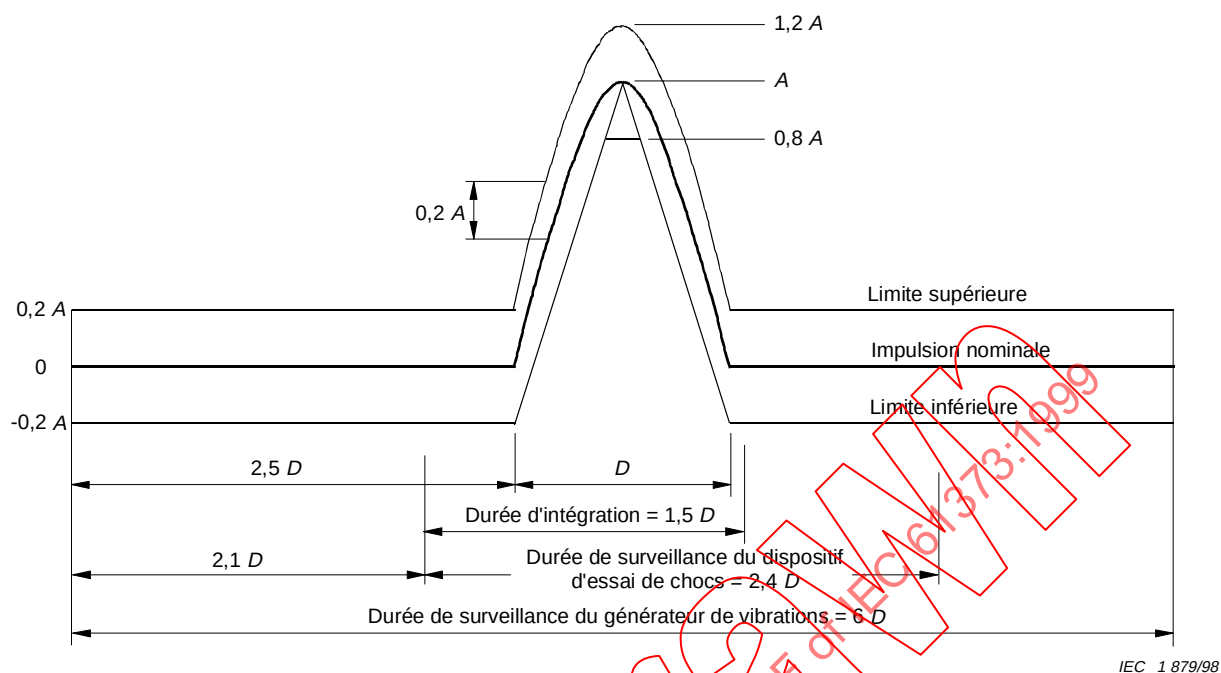


Figure 5 – Bandes de tolérances PDF cumulatives

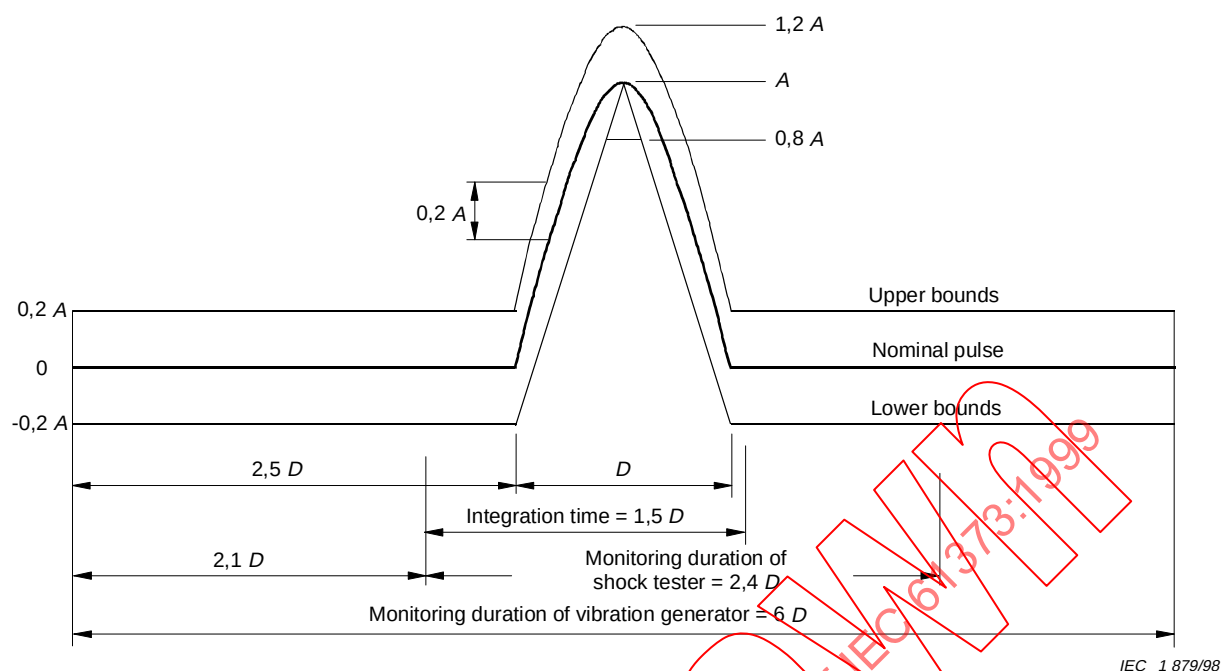
**Figure 5 – Cumulative PDF tolerance bands**



Catégorie	Orientation	Accélération de crête A (m/s^2)	Durée nominale D (ms)
1			
Classe A et classe B	Verticale	30	30
Montage sur caisse	Transversale	30	30
	Longitudinale	50	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 $30 m/s^2$ 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 6 – Bandes de tolérances d'essais de chocs – Impulsions semi-sinusoïdales



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 6 – Shock test tolerance – Bands half sine pulse

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

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 suivent sont utilisés pour y parvenir:

- Positions de mesure normalisées pour les catégories fixées sur essieu, bogie et caisse (voir A.1).
- Données relevées en service obtenues auprès des opérateurs ferroviaires et des constructeurs de matériel par un questionnaire de deux pages (voir A.2)
- Relevé des données obtenues en service (voir A.3).
- Méthode utilisée pour obtenir des niveaux d'essai aléatoires à partir des données en service acquises (voir A.4).
- Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service utilisant la méthode de A.4 (voir A.5).

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 la figure A.2.

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

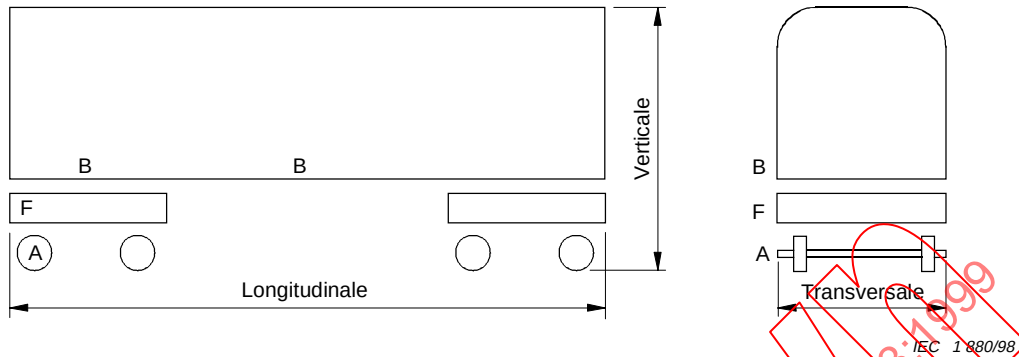
Rail vehicle shock and vibration varies depending on vehicle speed, rail/track conditions and other environment factors. To assess whether equipment attached to rail vehicles will perform satisfactorily for many years without failure, a design/test specification is required.

To establish a realistic test specification it was 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 A.1).
- Service data obtained from rail operators and equipment manufacturers utilizing a two-page questionnaire (see A.2).
- Summarized service data obtained (see A.3).
- Method used to obtain random test levels from the acquired service data (see A.4).
- Test levels obtained from service data using the method in A.4 (see A.5).

NOTE – When service data is available for the actual rail vehicles/network, test levels may be calculated using the method in figure A.2.

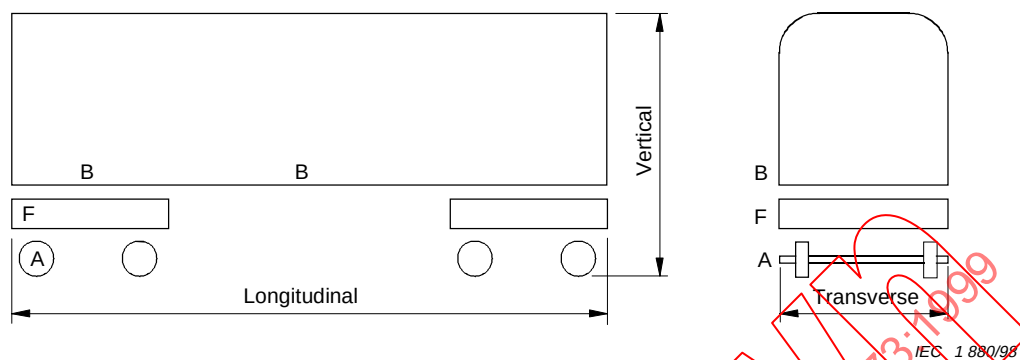
A.1 Positions de mesure normalisées utilisées pour les essieux, les bogies (châssis) et les caisses



- 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.1 Standard measuring positions used for axle, bogie and body-mounted categories



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.2 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 joint 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)	

A.2 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)	.....

Tableau A.1 (fin)

Paramètre/Condition d'essai (Question)	Observations (Réponse)
Analyse du domaine temporel	
22 Bande passante de l'analyse temporelle	
23 Fréquence d'échantillonnage	
24 Nombre total d'échantillons ou durée totale de toutes les acquisitions	
25 Accélération max. (m/s^2 , positive)	
26 Accélération min. (m/s^2 , négative)	
27 Valeur efficace	
28 Résolution d'amplitude	
29 Valeur efficace m/s^2 basée sur la densité de probabilité	
Analyse de fréquence (Bande passante recommandée 500 Hz caisse; 500 Hz bogie et 500 Hz essieu)	
30 Bande passante de l'analyse de fréquence/fréquence de coupure du filtre d'antirepliement de spectre	
31 Fréquence d'échantillonnage de l'acquisition temporelle correspondante	
32 Résolution de fréquence (delta f) ou nombre de lignes de fréquence	
33 Nombre d'échantillon d'acquisition de données (longueur de bloc)	
34 Limite inférieure de fréquence	
35 Type de fenêtre temporelle et longueur d'acquisition au moment de l'acquisition/l'analyse	
36 Nombre de moyennes (acquisitions temporelles)	
37 Chevauchement ($0 \leq 0_i < 1$) et nombre total d'échantillons	
38 Résolution ADC (plage dynamique)	
39 Bruit de fond de l'instrumentation	
40 Valeur efficace totale m/s^2 basée sur PSD	
Graphiques nécessaires	
41 Spectre de densité spectrale de puissance pour l'analyse du domaine de fréquence	
42 Distribution de densité de probabilité pour l'analyse temporelle	

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 500 Hz body; 500 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 (Δf) 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 ($0 \leq O_t < 1$) 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 PSD	
Graphs required	
41 Power spectral density spectrum for frequency domain analysis	
42 Probability density distribution for time domain analysis	

A.3 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 en A.4 pour obtenir les niveaux d'essai en A.5.

A.4 Méthode utilisée pour obtenir des niveaux d'essais aléatoires à partir des données en service acquises

Pour réduire le temps d'essai, on a choisi la méthode d'accroissement des niveaux conforme à la présente norme. L'essai de vibrations aléatoires d'endurance simulée, est basé sur l'hypothèse que le dommage est proportionnel au nombre de cycles multiplié par le niveau de contrainte/puissance:

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

où

N_f est le nombre de cycles;

σ est le niveau de contrainte;

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

Cette relation est liée aux niveaux d'accélération et à l'hypothèse selon laquelle la vie de service et la vie d'essai sont toutes les deux égales à une constante. Ainsi:

$$T_s A_s^m = T_t A_t^m$$

où

T_s est la vie/durée de service;

T_t est la durée d'essai;

A_s est l'accélération de service;

A_t est l'accélération d'essai.

A.3 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 A.4 to obtain the test levels in A.5.

A.4 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 it has been assumed that the damage is proportional to the number of cycles multiplied by the stress level to a power:

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

where

N_f is the number of cycles;

σ is the stress level;

m is the power (typically 3 to 9).

This relationship has been related to acceleration levels, and the assumption that the service life and test life both equal a constant. Thus:

$$T_s A_s^m = T_t A_t^m$$

where

T_s is the service life/time;

T_t is the test time;

A_s is the service acceleration;

A_t is the test acceleration.

En transposant l'équation ci-dessus en termes de rapport d'accélération, on obtient:

$$\frac{A_t}{A_s} = \left(\frac{T_s}{T_t} \right)^{1/m}$$

ainsi un rapport d'accélération = un facteur de temps:

$$\text{Facteur temporel} = \left(\frac{T_s}{T_t} \right)^{1/m}$$

ainsi pour

T_s = 25 % de vie normale

= 25 années de vie × 300 jours/année × 10 heures/jour × 25 %

= 18 750 heures de temps de service

T_t = 5 h de temps d'essai

m = 4 (typique pour les métaux)

$$\text{le rapport d'accélération est} = \left(\frac{18750}{5} \right)^{1/4} = 7,83$$

Pour les besoins de la présente spécification, il a été effectuée 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.)

Transposing the above equation in terms of the ratio of acceleration gives:

$$\frac{A_t}{A_s} = \left(\frac{T_s}{T_t} \right)^{1/m}$$

therefore an acceleration ratio = a time factor:

$$\text{Time factor} = \left(\frac{T_s}{T_t} \right)^{1/m}$$

Therefore when

$$\begin{aligned} T_s &= 25 \% \text{ normal life} \\ &= 25 \text{ years life} \times 300 \text{ days/year} \times 10 \text{ hours/day} \times 25\% \\ &= 18\,750 \text{ hours service time} \\ T_t &= 5 \text{ h test time} \\ m &= 4 \text{ (typical for metals)} \end{aligned}$$

$$\text{acceleration ratio} = \left(\frac{18\,750}{5} \right)^{1/4} = 7,83$$

For the purpose of this specification 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.5 Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service en utilisant la méthode de A.4

Voir tableau A.3.

Tableau A.3: Niveaux d'essai obtenus à partir des données en service en utilisant la méthode donnée en A.4.

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	0,75	1,00	5,9	7,9
Caisse/transversale	0,37	0,45	2,9	3,5
Caisse/longitudinale	0,50	0,70	3,9	5,5
2				
Bogie/verticale	5,4		42,5	
Bogie/transversale	4,7		37,0	
Bogie/longitudinale	2,5		20,0	
3				
Essieu/verticale	38		300	
Essieu/transversale	34		270	
Essieu/longitudinale	17		135	

AS = Niveau de service moyen

STD = Ecart type

RTL = Niveau d'essai aléatoire

FRTL = Niveau d'essai fonctionnel aléatoire

SLLRTL = Niveau d'essai aléatoire d'endurance simulée

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 A.4.

Caisse/verticale

AS = 0,49 (à partir du tableau A.2)

STD = 0,26

FRTL = AS + STD = 0,75 Classe A

SLLRTL = FRTL x taux d'accélération = 5,90 Classe A

A.5 Test levels obtained from service data using the method in A.4

See table A.3.

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

RMS acceleration levels in m/s^2				
Category	Functional RTL		Simulated long life RTL	
	Class A	Class B	Class A	Class B
1				
Body vertical	0,75	1,00	5,9	7,9
Body transverse	0,37	0,45	2,9	3,5
Body longitudinal	0,50	0,70	3,9	5,5
2				
Bogie vertical	5,4		42,5	
Bogie transverse	4,7		37,0	
Bogie longitudinal	2,5		20,9	
3				
Axle vertical	38		300	
Axle transverse	34		270	
Axle longitudinal	17		135	

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 A.4.

Body vertical

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

STD = 0,26

FRTL = AS + STD = 0,75 Class A

SLLRTL = FRTL x Acceleration ratio = 5,90 Class A

Annexe B (informative)

Guide pour déterminer les niveaux de conception à partir des données d'essai de vibrations aléatoires

B.1 Introduction

Au cours du processus de conception, il est nécessaire de s'assurer que des mesures sont prises pour empêcher des défaillances du matériel/des composants pendant les essais de vibrations ou par la suite en fonctionnement de service normal.

Cette annexe fournit des équations pour calculer les amplitudes d'excitation de vibrations pour les calculs de conception. Elle fournit également un guide pour la sélection des valeurs d'entrée aléatoires de la norme. A la fin, un exemple traité est présenté puis les équations fondamentales sont données sous une forme générale. Les équations pour les calculs approchés cités dans la présente annexe ont été déterminés pour un système à un seul degré de liberté (SDOF).

C'est pourquoi il est de la responsabilité de l'ingénieur concepteur de choisir les modes critiques de vibration (SDOF) appropriés pour contribuer à l'évaluation de l'intégrité mécanique de la conception.

Les procédures de calcul décrites dans la présente annexe sont informatives et ne sont pas à considérer comme des prescriptions contractuelles.

L'évaluation de la résistance mécanique exige toujours un certain degré d'interprétation technique; il est recommandé que le fournisseur et l'acheteur en soient pleinement conscients. La présente annexe n'empêche pas l'utilisation de recherches complémentaires pour la conception de manière à couvrir un contrat spécifique ou des prescriptions d'environnement.

B.2 Objet

Pour le calcul de la résistance mécanique, les informations concernant le degré de vibration auquel le matériel est susceptible d'être exposé pendant le fonctionnement en service sont essentielles. En l'absence de telles informations, le présent guide fournit des méthodes alternatives pour la déduction des données d'excitation de vibrations de conception en conformité avec la présente norme. Cela permettra à l'ingénieur concepteur de calculer les réponses de contrainte, de force ou d'accélération pour établir des dommages de fatigue. Cependant, les méthodes de conception particulières ne font pas partie du domaine d'application de la présente norme.

Les calculs de chocs ne sont pas traités dans la présente annexe, mais il est recommandé que l'ingénieur concepteur prenne en compte les niveaux d'excitation de choc indiqués dans la présente norme.

Annex B (informative)

Guidance for deriving design levels from random vibration test data

B.1 Introduction

In the course of designing it is necessary to ensure that measures are taken to prevent the equipment/components failing during the vibration test or subsequently under normal service operation.

This annex provides equations for calculating vibration excitation amplitudes for design calculations. It also provides guidance on how to select random input values from the standard. At the end a worked example is presented and finally the fundamental equations are given in general form. Equations for approximate calculations in this annex have been derived using the single degree of freedom (SDOF) system.

Therefore it is the responsibility of the design engineer to select critical modes of vibration (SDOFs) to contribute in the evaluation of the mechanical integrity of the design.

Calculation procedures described in this annex are informative and are not to be considered as contractual requirements.

The evaluation of mechanical strength always demands a certain degree of engineering judgement of which both the supplier and the purchaser should be fully aware. This annex does not preclude the use of additional investigations for design purposes in order to cover specific contract or environmental requirements.

B.2 Object

When calculating mechanical strength, information relating to the degree of vibration to which the equipment is likely to be subjected during service operation is essential. In the absence of such information, this guidance provides alternative methods of deriving design vibration excitation data in compliance with this standard. This will enable the design engineer to calculate stress, force or acceleration responses in order to establish fatigue damage. However, it is not within the scope of this standard to deal with particular design methods.

Shock calculations are not treated in this annex, but it is recommended that the design engineer consider the shock excitation levels in this standard.

B.3 Définitions

Le *facteur de crête* est le rapport de la valeur de crête à la valeur efficace d'une vibration dans le domaine temporel.

Le *processus de dommage de fatigue* fait référence aux effets cumulatifs des dommages à l'intérieur du matériel/des composants, induits par les forces vibratoires agissant sur les points de fixation.

Le *dimensionnement en amplitude de vibration* tient compte des réponses aux vibrations maximales admissibles (par exemple dont le dépassement peut conduire à des dommages ou à un mauvais fonctionnement) du matériel/des composants.

Le *dimensionnement au choc* tient compte des réponses transitoires maximales admissibles (par exemple dont le dépassement peut conduire à des dommages ou à un mauvais fonctionnement) du matériel/des composants.

Un système à un *degré de liberté* (SDOF) est un système simple masse-ressorts/amortisseur et peut être décrit par une seule équation différentielle du second degré.

B.4 Symboles

$A_{d(ft)}$	Amplitude d'excitation des vibrations sinusoïdales stationnaires de dommage de fatigue du modèle de conception à la résonance (m/s^2)
$A_{d(mg)}$	Amplitude d'excitation de vibrations sinusoïdales stationnaires basée sur la magnitude du modèle de conception en résonance (m/s^2)
ASD_{25}	Densité spectrale d'accélération d'excitation à l'essai, choisie dans les figures 1 à 4 dans la présente norme, indiquant 25 % de vie ($(m/s^2)^2/Hz$)
ASD_{100}	Densité spectrale d'accélération d'excitation pour la conception pour 100 % de vie ($(m/s^2)^2/Hz$)
Cf_t	Facteur de crête utilisé en essai
f	Fréquence de résonance du matériel/ des composants considérés comme un système SDOF (Hz)
N_d	Nombre de cycles de réponse pour un système SDOF pour la conception, (cs)
N_{II}	Nombre de cycles de réponse pour un système SDOF à la limite de vie (le point sur la courbe $S-N$ où il est souvent considéré constant et égal à la limite d'endurance σ_{el}) (cs)
ν	Valeur de réponse de crête/efficace d'un système SDOF
ν_l	Limite inférieure de ν
ν_u	Limite supérieure de ν
Q	$1/(2\xi)$ = amplification à la résonance
T_{rt}	Durée d'essai aléatoire (s)
ξ	Fraction d'amortissement critique
σ_{el}	Limite d'endurance (Pa)