

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-3-3**

Première édition
First edition
1991-02

Essais d'environnement

Troisième partie:

Guide

Méthodes d'essais sismiques applicables
aux matériels

Environmental testing

Part 3:

Guidance

Seismic test methods for equipments



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 68-3-3: 1991

AVA Documents
Document Sharing Hub

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-3-3**

Première édition
First edition
1991-02

Essais d'environnement

Troisième partie:

Guide

Méthodes d'essais sismiques applicables
aux matériels

Environmental testing

Part 3:

Guidance

Seismic test methods for equipments

© CEI 1991 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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE	4
PREFACE	4
INTRODUCTION	8

SECTION UN - GENERALITES

Articles

1	Objet	8
2	Généralités	10
3	Définitions	10
4	Éléments relatifs à la qualification	18
5	Procédures d'essai	20

SECTION DEUX - CLASSE SISMIQUE GENERALE

6	Epreuve	24
7	Essai conventionnel à amplitude normalisée	26
8	Essai à amplitude calculée	28
9	Paramètres d'essai	34
10	Modalités d'essai	36

SECTION TROIS - CLASSE SISMIQUE SPECIFIQUE

11	Epreuve	40
12	Choix des ondes d'essais	40
13	Ondes d'essai	44
14	Conditions d'essai	50
15	Essai de type monoaxial et polyaxial	60

FIGURES	66
---------------	----

ANNEXE A - Diagrammes pour le choix de l'essai	74
--	----

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	9
SECTION ONE - GENERAL	
Clause	
1 Object	9
2 General considerations	11
3 Definitions	11
4 Qualification considerations	19
5 Testing procedures	21
SECTION TWO - GENERAL SEISMIC CLASS	
6 Conditioning	25
7 Standard amplitude conventional test method	27
8 Calculated amplitude test method	29
9 Testing parameters	35
10 Testing procedures	37
SECTION THREE - SPECIFIC SEISMIC CLASS	
11 Conditioning	41
12 Test wave selection	41
13 Test waves	45
14 Testing conditions	51
15 Single and multiaxis testing	61
FIGURES	66
APPENDIX A - Flow charts for test selection	75

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT

Troisième partie: Guide
Méthodes d'essai sismiques applicables aux matériels

PREAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 50A: Essais de chocs et de vibrations, du Comité d'Etudes n° 50 de la CEI: Essais d'environnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
50A(BC)179	50A(BC)182

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 publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 68-1 (1988): Essais d'environnement, Première partie: Généralités et guide.

68-2: Deuxième partie: Essais.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING

Part 3: Guidance
Seismic test methods for equipments

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 50A: Shock and vibration tests, of IEC Technical Committee No. 50: Environmental testing.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
50A(C0)179	50A(C0)182

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 68-1 (1988): Environmental testing, Part 1: General and guidance.

68-2: Part 2: Tests.

- 68-2-6 (1982): Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales).
- 68-2-47 (1982): Fixation de composants, matériels et autres articles pour essais dynamiques tels que chocs (Ea), secousses (Eb), vibrations (Fc et Fd) et accélération constante (Ga) et guide.
- 68-2-57 (1989): Essai Ff: Vibrations - Méthode par accélérographes.
- 68-2-59 (1990): Essai Fe: Vibrations - Méthode par sinusoides modulées.

Autre document cité:

Norme ISO 2041 (1975): Vibrations et chocs - Vocabulaire.

Withdrawing

- 68-2-6 (1982): Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal).
- 68-2-47 (1982): 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.
- 68-2-57 (1989): Test Ff: Vibration - Time-history method.
- 68-2-59 (1990): Test Fe: Vibration - Sine-beat method.

Other document quoted:

ISO Standard 2041 (1975): Vibration and shock - Vocabulary.

Withdrawn

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT

Troisième partie: Guide Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels

Introduction

Dans chacune des trois méthodes d'essais dont la présente norme fait mention il y a un guide qui ne concerne que la méthode particulière. Les informations de base contenues dans la présente norme sont destinées à faciliter le choix de la méthode d'essai appropriée et son utilisation pour les essais sismiques.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la Publication 68-1 de la CEI.

SECTION UN - GENERALITES

1 Objet

Le présent guide s'applique d'abord aux matériels électrotechniques mais son application peut être étendue à d'autres matériels et aux composants.

La vérification des performances d'un matériel, soit par un calcul soit par une combinaison d'essais et de calcul, peut être acceptable, mais ne fait pas partie du domaine d'application du présent guide, qui est entièrement limité à la vérification des performances d'un matériel à partir des données d'essais dynamiques.

Ce guide traite uniquement des essais sismiques de matériels à l'échelle unité qui peuvent être essayés sur table vibrante. L'essai sismique d'un matériel est destiné à prouver sa capacité à remplir les fonctions requises pendant et/ou après le temps pendant lequel il est soumis à des contraintes et des déplacements résultant d'un tremblement de terre.

Ce guide a pour objet de présenter un éventail de méthodes d'essai qui peuvent, si prescrit par la spécification particulière, être appliquées pour vérifier les performances de matériels devant satisfaire à des conditions de tenue aux séismes dans le but principal de rechercher leur qualification.

NOTE - La qualification par l'essai d'aptitude limite ne fait pas partie du domaine d'application de ce guide qui a été élaboré comme guide d'application générale relatif aux essais sismiques et, en particulier, aux méthodes d'essais de la Publication 68-2 de la CEI.

Le choix de la méthode d'essai peut être fait en fonction des critères décrits dans ce guide. Les méthodes s'appuient elles-mêmes sur des méthodes d'essai publiées de la CEI.

Ce guide peut être utilisé par les fabricants de matériels pour s'assurer des performances requises ou par les utilisateurs pour déterminer et vérifier les performances d'un matériel.

ENVIRONMENTAL TESTING

Part 3: Guidance Seismic test methods for equipments

Introduction

Guidance is included in each of the three test methods referred to in this standard but it is specific to the test method. The guidance in this standard is directed towards choosing the appropriate test method and applying it to seismic testing.

This standard is to be used in conjunction with IEC Publication 68-1.

SECTION ONE- GENERAL

1 Object

This guide applies primarily to electrotechnical equipments but its application can be extended to other equipments and to components.

The verification of the performance of an equipment by analysis or by a combination of testing and analysis may be acceptable but is outside the scope of this guide, which is restricted to verification based entirely upon data from dynamic testing.

This guide deals solely with the seismic testing of a full size equipment which can be tested on a vibration table. The seismic testing of an equipment is intended to demonstrate its ability to perform its required function during and/or after the time it is subjected to the stresses and displacements resulting from an earthquake.

The object of this guide is to present a range of methods of testing which, when prescribed by the relevant specification, can be applied to demonstrate the performance of equipments for which seismic testing is required with the main aim of achieving qualification.

NOTE - Qualification by so-called "fragility-testing" is not considered to be within the scope of this guide which has been prepared to give generally applicable guidance on seismic testing and specifically on the use of IEC Publication 68-2 test methods.

The choice of the method of testing can be made according to the criteria described in this guide. The methods themselves are closely based on published IEC test methods.

This guide is intended for use by manufacturers to substantiate, or by users to evaluate and verify, the performance of an equipment.

2 Généralités

Deux classes sismiques ont été définies: la classe sismique générale et la classe sismique spécifique. Ni l'une ni l'autre de ces classes ne peut être considérée comme étant la plus sévère. La différence entre les deux classes réside dans la disponibilité et/ou l'exactitude de définition des caractéristiques de l'environnement sismique. Dans le cas où l'on recherche une fiabilité de sécurité très élevée pour un environnement spécifié, comme celle de la sûreté des centrales nucléaires, la classe sismique générale ne peut, par définition, convenir du fait de son manque de données précises, alors que la classe sismique spécifique peut être appliquée. L'annexe A présente un diagramme pour le choix de la classe d'essai (classe sismique générale ou classe sismique spécifique) et quatre diagrammes (A1 à A4) couvrant les variantes décrites dans ce guide. Pour une meilleure compréhension de ce guide, il est vivement recommandé d'étudier attentivement ces diagrammes.

2.1 Classe sismique générale

Font partie de cette classe les matériels pour lesquels le mouvement sismique considéré ne résulte pas d'une étude spécifique prenant en compte les caractéristiques géographiques d'implantation et les structures de support ou le bâtiment.

Pour les matériels de cette classe, le mouvement sismique est généralement caractérisé par la seule donnée d'un niveau maximal d'accélération au sol. Cette accélération est déduite des données sismiques relatives à la zone concernée.

Lorsque le matériel n'est pas implanté au niveau du sol, il convient d'utiliser un coefficient pour tenir compte de la transmissibilité du bâtiment et/ou des structures de support.

2.2 Classe sismique spécifique

Font partie de cette classe les matériels pour lesquels le mouvement sismique considéré résulte d'une étude spécifique prenant en compte les caractéristiques géographiques d'implantation et les structures de support ou le bâtiment.

Pour les matériels de cette classe, le mouvement sismique est défini par le spectre de réponse (évalué pour différents taux d'amortissement) ou par un accélérogramme.

3 Définitions

Les termes utilisés dans la présente norme sont généralement ceux qui sont définis dans la Norme ISO 2041 ou dans les Publications 68-1, 68-2-6, 68-2-57 et 68-2-59 de la CEI. Lorsque, dans l'intérêt du lecteur, une définition émanant de l'une de ces sources est incluse ici, cette provenance est citée. Les différences par rapport à ces définitions sont également indiquées.

Les termes et définitions supplémentaires qui suivent sont aussi applicables au domaine de la présente norme.

2 General considerations

Two seismic classes have been established: a general seismic class and a specific seismic class. Neither of these classes can be considered to be more demanding than the other. The difference between the two classes lies in the availability of and/or the accuracy in defining the characteristics of the seismic environment. When high reliability safety equipment for a specified environment is required, such as safety related equipment in nuclear power plants, the use of precise data is necessary and, therefore, the specific seismic class is applicable and not the general seismic class. Appendix A contains a flow chart for the selection of the test class (general seismic class or specific seismic class) and four flow charts (A1 to A4) covering the possibilities discussed in this guide. To obtain the maximum advantage from this guide it is strongly recommended that the flow charts be studied very thoroughly.

2.1 *General seismic class*

This class covers equipments for which the relevant seismic motion does not result from a specific study taking into account the characteristics of the geographic location and of the supporting structure or building.

In the case of equipments in this class, the seismic motion is generally characterized by one datum which is a peak acceleration at the ground level. This acceleration is derived from the seismic data relative to the area of interest.

When an equipment is not mounted at ground level, the transmissibility of the building and/or the supporting structure should be taken into account.

2.2 *Specific seismic class*

This class covers the equipment for which the relevant seismic motion results from a specific study taking into account the characteristics of the geographic location and of the supporting structure or building.

For equipment in this class, the seismic motion is defined by response spectra (evaluated for different damping ratios) or by a time-history.

3 Definitions

The terms used in this standard are generally defined in ISO Standard 2041 or in IEC Publications 68-1, 68-2-6, 68-2-57 and 68-2-59. Where, for the convenience of the reader, a definition from one of these sources is included here, the derivation is indicated and departures from the definitions in those sources are also indicated.

The additional terms and definitions that follow are also applicable for the purpose of this standard.

3.1 assemblage: Association de deux éléments, ou plus, possédant une structure commune de fixation ou de support.

3.2 bande passante à -3 dB: Intervalles de fréquence définis par les points ayant une ordonnée supérieure ou égale à $\sqrt{2}/2$ fois la valeur maximale de la courbe (voir figure 1).

3.3 spectre de réponse fondamental: Spectre de réponse brut, défini par les caractéristiques du bâtiment, le niveau du plancher, le taux d'amortissement, etc., et obtenu à partir d'un mouvement de sol donné (voir figure 1).

NOTE - Le spectre de réponse fondamental est généralement de type à bande étroite au niveau du plancher.

3.4 spectre de réponse à bande large: Spectre de réponse qui décrit le mouvement, montrant qu'il existe de nombreuses fréquences interdépendantes qui doivent être traitées comme un tout (voir figure 2c).

NOTE - La largeur de bande dépasse généralement une octave.

3.5 fréquence critique (définition équivalente à celle de la Publication 68-2-6 de la CEI, paragraphe 8.1): Fréquence pour laquelle:

- il apparaît un mauvais fonctionnement et/ou une altération des propriétés du spécimen, dus aux vibrations, et/ou
- se produisent des résonances mécaniques et/ou d'autres manifestations d'une réponse, par exemple des martèlements.

3.6 fréquence de transfert (définition équivalente à celle de l'ISO 2041): Fréquence à laquelle la caractéristique d'une vibration passe d'une relation à une autre.

NOTE - Par exemple, une fréquence de transfert peut être la fréquence à laquelle la valeur de l'amplitude de la vibration passe, par rapport à la fréquence, d'une valeur de déplacement constante à une valeur d'accélération constante.

3.7 amortissement (définitions différentes de celles de l'ISO 204): Terme générique lié à de nombreux mécanismes de dissipation de l'énergie dans un système. En pratique, l'amortissement dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de structure, le mode de vibration, la déformation, la force appliquée, la vitesse, les matériaux, le glissement des joints, etc.

3.7.1 amortissement critique: Valeur minimale de l'amortissement visqueux pour lequel un système avec déplacement initial revient à sa position de repos sans oscillation.

3.7.2 taux d'amortissement: Rapport entre la valeur de l'amortissement réel et la valeur de l'amortissement critique d'un système à amortissement visqueux.

3.8 facteur de direction: Facteur rendant compte de la différence d'amplitude usuelle au sol entre les accélérations, horizontale et verticale, d'un séisme.

3.1 assembly: Two or more devices sharing a common mounting or supporting structure.

3.2 bandpass at 3 dB: Frequency intervals defined by the points possessing an ordinate larger than or equal to $\sqrt{2}/2$ times the maximum value of the plot (see Figure 1).

3.3 basic response spectrum: Unmodified response spectrum defined by the characteristics of the building, its floor level, damping ratio, etc. and obtained from a specific ground motion (see Figure 1).

NOTE - The basic response spectrum is generally of the narrow band type at floor level.

3.4 broad-band response spectrum: Response spectrum that describes the motion indicating that a number of interacting frequencies exist which must be treated as a whole (see Figure 2c).

NOTE - The bandwidth is normally greater than one octave.

3.5 critical frequency (definition technically equivalent to that in Sub-clause 8.1 of IEC Publication 68-2-6): Frequencies at which:

- malfunctioning and/or deterioration of performance of the specimen which are dependent on vibration are exhibited, and/or
- mechanical resonances and/or other response effects occur, for example chatter.

3.6 crossover frequency (definition technically equivalent to that of ISO 2041): Frequency at which the characteristic of a vibration changes from one relationship to another.

NOTE - For example, a crossover frequency may be that frequency at which the vibration amplitude changes from a constant displacement value versus frequency to a constant acceleration value versus frequency.

3.7 damping (not identical with ISO 2041 definitions): Generic term ascribed to the numerous energy dissipation mechanisms in a system. In practice, damping depends on many parameters, such as the structural system, mode of vibration, strain, applied forces, velocity, materials, joint slippage, etc.

3.7.1 critical damping: Minimum viscous damping that will allow a displaced system to return to its initial position without oscillation.

3.7.2 damping ratio: Ratio of actual damping to critical damping in a system with viscous damping.

3.8 direction factor: Factor taking account of the difference in magnitude at ground level that normally exists between the horizontal and vertical accelerations resulting from earthquakes.

3.9 accélération au plancher: Accélération d'un plancher particulier dans un bâtiment (à l'emplacement de l'implantation d'un matériel) résultant d'un séisme donné.

NOTE - En pratique, l'accélération au plancher peut être décomposée en composantes horizontale et verticale.

3.10 facteur géométrique: Facteur utilisé pour l'essai de type monoaxial rendant compte de l'interaction résultant des excitations multidirectionnelles simultanées qui se produisent selon les différents axes du matériel.

3.11 " g_n ": Accélération normalisée de la pesanteur (variable en fonction de l'altitude et de la latitude).

NOTE - Dans le cadre de la présente norme, la valeur de g_n est arrondie au nombre entier le plus proche, c'est-à-dire 10 m/s².

3.12 accélération au sol: Accélération au sol résultant d'un séisme donné.

NOTE - En pratique, l'accélération au sol peut être décomposée en composantes, l'une horizontale, l'autre verticale.

3.13 fréquences latérales: Deux fréquences déterminées d'après la fréquence de réponse à -3 dB autour de la résonance d'ensemble (voir figure 1).

3.14 mauvais fonctionnement: Perte de l'aptitude à accomplir ou à maintenir une fonction requise, ou action intempestive pouvant entraîner des conséquences néfastes pour la sûreté.

NOTE - Les mauvais fonctionnements seront définis par la spécification particulière.

3.15 spectre de réponse à bande étroite: Spectre de réponse où prédomine une excitation à fréquence unique (voir figure 2a).

NOTES

1 La largeur de bande est généralement de 1/3 d'octave ou moins.

2 Si plusieurs fréquences d'excitation largement espacées et bien définies existent, chacune de leurs réponses peut être traitée séparément comme un spectre de réponse à bande étroite (voir figure 2b).

3.16 fréquence naturelle: Fréquence des vibrations libres d'une structure, dépendant seulement de ses propres caractéristiques physiques (masse, raideur et amortissement).

3.17 résonance d'ensemble: Fréquence de résonance pour laquelle toute la structure amplifie le mouvement d'excitation.

NOTE - En général, dans la gamme de fréquences de 1 Hz à 35 Hz, cela correspond à la première fréquence de résonance. Il est important de prendre en compte les fréquences correspondant aux résonances d'ensemble quand celles-ci sont incluses dans la partie forte du spectre de réponse spécifié (voir paragraphe 3.27).

3.9 floor acceleration: Acceleration of a particular building floor (or an equipment mounting) resulting from the ground motion of a given earthquake.

NOTE - In practice the floor acceleration may be resolved into its horizontal and vertical components.

3.10 geometric factor: Factor required in single axis testing to take into account the interaction along the different axes of the equipment of simultaneous multi-directional input vibrations.

3.11 " g_n ": Standard acceleration due to the earth's gravity, which itself varies with altitude and geographical latitude.

NOTE - For the purposes of this standard, the value of g_n is rounded up to the nearest whole number, that is 10 m/s².

3.12 ground acceleration: Acceleration of the ground resulting from the motion of a given earthquake.

NOTE - In practice the ground acceleration may be resolved into its horizontal and vertical components.

3.13 lateral frequencies: Two frequencies determined according to the -3 dB response around the overall resonance frequency (see Figure 1).

3.14 malfunction: Loss of capability of the equipment to initiate or sustain a required function, or the initiation of undesired spurious action which may result in adverse consequences for safety.

NOTE - Malfunction will be defined by the relevant specification.

3.15 narrow-band response spectrum: Response spectrum in which single frequency excitation predominates (see Figure 2a).

NOTES

1 The bandwidth is normally 1/3 octave or less.

2 When several widely spaced well-defined frequencies exist, if justified, each of their responses may be treated separately as a narrow band response spectrum (see Figure 2b).

3.16 natural frequency: Frequency of free vibration of a structure depending only on its own physical characteristics (mass, stiffness, and damping).

3.17 overall resonance: Resonance frequency at which a complete structure amplifies the exciting motion.

NOTE - Within the frequency range between 1 Hz and 35 Hz, overall resonance generally corresponds to the first mode of vibration. It is important to take into account the overall resonance frequencies when they are enclosed in the strong part of the required response spectrum (see Sub-clause 3.27).

3.18 pause: Intervalle entre deux ondes d'essai consécutives (par exemple sinusoïdes modulées).

NOTE - Il convient que la pause soit d'une durée suffisante pour qu'il n'en résulte pas de superposition significative dans le mouvement de réponse du matériel.

3.19 axes préférentiels d'essai: Trois axes orthogonaux correspondant aux axes les plus vulnérables du matériel.

3.20 spectre de réponse spécifié: Spectre de réponse établi par l'utilisateur (voir figures 1, 2 et 3).

3.21 fréquence de résonance: Fréquence pour laquelle, dans un système en oscillation forcée, toute variation de la fréquence d'excitation entraîne une décroissance dans la réponse du système.

NOTES

1 La valeur de la fréquence de résonance dépend de la variable mesurée. Pour un mode donné, les valeurs de la fréquence de résonance en cas de déplacement de vitesse et d'accélération sont dans l'ordre des fréquences croissantes. Pour les taux d'amortissement habituels les écarts entre ces valeurs sont faibles.

2 Pour les essais sismiques, on considère souvent que la fréquence de résonance est significative lorsque la transmissibilité de la réponse est supérieure à 2.

3.22 spectre de réponse d'oscillateur (définition différente de celle de l'ISO 2041): Représentation de la réponse maximale d'une famille d'oscillateurs à un degré de liberté soumis à un déplacement donné pour une valeur spécifiée du taux d'amortissement (voir figures 1, 2 et 3).

3.23 séisme de niveau S1: Niveau de séisme dont l'apparition est probable pendant la durée de vie du matériel et pour lequel les éléments relatifs à la sécurité doivent être conçus pour continuer à fonctionner sans présenter de mauvais fonctionnement.

NOTE - Pour les applications nucléaires, le séisme de niveau S1 correspond au demi-séisme de dimensionnement (DSD).

3.24 séisme de niveau S2: Niveau de séisme produisant le mouvement vibratoire maximal du sol pour lequel certaines structures, systèmes et éléments sont conçus pour rester fonctionnels. Ces structures, systèmes et éléments sont ceux qui sont essentiels pour assurer leur propre fonction, l'intégrité et la sûreté de l'ensemble du système.

NOTE - Pour les applications nucléaires, le séisme de niveau S2 correspond au séisme de dimensionnement (SDD).

3.25 sinusoïde modulée: Onde sinusoïdale à fréquence fixe, modulée en amplitude par une onde sinusoïdale de fréquence inférieure. La durée d'une sinusoïde modulée est égale à une demi-période de la fréquence de modulation (voir figure 4).

NOTE - Dans la présente norme, la sinusoïde modulée est considérée comme une onde à fréquence unique.

3.18 pause: Interval between consecutive test waves (for example sine beats).

NOTE - A pause should be such that it results in no significant superposition of the response motions of an equipment.

3.19 preferred testing axes: Three orthogonal axes which correspond to the most vulnerable axes of the equipment.

3.20 required response spectrum: Response spectrum specified by the user (see Figures 1, 2 and 3).

3.21 resonance frequency: Frequency at which, in forced oscillation, a change in the frequency of excitation causes a decrease in the response of the system.

NOTES

1 The value of resonance frequency depends upon the measured variable. For a given mode, the values of resonance frequency for displacement, velocity and acceleration are in increasing order of frequency. The differences between these resonance frequency values are small for the usual damping ratios.

2 In seismic testing, it is often assumed that a resonance frequency is significant when the transmissibility of the response is greater than 2.

3.22 response spectrum (not identical with ISO 2041 definition): Plot of the maximum response to a defined input motion of a family of single-degree-of-freedom bodies at a specified damping ratio (see Figures 1, 2 and 3).

3.23 S1-earthquake: An earthquake which would be expected to occur during the operating life of the equipment and for which safety related equipments are to be designed to continue to operate without malfunction.

NOTE - An S1-earthquake corresponds in nuclear applications to the operating base earthquake (OBE).

3.24 S2-earthquake: An earthquake which produces the maximum vibratory ground motion for which certain structures, systems and components are designed to remain functional. These structures, systems and components are those essential to assure proper function, integrity and safety of the total system.

NOTE - An S2-earthquake corresponds in nuclear applications to the safe shutdown earthquake (SSE).

3.25 sine beat: Continuous sinusoidal wave of one frequency which is modulated by a sinusoidal wave of a lower frequency. The duration of one sine beat is half the period of the modulating frequency (see Figure 4).

NOTE - In this standard, the sine beat is considered as a single frequency wave.

3.26 partie forte d'un accélérogramme: Partie de l'accélérogramme comprise entre l'instant où il dépasse pour la première fois les 25% de sa valeur maximale et celui où il descend au-dessous de 25% pour la dernière fois (voir figure 5).

3.27 partie forte du spectre de réponse: Partie du spectre définie par les points d'intersection du spectre de réponse spécifié et de la droite située à -3 dB par rapport à la valeur maximale de ce spectre (voir figure 1).

NOTE - En général, la partie forte du spectre de réponse est située dans le premier tiers de la bande de fréquences.

3.28 facteur d'amplification: Facteur tenant compte de la modification, par rapport au sol, de l'accélération due à la transmissibilité des bâtiments et des structures.

3.29 accélérogramme synthétique: Accélérogramme produit artificiellement pour que le spectre de réponse lui correspondant enveloppe le spectre de réponse spécifié.

3.30 amplitude d'essai: Valeur maximale des valeurs de crête de l'onde d'essai.

NOTE - Pour les essais sismiques, elle est habituellement relative à l'accélération.

3.31 fréquence d'essai: Fréquence à laquelle le spécimen est excité lors d'un essai.

On distingue les deux types de fréquences d'essai suivantes:

3.31.1 fréquence d'essai prédéterminée: Fréquence prescrite par la spécification particulière.

3.31.2 fréquence d'essai d'investigation: Fréquence relevée lors de l'essai de recherche et d'étude des fréquences critiques.

3.32 spectre de réponse d'essai: Spectre de réponse d'oscillateur obtenu à partir du mouvement réel de la table vibrante, soit par calcul, soit en utilisant les moyens d'analyse spectrale (voir figures 1, 2c et 2d).

3.33 accélérogramme (définition différente de celle de l'ISO 2041): Enregistrement de l'accélération, de la vitesse ou du déplacement en fonction du temps.

3.34 accélération à période nulle: Valeur asymptotique du spectre de réponse d'accélération aux fréquences élevées (voir, par exemple, la figure 1).

NOTE - En pratique, l'accélération à période nulle a une signification, par exemple dans le cas d'un accélérogramme; elle est sensiblement égale à la valeur maximale de l'accélération. Cela ne doit pas, en principe, être confondu avec la valeur de crête de l'accélération du spectre de réponse.

4 Eléments relatifs à la qualification

Il est recommandé que la spécification particulière renvoie aux points mentionnés aux paragraphes 4.1, 4.2 et 4.3.

3.26 strong part of time-history: Part of time-history from the time when the plot first reaches 25% of the maximum value to the time when it falls for the last time to the 25% level (see Figure 5).

3.27 strong part of the response spectrum: Part of the spectrum for which the response acceleration is higher than for the -3 dB bandpass of the required response spectrum (see Figure 1).

NOTE - Generally, the strong part of the response spectrum is located in the first third of the frequency band.

3.28 superelevation factor: Factor accounting for the change in the acceleration with respect to the earth due to the transmissibility of buildings and structures.

3.29 synthesized time-history: Artificially generated time-history such that its response spectrum envelops the required response spectrum.

3.30 test level: Largest peak value within a test wave.

NOTE - In seismic testing, acceleration is the parameter normally used.

3.31 test frequency: Frequency at which the specimen is to be excited during a test.

A test frequency is one of two types as defined below:

3.31.1 *predetermined test frequency:* Frequency prescribed by the relevant specification.

3.31.2 *investigated test frequency:* Frequency obtained by a vibration response investigation.

3.32 test response spectrum: Response spectrum derived from the real motion of the vibration table either analytically or by using spectrum analysis equipment (see Figures 1, 2c and 2d).

3.33 time-history (not identical with ISO 2041 definition): Recording, as a function of time, of acceleration or velocity or displacement.

3.34 zero period acceleration: High frequency asymptotic value of acceleration of a response spectrum (for an example see Figure 1).

NOTE - The zero period acceleration is of practical significance as it represents the largest peak value of acceleration, for example in a time-history. This should not be confused with the peak value of acceleration in the response spectrum.

4 Qualification considerations

The relevant specification should contain information relating to the subjects discussed in Sub-clauses 4.1, 4.2 and 4.3.

4.1 Conditions de service

Il est recommandé que les conditions de service du matériel soumis aux essais soient aussi proches que possible de ses conditions de fonctionnement, en particulier les conditions (tension électrique, charges mécaniques et thermiques, pression, etc.) pour lesquelles les contraintes combinées à celles de l'essai peuvent altérer le fonctionnement ou la structure du matériel. Lorsque les conditions de service ne sont pas incluses dans l'essai, il convient de justifier leur absence.

4.2 Critères de mauvais fonctionnement

Quand les conditions de service et de fonctionnement sont connues ou ont été choisies, il convient de définir les critères d'acceptation et/ou de mauvais fonctionnement dans la spécification particulière.

NOTE - Il y a des exceptions lorsque les conditions finales de service ou de fonctionnement du matériel à essayer ne sont pas connues mais ont été choisies. Dans ces cas, les critères de mauvais fonctionnement ne peuvent être établis avec précision mais sont à préciser sans justification concrète: par exemple, en l'absence d'une meilleure information, on admet communément que la durée d'un mauvais fonctionnement d'un circuit électrique soit prise égale à 5 ms.

4.3 Critères de qualification

La classification suivante est introduite afin de permettre la définition des critères exigés du matériel pour une application particulière.

- Critère 0: Matériel ne présentant pas de mauvais fonctionnement pendant et après un essai sismique.
- Critère 1: Matériel présentant un mauvais fonctionnement pendant un essai sismique mais revenant à son état normal après l'essai.
- Critère 2: Matériel présentant un mauvais fonctionnement pendant l'essai sismique et nécessitant une intervention ou un réglage après l'essai mais n'exigeant ni remplacement ni réparation.

5 Procédures d'essai

Il convient de réaliser l'essai selon les spécifications de la section deux (articles 6 à 10) pour la classe sismique générale et selon celles de la section trois (articles 11 à 15) pour la classe sismique spécifique.

5.1 Fixation

Il convient de réaliser la fixation du matériel selon les prescriptions de la Publication 68-2-47 de la CEI.

NOTE - Pour plus de détails dans le cas d'un matériel normalement monté sur des amortisseurs de vibrations, voir l'article A5 de la Publication 68-2-6 de la CEI.

4.1 *Service conditions*

Service conditions should be duplicated as closely as possible when an equipment is tested, particularly those conditions (electrical, mechanical, and thermal pressure, etc.) whose stresses combine with those of the test to affect the operation or integrity of the equipment. When account is not taken of these service conditions in the test, the omission should be justified.

4.2 *Malfunction criteria*

When the service conditions and function are known or have been selected, the relevant specification will prescribe acceptance and/or malfunction criteria.

NOTE - There are cases when the final service conditions or the conditions of use of the equipment which is to be tested are not known but have been selected. In these cases, malfunction criteria cannot be accurately established and are therefore assumed without formal justification; for example, in the absence of better information, the assumption is frequently made that the duration of a malfunction in electrical circuitry is 5 ms.

4.3 *Qualification criteria*

The following classification is introduced as it allows criteria to be assigned to equipment for a particular application.

- Criterion 0: Equipment subjected to seismic testing which experienced no malfunction either during or after the test.
- Criterion 1: Equipment subjected to seismic testing which suffered a malfunction during the test but reverted to its correct state after the test.
- Criterion 2: Equipment subjected to seismic testing which experienced a malfunction during the test and required resetting or adjustment on completion of the test but required no replacement or repair.

5 *Testing procedures*

Testing should be in accordance with Section Two (Clauses 6 to 10) for the general seismic class or Section Three (Clauses 11 to 15) for the specific seismic class.

5.1 *Mounting*

The equipment should be mounted in accordance with IEC Publication 68-2-47.

NOTE - For more detailed guidance in the case of equipment normally used with vibration isolators see Clause A5 of IEC Publication 68-2-6.

Il convient de prendre en compte l'effet des connexions, câbles, tuyauteries, etc., pour la fixation du matériel. De même, sauf justification, le dispositif de montage du matériel dans les conditions normales de service devrait être inclus dans l'essai sismique.

Il convient que l'orientation et la fixation du matériel pendant l'essai soient spécifiées et constituent alors la seule attitude pour laquelle le spécimen est qualifié, à moins qu'une justification convenable permette de l'étendre à une autre orientation (par exemple, s'il est prouvé que la pesanteur n'a pas d'effet sur le comportement du matériel).

5.2 Mesures

Selon le cas, il convient de réaliser les mesures selon les Publications 68-2-6, 68-2-57 et 68-2-59 de la CEI selon le cas.

5.2.1 Mesures du mouvement vibratoire de la table vibrante

Les mesures de vibrations sur la table vibrante doivent être réalisées afin de s'assurer que le niveau de vibration a été correctement appliqué aux points de mesure requis.

Les grandeurs à enregistrer en permanence (déplacement, vitesse, accélération), le matériel de mesure utilisé et les performances des capteurs (pilote, mesure) seront spécifiés.

5.2.2 Mesures du mouvement vibratoire du matériel

Outre les mesures sur la table vibrante, des mesures peuvent être effectuées sur le matériel afin d'obtenir, au cours de l'essai, des informations supplémentaires relatives à ses performances. Ces mesures-ci ne font pas partie des exigences vibratoires d'essai.

5.2.3 Vérifications fonctionnelles du matériel

Il convient de réaliser une chaîne de mesure adéquate pour déterminer des performances avant, pendant et après l'essai.

Il convient que la spécification particulière du matériel précise les caractéristiques à enregistrer en permanence.

5.3 Gamme de fréquences

Les fréquences sismiques significatives sont généralement situées entre 1 Hz et 35 Hz. Cette gamme de fréquences est suffisante pour la détermination des fréquences critiques du matériel et pour la réalisation de l'essai. Dans certains cas, la gamme de fréquences d'essai spécifiée entre 1 Hz et 35 Hz peut être étendue ou réduite selon la présence des fréquences critiques, mais ceci nécessite une justification.

The influence of connections, cables, piping, etc., should be taken into account when mounting the equipment. Also, unless justified, the normal "in service" mounting structure of the equipment should be included in the seismic test.

The orientation and mounting of the equipment during the test should be specified and is then the only condition for which the equipment is considered qualified, unless adequate justification can be made to extend the qualification to an untested condition (for instance, if it is proved that the effects of gravity do not influence the behaviour of the equipment).

5.2 *Measurements*

Measurements should be carried out in accordance with IEC Publications 68-2-6, 68-2-57 and 68-2-59 as relevant.

5.2.1 *Vibration measurements at the vibration table*

Vibration measurements at the vibration table are to be made to ensure that the correct levels of vibration are applied at the required measuring positions.

Parameters to be permanently recorded (displacement, velocity, acceleration), the equipment used, and the functions of each transducer (reference, measurement) should be specified.

5.2.2 *Vibration measurements on the equipment*

In addition to the measurements at the vibration table, measurements may be made on the equipment to provide further information about its performance during the test. These latter measurements are not a part of the vibration test requirements.

5.2.3 *Functional monitoring on the equipment*

Monitoring should be adequate to evaluate the performance of the equipment before, during and after the test.

The relevant specification for the equipment should prescribe any characteristics to be permanently recorded.

5.3 *Frequency range*

In earthquakes, the predominant frequencies are generally between 1 Hz and 35 Hz. This range is sufficient to determine the critical frequencies of the equipment and for its testing. In certain cases the test frequency range of 1 Hz to 35 Hz may be extended or reduced dependent on the critical frequencies present, but this should be justified.

SECTION DEUX - CLASSE SISMIQUE GENERALE

La section deux décrit les méthodes d'essai sismiques applicables aux matériels faisant partie de la classe sismique générale pour lesquels l'environnement sismique n'est pas (ou est mal) connu.

6 Epreuve

6.1 Choix du type d'essai

Plusieurs types d'essai peuvent être envisagés pour vérifier l'aptitude des matériels à supporter les contraintes sismiques. Ceux-ci sont indiqués dans le tableau 1.

Pour la classe sismique générale, l'essai de type monoaxial avec sinusoïde modulée ou balayage sinusoïdal est préférentiel pour les raisons exposées ci-dessous:

- a) la sinusoïde modulée, parce que sa forme est similaire à celle de l'onde sismique horizontale au niveau du plancher, dans le cas des constructions simples présentant un seul mode de résonance;
- b) le balayage sinusoïdal, parce qu'il est simple à réaliser, bien qu'il soit moins représentatif des ondes sismiques réelles qui se produisent au niveau du plancher.

Lorsqu'il existe des couplages non négligeables entre les trois axes préférentiels d'essai du matériel ou si l'utilisation des facteurs de correction géométriques n'est pas souhaitable, l'essai de type polyaxial (biaxial ou triaxial) peut être effectué, bien que celui-ci ne soit pas normalement recommandé. Si l'on effectue un essai de type polyaxial en utilisant une onde à fréquence unique telle que la sinusoïde modulée, le balayage sinusoïdal ou la sinusoïde continue, il convient alors de prendre des précautions du fait que les valeurs de crête des accélérations pour les différents axes ne sont pas habituellement en phase. Pour ce type d'essai, il est préférable d'utiliser une onde à fréquences multiples, par exemple un accélérogramme.

Tableau 1 - Choix du type d'essai

Onde d'essai	Type d'essai	
	Essai monoaxial	Essai polyaxial
Balayage sinusoïdal	a	c
Sinusoïde modulée	a	c
Accélérogramme	b	a
Sinusoïde continue	b	c
a = recommandé b = approprié c = normalement non recommandé		