

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-2-35**

Première édition
First edition
1973

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie:

Essais

Essai Fda: Vibrations aléatoires à large bande –
Reproductibilité haute

Basic environmental testing procedures

Part 2:

Tests

Test Fda: Random vibration wide band –
Reproducibility high



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 68-2-35: 1973

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
68-2-35**

Première édition
First edition
1973

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie:

Essais

Essai Fda: Vibrations aléatoires à large bande –
Reproductibilité haute

Basic environmental testing procedures

Part 2:

Tests

Test Fda: Random vibration wide band –
Reproducibility high

© CEI 1973 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

T

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Objet	6
3. Montage et contrôle	6
4. Mesures de la réponse en fréquence et recherche de résonances	10
5. Exigences sur le mouvement vibratoire	12
6. Choix de la méthode de validation	16
7. Mesures initiales	18
8. Excitation avant exécution de l'épreuve	18
9. Epreuve	18
10. Mesures finales	20
ANNEXE A — Méthode de validation utilisant la technique du filtre glissant	30
ANNEXE B — Méthode de validation utilisant la technique des filtres fixes	38
ANNEXE C — Méthode de validation utilisant la technique du balayage en régime sinusoïdal	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Object	7
3. Mounting and control	7
4. Frequency response measurements and resonance searches	11
5. Vibration motion requirements	13
6. Choice of confirmation method	17
7. Initial measurements	19
8. Excitation prior to conditioning	19
9. Conditioning	19
10. Final measurements	21
APPENDIX A — Confirmation method by swept filter technique	31
APPENDIX B — Confirmation method by fixed filter technique	39
APPENDIX C — Confirmation method by swept sinusoidal technique	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES
ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE**

**Deuxième partie: Essais — Essai Fda:
Vibrations aléatoires à large bande – Reproductibilité Haute**

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 50A: Essais de chocs et de vibrations, du Comité d'Etudes N° 50 de la CEI: Essais climatiques et mécaniques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1968. Un nouveau projet fut discuté lors de la réunion tenue à Téhéran en 1969, à la suite de laquelle un projet définitif, document 50A (Bureau Central)133, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Allemagne	Israël
Australie	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pologne
Danemark	Portugal
Etats-Unis	Royaume-Uni
d'Amérique	Suède
Finlande	Tchécoslovaquie
Hongrie	Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

**Part 2: Tests — Test Fda:
Random vibration wide band – Reproducibility High**

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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 50A, Shock and Vibration Tests, of IEC Technical Committee No. 50, Environmental Testing.

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1968. A new draft was discussed at the meeting held in Tehran in 1969, as a result of which a final draft, document 50A(Central Office)133, was submitted to National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Norway
Belgium	Poland
Czechoslovakia	Portugal
Denmark	Sweden
Finland	Turkey
Germany	United Kingdom
Hungary	United States
Israel	of America

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais — Essai Fda: Vibrations aléatoires à large bande — Reproductibilité Haute

1. Introduction

Les exigences fondamentales pour l'essai de vibrations aléatoires à large bande sont données dans la Publication 68-2-34 de la CEI: Essai Fd — Exigences générales. En plus, on a spécifié trois degrés de Reproductibilité possibles, appelés Haute, Moyenne et Basse Reproductibilités et désignés essais Fda, Fdb et Fdc respectivement. Chacun de ceux-ci forme une publication de la CEI séparée, complète avec ses méthodes de validation recommandées. Tous les renseignements dont a besoin le rédacteur de la spécification particulière sont, de ce fait, dans l'essai Fd, alors que ceux qui sont nécessaires à l'ingénieur d'essai sont inclus dans les essais Fda, Fdb ou Fdc suivant ce qui est spécifié.

Il est fortement recommandé à tous les utilisateurs de lire la Publication 68-2-34 de la CEI avec la présente recommandation.

Il convient de noter que deux termes particulièrement importants pour les essais de vibrations aléatoires sont fréquemment mentionnés dans le texte de cette publication.

Ils sont définis ici pour rendre le texte aussi clair que possible pour le lecteur.

La densité spectrale d'accélération (abrégée ci-après en D.S.A.) est la densité spectrale de la variable accélération et s'exprime en unités d'accélération au carré par unité de fréquence.

Le spectre de la D.S.A. définit la façon dont la D.S.A. varie dans la plage de fréquence.

2. Objet

Cet essai a pour objet de vérifier l'aptitude des composants et des matériels à supporter des sévérités spécifiées de vibrations aléatoires.

Cet essai est applicable aux matériels et aux composants qui, en service, peuvent être soumis à des vibrations de nature stochastique. Le but de cet essai est de mettre en évidence une défaillance mécanique ou une dégradation des caractéristiques spécifiées, ou les deux, et d'utiliser ces renseignements avec la spécification particulière pour décider si le spécimen est acceptable ou non.

Pendant l'application de la contrainte mécanique (épreuve) spécifiée par le présent essai, le spécimen est soumis à des vibrations aléatoires d'un niveau donné et dans une large bande de fréquences. En raison des réactions mécaniques complexes du spécimen et de son support, cet essai requiert un soin particulier pour sa préparation et son exécution, ainsi que pour confirmer que l'on a satisfait aux exigences spécifiées.

3. Montage et contrôle

3.1 Généralités

Le spécimen doit être fixé sur le plateau de la machine vibrante soit directement, soit au moyen d'un support comme il est dit plus loin. Les supports de montage doivent être tels que l'on puisse faire vibrer le spécimen suivant les différents axes spécifiés pour l'épreuve.

3.2 Montage des composants

Si le composant est pourvu d'un dispositif de fixation spécifique, il doit être monté à l'aide de ce dispositif de la manière prescrite par la spécification particulière et tout dispositif de bridage supplémentaire créant des contraintes doit être évité.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests — Test Fda: Random vibration wide band – Reproducibility High

1. Introduction

The basic requirements for the random vibration test, wide band, are given in IEC Publication 68-2-34: Test Fd, General Requirements. In addition, three possible degrees of Reproducibility have been specified called High, Medium and Low and designated Test Fda, Fdb and Fdc respectively. Each of these forms a separate IEC publication complete with its recommended confirmation procedures. All the information required by the relevant specification writer is therefore contained in Test Fd, whilst that needed by the test engineer is contained in Tests Fda, Fdb or Fdc, whichever is specified.

It is strongly recommended that all users read IEC Publication 68-2-34 in conjunction with this recommendation.

It should be noted that two terms of particular importance to the subject of random vibration testing are referred to frequently throughout the text of this publication.

They are defined here to ensure that the text is made as clear as possible to the reader.

Acceleration spectral density (hereinafter abbreviated to A.S.D.) is the spectral density of an acceleration variable and is given in units of acceleration squared per unit frequency.

A.S.D. spectrum defines the way the A.S.D. varies within the frequency range.

2. Object

To determine the ability of components and equipment to withstand specified severities of random vibration.

This random vibration test is applicable to components and equipment which may in service be subjected to conditions involving vibration of a stochastic nature. The purpose of the test is to determine mechanical weakness and/or degradation in specified performance and to use this information in conjunction with the relevant specification to decide whether a specimen is acceptable or not.

During the application of the environmental stress (conditioning) specified by this test, the specimen is subjected to random vibration of a given level within a wide frequency band. Due to complex mechanical reactions from the specimen and its fixtures, this test requires particular care in its preparation and performance, and in the confirmation of the specified requirements.

3. Mounting and control

3.1 General

The specimen shall be mechanically connected to the vibrator either directly or by means of a fixture as specified below. Mounting fixtures shall be such as to enable the specimen to be vibrated along the various axes specified for conditioning.

3.2 Mounting of components

If the component is provided with specified means of mounting, these shall be used as prescribed by the relevant specification and any restraining straps shall be avoided.

Si le composant n'est pas pourvu de dispositif de fixation spécifique, il sera monté de telle sorte que l'épreuve charge dynamiquement à la fois le corps et les sorties, ou les sorties seulement, suivant ce que prescrit la spécification particulière.

Sauf spécification contraire, les composants destinés à être montés par leurs sorties doivent être fixés par ces sorties à 6 ± 1 mm de leurs corps. Les connexions extérieures nécessaires pour l'exécution des mesures et l'alimentation des composants ne devraient ajouter à l'ensemble qu'un minimum de contrainte et de masse.

3.3 Montage des matériels

Le matériel doit être assujéti au plateau de la machine vibrante par ses dispositifs normaux de fixation ou comme prescrit par la spécification particulière. Tout support ou système de bridage supplémentaire est à éviter. Tout organe de liaison avec le matériel (tel que câble, tuyau, etc.) devrait être disposé de telle sorte qu'il n'impose pas plus de contrainte ou de masse qu'il ne le ferait lorsque le matériel est en service.

Le matériel prévu pour être utilisé avec amortisseurs de vibrations doit être monté sur ses amortisseurs pendant l'essai, sauf stipulation contraire de la spécification particulière.

3.4 Points de référence et de contrôle

La satisfaction aux exigences de l'essai se vérifie par des mesures faites aux points de référence et aux points de contrôle liés aux points de fixation du spécimen.

Dans le cas d'un grand nombre de petits spécimens montés sur un seul support, les points de référence ou de contrôle, ou les deux, peuvent être liés au support plutôt qu'aux points de fixation des spécimens, lorsque le mode de résonance le plus bas du support chargé est au-dessus de la limite supérieure de fréquence f_z .

3.4.1 Point de fixation

Un point de fixation est défini comme une partie du spécimen en contact avec le support ou la table vibrante en un point où le spécimen est normalement fixé en utilisation. Si une partie de la structure normale de montage est utilisée comme support, les points de fixation seront pris comme étant ceux de la structure de montage et non ceux du spécimen.

3.4.2 Point de contrôle

Un point de contrôle est normalement un point de fixation. Il doit être aussi près que possible du point de fixation et, en tout cas, lui être rigidement lié.

S'il y a quatre ou moins de quatre points de fixation, chacun d'eux devra être utilisé comme point de contrôle. S'il y a plus de quatre points de fixation, quatre d'entre eux, représentatifs et définis par la spécification particulière, serviront de points de contrôle.

Note. — Pour les spécimens grands et complexes, il importe que les points de contrôle soient définis dans la spécification particulière.

3.4.3 Point de référence

Le point de référence est le point unique d'où le signal de référence est obtenu pour s'assurer de la satisfaction aux exigences de l'essai; il est considéré comme représentant le mouvement du spécimen. Ce peut être un point de contrôle ou un point fictif créé par un traitement manuel ou automatique des signaux provenant des points de contrôle.

Si l'on utilise un point fictif, le spectre du signal de référence est défini comme étant la moyenne arithmétique, pour chaque fréquence, des valeurs de la D.S.A. des signaux provenant de tous les points de contrôle. Dans ce cas, la valeur efficace totale du signal de référence est équivalente à la valeur moyenne quadratique de la valeur efficace des signaux provenant des points de contrôle.

La spécification particulière doit indiquer le point à utiliser, ou comment il doit être choisi. Pour les spécimens grands ou complexes, il est recommandé d'utiliser un point fictif.

The mounting of components not provided with specific means of mounting shall be such that the conditioning should dynamically load the body and/or its terminations, as prescribed in the relevant specification.

Unless otherwise specified, components intended for mounting by their leads shall have their leads clamped at 6 ± 1 mm from the body. External connections necessary for measuring and supply purposes should add the minimum restraint and mass.

3.3 *Mounting of equipment*

Equipment shall be fastened to the vibrator table by its normal means of attachment or as stated in the relevant specification. Any additional stays or straps should be avoided. Any connections to the equipment (such as cables, pipes, etc.) should be so arranged that they impose no more restraint or mass than they would when the equipment is installed in its operational position.

Equipment intended for use with vibration isolators should be mounted on its isolators when tested, if not otherwise stated in the relevant specification.

3.4 *Reference and control points*

The test requirements are confirmed by measurements made at a reference point and control points related to the fixing points of the specimen.

In the case of a large number of small specimens mounted on one fixture, the reference and/or the control points may be related to the fixture rather than to the fixing points of the specimens, when the lowest resonance mode of the loaded fixture is above the upper test frequency limit f_2 .

3.4.1 *Fixing point*

A fixing point is defined as a part of the specimen in contact with the fixture or vibration table at a point where the specimen is normally fastened in service. If a part of the real mounting structure is used as the fixture, the fixing points shall be taken as those of the mounting structure and not of the specimen.

3.4.2 *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 shall be used as a control point. If more than four fixing points exist, four representative ones shall be defined in the relevant specification, these to be used as control points.

Note. — For large and/or complex specimens, it is important that the control points are defined in the relevant specification.

3.4.3 *Reference point*

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

If a fictitious point is used, the spectrum of the reference signal is defined as the arithmetic mean at each frequency of the A.S.D. 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. value of the signals from the control points.

The relevant specification shall state the point to be used or how it should be chosen. It is recommended that for large and/or complex specimens a fictitious point be used.

4. Mesures de la réponse en fréquence et recherche de résonances

Les tolérances données dans l'essai de vibrations sinusoïdales dans la Publication 68-2-6 de la C E I, Essai Fc, sont applicables durant les phases d'essai en régime sinusoïdal décrites ci-dessous.

4.1 Amplitude sinusoïdale

Sauf indication contraire de la spécification particulière, l'amplitude sinusoïdale à utiliser pour les recherches de résonances et les mesures de réponse en fréquence est déterminée par le niveau de D.S.A. spécifié (voir tableau I). Cette amplitude doit être appliquée au point de référence. Si l'on doit utiliser un point de référence fictif pendant l'épreuve en vibrations aléatoires, l'amplitude sinusoïdale sera appliquée au point de contrôle.

TABLEAU I

Niveau spécifié		Amplitude sinusoïdale (valeurs de crête)	
$(m/s^2)^2/Hz$	g^2/Hz	m/s^2	g
< 4,8	(< 0,05)	9,8	(1,0)
4,8-19,2	(0,05-0,2)	14,7	(1,5)
> 19,2	(> 0,2)	19,6	(2,0)

4.2 Exécution de la mesure de la réponse en fréquence

Les méthodes de validation de la D.S.A. demandent toujours une mesure de la réponse en fréquence dans la direction désirée et au point de référence, le spécimen étant en place.

La gamme de fréquence doit être balayée avec un signal sinusoïdal de f_1 à f_2 et retour, à une vitesse de balayage ne dépassant pas 1 octave/min. Pendant le balayage l'amplitude sinusoïdale au point de référence doit être maintenue constante (voir paragraphe 4.1) tandis que l'on mesure la tension alternative d'attaque de l'amplificateur de puissance.

La tension mesurée est, en fonction de la fréquence, approximativement l'inverse de la réponse en fréquence. Pour tenir compte des limitations de déplacement de la machine vibrante, l'amplitude de l'accélération sinusoïdale peut être réduite vers les basses fréquences; il faut prendre ceci en considération lors du calcul de la réponse en fréquence.

On mesurera l'accélération à tous les points de contrôle. Les mesures en transverse sont à faire comme indiqué au paragraphe 5.3. L'utilisation d'égaliseurs d'excitateur (appareil utilisé pour corriger la réponse à vide du vibreur), de filtres passe-bas (pour couper au-dessus de f_2), de filtres passe-haut (pour couper au-dessous de f_1) et d'autres systèmes à large bande est autorisée pour mesurer la réponse en fréquence. Les égaliseurs à bande étroite, tels que filtres de pointe et de creux, ne doivent pas être insérés pendant cette mesure.

Le rapport des amplitudes de pointe et de creux A_p/A_n (voir figure 1, page 26) est défini comme le rapport entre les valeurs maximale et minimale de la réponse en fréquence. On peut mesurer cette quantité sans fréquencesmètre précis.

Le rapport des fréquences de pointe et de creux (B_{pn}) (voir figure 2, page 26) est défini à partir de l'équation ci-dessous où f_p est la fréquence de la pointe et f_n celle du creux. On ne peut faire cette mesure qu'avec un fréquencesmètre précis:

$$B_{pn} = \frac{|f_p - f_n|}{\sqrt{f_p f_n}}$$

4. Frequency response measurements and resonance searches

The tolerances given in the sinusoidal vibration test in I E C Publication 68-2-6, Test Fc, shall apply during the following sinusoidal test phases.

4.1 Sinusoidal amplitude

Unless otherwise stated in the relevant specification, the sinusoidal amplitude to be used for resonance searches and frequency response measurements is determined by the specified A.S.D. level (see Table I). This amplitude shall be applied at the reference point. Where a fictitious reference point is to be used during the random vibration conditioning, this sinusoidal amplitude shall be applied at a control point.

TABLE I

Specified level		Sinusoidal amplitude (peak values)	
$(\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$	g^2/Hz	m/s^2	g
< 4.8	(< 0.05)	9.8	(1.0)
4.8-19.2	(0.05-0.2)	14.7	(1.5)
> 19.2	(> 0.2)	19.6	(2.0)

4.2 Frequency response measurement procedure

The A.S.D. confirmation methods always require a frequency response measurement in the intended direction at the reference point with the specimen mounted.

The frequency range shall be swept with a sinusoidal signal from f_1 to f_2 and back, at a sweep rate not exceeding 1 octave/min. During the sweep, the sinusoidal amplitude at the reference point shall be kept constant in accordance with Sub-clause 4.1, while the a.c. input voltage to the power amplifier shall be measured.

The measured voltage, as a function of frequency, is an approximation of the inverse of the frequency response. To take care of the displacement limitations of the vibrator, the sinusoidal acceleration amplitude may be reduced at the low frequency end, and this shall be taken into consideration when calculating the frequency response.

The acceleration shall be measured at all control points. Transverse measurements should be made as stated in Sub-clause 5.3. Exciter equalizers (instruments used to correct for the general response of the unloaded vibrator), low-pass filters (to reject above f_2), high-pass filters (to reject below f_1) and other broad band types are allowed when measuring the frequency response. Narrow band equalizers, such as peak-notch filters, shall not be inserted during this measurement.

The *peak-notch amplitude ratio* A_p/A_n (see Figure 1, page 26) is determined as the ratio between the maximum and minimum values of the frequency response. This quantity can be measured without using an accurate frequency meter.

The *peak-notch frequency ratio* (B_{pn}) (see Figure 2, page 26) is determined from the equation below where f_p is the frequency of the peak and f_n the frequency of the notch. This measurement can be done only with an accurate frequency meter:

$$B_{pn} = \frac{|f_p - f_n|}{\sqrt{f_p f_n}}$$

Dans les méthodes de validation de la D.S.A. décrites dans les annexes A et B, il est fait mention des plus sévères paires de pointes et de creux. Si l'on doit utiliser le rapport des fréquences de pointe et de creux, il faut mesurer les quantités A_p/A_n et B_{pn} pour plusieurs paires (quatre dans le cas de la figure 2) et estimer les erreurs d'analyse et l'ondulation résiduelle pour chaque paire, afin de trouver celle qui est la plus défavorable.

4.3 Exécution de la recherche de résonances

Si la spécification particulière prescrit des recherches de résonances, la recherche initiale de résonances peut, jusqu'à un certain point, être faite en même temps que la mesure de la réponse en fréquence. On exécute alors en régime sinusoïdal un balayage complet (aller et retour) de la gamme de fréquence.

Pendant les recherches, on examinera le spécimen pour déterminer les fréquences auxquelles :

- un mauvais fonctionnement ou une altération des propriétés du spécimen se produisent du fait des vibrations;
- des résonances mécaniques apparaissent.

Le balayage peut être interrompu pour examiner plus soigneusement les effets et déterminer exactement les fréquences.

Pendant la recherche initiale de résonances, tous les niveaux et fréquences auxquels ces effets apparaissent doivent être notés en vue de les comparer à ceux qui seront trouvés lors de la recherche finale de résonances. La spécification particulière doit préciser l'action à entreprendre s'il apparaît un changement quelconque de la fréquence de résonance.

S'il y a lieu, on fera fonctionner le spécimen pendant la recherche de résonances. S'il n'est pas possible d'évaluer le comportement mécanique du spécimen sous l'effet des vibrations parce qu'il est en fonctionnement, on fera un essai supplémentaire de recherche de résonances, le spécimen n'étant pas mis en fonctionnement.

Les dispositions prises pour détecter l'effet produit sur les parties internes du spécimen ne doivent pas modifier de manière appréciable son comportement dynamique global.

Il peut être nécessaire de prévoir en fin d'épreuve un certain temps pour permettre au spécimen de se retrouver dans les mêmes conditions qu'au début de la recherche initiale de résonances, par exemple en ce qui concerne la température.

5. Exigences sur le mouvement vibratoire

5.1 Mouvement fondamental

Le mouvement fondamental aux points de fixation du spécimen doit être rectiligne et de nature stochastique, avec distribution normale (gaussienne) des valeurs instantanées de l'accélération. Les points de fixation doivent, en outre, avoir des mouvements sensiblement identiques.

5.2 Distribution

La distribution des valeurs instantanées d'accélération au point de référence doit être normale à l'intérieur de la bande de tolérance donnée à la figure 3, page 27. Si l'on utilise un point fictif, la distribution s'applique à un point de contrôle.

Note. — Pour la plupart des équipements d'essai en vibrations aléatoires, la distribution tombe à l'intérieur de la bande de tolérance; en conséquence, la validation n'a besoin d'être faite que dans des circonstances exceptionnelles. Néanmoins, il est recommandé que, chaque fois qu'il est possible, le forme d'onde de l'accélération soit examinée visuellement pour s'assurer de la présence de pointes d'au moins 2,5 fois la valeur efficace du signal.

5.3 Spectre de D.S.A. et accélération efficace totale

Le niveau de D.S.A. et la gamme de fréquence sont donnés dans la spécification particulière. Le spectre de D.S.A. doit être comme indiqué à la figure 4, page 28. Ces quantités déterminent ensemble la valeur nominale efficace totale de l'accélération. On peut trouver cette valeur dans les tableaux IIIa) et IIIb).

In the A.S.D. confirmation methods of Appendices A and B, the most severe peak-notch pairs are mentioned. If the peak-notch frequency ratio is to be used, the quantities A_p/A_n and B_{pn} shall be measured for several pairs (four pairs in Figure 2) and the analysing errors and remaining ripple estimated for each pair in order to find the most severe one.

4.3 *Resonance search procedure*

If the relevant specification calls for resonance searches, the initial resonance search can, to some extent, be done at the same time as the frequency response measurement. A complete sinusoidal sweep (up and down) of the frequency range shall be carried out.

During the searches, the specimen shall be examined in order to determine frequencies at which:

- specimen malfunctioning and/or deterioration of performance are exhibited which are dependent on vibration;
- mechanical resonances occur.

The sweep may be interrupted in order to examine the effects more carefully and to find the exact frequencies.

During the initial resonance search, all frequencies and amplitudes at which these effects occur shall be noted for comparison with those found in the final search. The relevant specification shall state what action should be taken if any change of resonance frequency occurs.

The specimen shall be functioning during the resonance search, if appropriate. Where the mechanical vibrational characteristics cannot be assessed because the unit is functioning, an additional resonance search with the specimen non-functioning shall be carried out.

Any arrangement made to detect the effect upon internal parts shall not substantially change the dynamic behaviour of the specimen as a whole.

It may be necessary to provide a period of time after the conditioning in which to allow the specimen to attain the same condition as existed at the beginning of the initial resonance search, e.g. as regards temperature.

5. **Vibration motion requirements**

5.1 *Basic motion*

The basic motion of the fixing points of the specimen shall be rectilinear and of a stochastic nature with a normal (gaussian) distribution of instantaneous acceleration values. They shall also have substantially identical motions.

5.2 *Distribution*

The distribution of instantaneous acceleration values at the reference point shall be normal within the tolerance band given in Figure 3, page 27. If a fictitious point is used the distribution applies to a control point.

Note. — For most random vibration testing, the distribution falls within the tolerance band; therefore confirmation need only be done in exceptional circumstances. Nevertheless, where possible, it is recommended that the acceleration waveform be visually examined to ensure that peaks of at least 2.5 times the r.m.s. value of the signal are present.

5.3 *A.S.D. spectrum and total r.m.s. acceleration*

The A.S.D. level and frequency range are stated in the relevant specification. The A.S.D. spectrum shall be as shown in Figure 4, page 28. These quantities together determine the nominal total r.m.s. value of the acceleration. (This value can be found in Tables IIIa) and IIIb).)

Les tolérances sur la valeur vraie de la D.S.A. et sur l'accélération efficace totale vraie sont données dans le tableau II. Comme on peut le voir dans ce tableau, les tolérances sur l'accélération efficace totale vraie sont beaucoup plus serrées que sur la D.S.A. vraie.

TABLEAU II

Tolérances en dB sur			
la D.S.A. vraie			l'accélération efficace totale vraie (de f_1 à f_2) dans la direction désirée
dans la direction désirée		dans la direction transversale	
au point de référence	aux points de contrôle	au(x) point(s) de contrôle	au point de référence
$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	$< + 5,0$	$\pm 1,0$

Au-dessus de la limite supérieure de fréquence f_2 et jusqu'à $2f_2$, le spectre de D.S.A. doit se trouver au-dessous de la droite à pente de 6 dB/octave donnée à la figure 4, page 28. De plus, l'accélération efficace dans la bande f_2-10f_2 (ou f_2-10 kHz si cette bande est plus étroite) ne doit pas dépasser 25% (— 12 dB) de l'accélération efficace totale requise dans la bande de fréquence spécifiée.

Les mesures d'accélération pour validation du mouvement doivent être faites dans la direction désirée à tous les points de contrôle et au point de référence. Des mesures doivent aussi être faites, dans deux directions transversales et orthogonales, au point de contrôle le plus éloigné du centre du plan de montage. Pour les structures de grande taille, il est recommandé de mesurer l'accélération transversale en plus d'un point de contrôle.

La validation de la D.S.A. peut être faite par toute méthode appropriée aux tolérances données. Cependant, comme la validation implique des difficultés techniques considérables, il est fortement recommandé de choisir parmi les méthodes de validation données dans les annexes A à C. L'article 6 ci-après donne des indications pour faciliter ce choix.

Note. — Dans le cas particulier où un spectre en forme est spécifié, on peut encore utiliser les méthodes de validation données dans les annexes A à C.

Il faut noter, en ce qui concerne le traitement automatique des signaux des points de contrôle à l'aide d'une exploration séquentielle de ces points permettant de créer le point fictif, que cette technique n'est pas permise pour la validation du niveau de la D.S.A. sans faire de corrections pour les sources d'erreur telles que la largeur de bande de l'analyseur, la durée d'échantillonnage, etc.

5.4 Valeurs de l'accélération efficace totale dans la gamme de fréquence spécifiée

Les valeurs de l'accélération efficace totale requises sont données dans les tableaux IIIa) et IIIb). Pour valider ces valeurs, il faut utiliser un filtre passe-bas. Ce filtre passe-bas doit avoir sa fréquence de coupure (point à 3 dB) à la fréquence f_2 . Si la bande passante à 3 dB diffère de plus de 2% de la bande équivalente de bruit obtenue en mesurant le signal de sortie du filtre attaqué par un bruit blanc, il faut en tenir compte en utilisant les valeurs efficaces calculées que donne le tableau.

Note. — Il est permis de vérifier l'accélération efficace totale par un traitement automatique des signaux des points de contrôle créant le point fictif à partir d'une exploration séquentielle de ces points.