

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 aleatoires 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-35:1973

---

## 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

WATERMARK: IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-35:1973

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 d'Amérique	Royaume-Uni
Finlande	Suède
Hongrie	Tchécoslovaquie
	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  $6 \pm 1$  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  $6 \pm 1$  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 <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	g <sup>2</sup> /Hz	m/s <sup>2</sup>	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 fréquencemètre 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 fréquencemètre 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)	
(m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz	g <sup>2</sup> /Hz	m/s <sup>2</sup>	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
± 3,0	± 5,0	< ± 5,0	± 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.

The tolerances on the true A.S.D. and true total r.m.s. acceleration are given in Table II. As seen from this table the tolerance on the true total r.m.s. is considerably tighter than the tolerance on the true A.S.D.

TABLE II

Tolerance limits in dB for:			
True A.S.D.			True total r.m.s. acceleration ( $f_1$ to $f_2$ ) in the intended direction
In the intended direction		In the transverse direction	
Reference point	Control points	Control point(s)	Reference point
$\pm 3.0$	$\pm 5.0$	$< + 5.0$	$\pm 1.0$

Above the upper frequency limit  $f_2$  the A.S.D. spectrum up to  $2f_2$  is required to be below the 6 dB/octave slope shown in Figure 4, page 28. In addition the r.m.s. acceleration in the band from  $f_2$  to  $10f_2$  or 10 kHz, whichever is less, shall not exceed 25% (– 12 dB) of the total r.m.s. acceleration required within the specified frequency range.

Acceleration measurements for confirmation of the motion requirements shall be made in the intended direction at all control points and at the reference point. Measurements shall also be made in two perpendicular transverse directions at the control point furthest from the centre of the mounting plane. For large structures it is recommended that the transverse acceleration is measured at more than one control point.

Confirmation of the A.S.D. tolerances may be performed with any method appropriate to the tolerances given. As the confirmation involves considerable engineering difficulties, however, it is strongly recommended that the choice be made from the confirmation methods given in Appendices A to C. Guidance to assist in making this choice is given in Clause 6 below.

*Note.* — In the special case where a shaped spectrum is specified, the confirmation methods given in Appendices A to C may still be used.

It should be noted that automatic processing of the signals from the control points using a scanning technique to create the fictitious point is not permitted for confirmation of the A.S.D. level without correcting for such sources of error as analyser bandwidth, sampling time, etc.

#### 5.4 Total r.m.s. acceleration values within the specified frequency range

The required total r.m.s. acceleration values are given in Tables IIIa) and IIIb). In order to confirm these values a low-pass filter shall be used. This low-pass filter shall have its cut-off frequency (3 dB point) at the frequency  $f_2$ . If the 3 dB bandwidth differs by more than 2% from the equivalent noise bandwidth obtained when measuring the output from the filter with a white noise input signal, this should be taken into consideration when using the calculated r.m.s. values of the table.

*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.

### 5.5 *Limitations de déplacement*

Tous les vibrateurs ont des limitations de déplacement. Il peut être nécessaire d'insérer un filtre passe-haut avant l'amplificateur de puissance afin de limiter les déplacements de crête.

*Note.* — S'il faut réduire la D.S.A. dans la région des fréquences basses à cause des limites de déplacement du vibrateur, cette réduction sera notée et agréée par le client et le fournisseur.

## 6. **Choix de la méthode de validation**

Dans les annexes A à C, trois méthodes de validation de la D.S.A. sont données en tant qu'exécutions recommandées.

### 6.1 *Critères pour ce choix*

Il est nécessaire de considérer les critères suivants quand on choisit une méthode de validation:

- gamme de fréquence spécifiée;
- exigences spéciales de la spécification particulière;
- caractéristiques de la réponse mécanique du spécimen;
- force du vibrateur;
- taille, rigidité et masse de l'équipage mobile du vibrateur;
- rigidité et masse du support;
- type d'instrumentation disponible;
- caractéristiques de l'instrumentation disponible (par exemple, bande passante du filtre, gamme dynamique, gamme de fréquence, vitesses de balayage disponibles, bruit et souffle).

### 6.2 *Domaine d'application des méthodes de validation recommandées*

Les méthodes de validation données dans les annexes A à C sont applicables pourvu que les erreurs fondamentales qu'implique leur usage ne retirent pas à l'essai sa validité.

La méthode de validation décrite dans l'annexe A (technique du filtre glissant) prend beaucoup de temps. La validation du spectre de D.S.A., à l'aide d'enregistreurs magnétiques pour enregistrer l'accélération en fonction du temps pendant l'épreuve et l'analyse, peut être requise si la gamme de fréquence est large et la durée de l'épreuve courte.

La méthode de validation décrite dans l'annexe B (technique des filtres fixes) peut être utilisée chaque fois que les bandes passantes des filtres utilisés sont suffisamment étroites et que la réaction des résonances du spécimen sur le système est peu importante. Pour certains spécimens et certaines bandes passantes de filtres, on ne peut pas utiliser cette méthode de validation en basse fréquence. Des enregistreurs magnétiques peuvent aussi être nécessaires pour cette méthode.

La méthode de validation décrite dans l'annexe C (technique du balayage en régime sinusoïdal) ne peut être utilisée que lorsque le spécimen est essentiellement identique à des spécimens pour lesquels une validation a pu être faite antérieurement, avec le même support, par des méthodes directes de validation telles que les méthodes des annexes A et B. Cette méthode de validation peut présenter des avantages lorsque l'on dispose d'une instrumentation simple et que le spécimen est très rigide ou très petit par rapport à toute la masse mobile rigide, par exemple de petits composants électroniques montés sur un bloc-support rigide. Les égaliseurs à bande étroite ne sont pas autorisés. Ce mode opératoire ne nécessite pas de matériel d'analyse compliqué chaque fois que l'on exécute l'essai.

### 6.3 *Méthodes de validation mixtes*

Les méthodes de validation recommandées doivent donner la même reproductibilité. Dans certains cas toutefois, les erreurs d'analyse ou l'ondulation résiduelle (pour les définitions, voir annexes A et B) peuvent devenir prohibitivement grandes dans certaines parties de la gamme de fréquence. Dans d'autres cas, le temps d'analyse peut devenir trop long. Ces difficultés entraînent souvent l'utilisation de méthodes de validation différentes dans les différentes parties de la gamme de fréquence.

### 5.5 *Displacement limitations*

All vibrators have displacement limitations. It may be necessary to insert a high-pass filter before the power amplifier in order to limit the peak displacements.

*Note.* — If the A.S.D. must be reduced in the low frequency region due to the displacement limits of the vibrator, the reduction shall be noted and agreed between customer and supplier.

## 6. **Choice of confirmation method**

In Appendices A to C three A.S.D. spectrum confirmation methods are given as recommended procedures.

### 6.1 *Criteria for choice*

The following criteria will need to be considered when choosing a confirmation method.

- specified frequency range;
- special requirements in relevant specification;
- mechanical response characteristics of the specimen;
- force of vibrator;
- size, rigidity and weight of vibrator moving element;
- rigidity and weight of fixture;
- type of available instrumentation;
- characteristics of available instrumentation (e.g. filter bandwidth, dynamic range, frequency range, available sweep rates, hum and noise).

### 6.2 *Applicability of the recommended confirmation methods*

The recommended confirmation methods given in Appendices A to C are applicable provided that the fundamental errors involved in their use do not invalidate the test.

The confirmation method by the swept filter technique given in Appendix A is very time consuming. Confirmation of the A.S.D. spectrum, using tape recorders to record the acceleration-time history during conditioning and subsequent analysis, may be required if the frequency range is wide and duration of conditioning short.

The confirmation method by the fixed filter technique given in Appendix B may be used wherever the filter bandwidths are sufficiently narrow and the reaction of the specimen resonances on the system is not significant. For some specimens and filter bandwidths, it is not possible to use this confirmation method at the lower frequencies. Tape recorders may also be necessary for this confirmation method.

The confirmation method by the swept sinusoidal technique given in Appendix C may only be used when the specimen is essentially identical to specimens previously confirmed in the same fixture by direct confirmation methods such as those in Appendices A and B. This method may be advantageous in cases when simple instrumentation is available and the specimen is very rigid or very small compared to a rigid total moving mass, e.g. small electronic components mounted on a rigid block fixture. Narrow band equalizers are not allowed. The procedure does not need sophisticated analysis equipment every time the test is performed.

### 6.3 *Mixed confirmation methods*

The confirmation methods recommended are intended to give the same reproducibility. In some cases however, the analysing errors or remaining ripple (for definitions see Appendices A and B) may become prohibitively large in certain parts of the frequency range. In other cases, the analysis time may become too long. These problems often necessitate the use of different confirmation methods in different parts of the frequency range.

Il importe de noter que, même si l'on utilise des méthodes de validation mixtes, l'épreuve doit être exécutée en une seule fois sur toute la gamme de fréquence. L'essai ne peut pas être divisé, même pour des spectres ayant plus d'un niveau de D.S.A. spécifié.

## 7. Mesures initiales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications électriques et mécaniques prescrites par la spécification particulière.

Si la spécification particulière requiert de faire des recherches de résonances avant et après épreuve, toute la séquence des opérations, y compris la recherche de résonances, sera exécutée suivant un premier axe et répétée ensuite suivant les autres axes. La méthode de recherche de résonances est donnée au paragraphe 4.3.

## 8. Excitation avant exécution de l'épreuve

Quand on utilise des vibrations sinusoïdales pour les mesures de réponse en fréquence ou les recherches de résonances, la durée de cette phase doit être aussi courte que possible. L'amplitude à utiliser est donnée au paragraphe 4.1.

La totalité de l'essai, y compris la mesure de la réponse en fréquence, les recherches de résonances et l'épreuve, doit être exécutée sans enlever le spécimen du vibreur. L'essai est alors entièrement repris pour chacun des autres axes de vibration.

Avant exécution de l'épreuve en vibrations aléatoires au niveau spécifié, il peut être nécessaire d'effectuer, à plus bas niveau, une excitation préliminaire en vibrations aléatoires du spécimen à essayer, aux fins d'égalisation et d'analyse préliminaire. Il importe qu'à ce moment le niveau et la durée d'application soient aussi réduits que possible.

Lorsqu'on travaille en vibrations aléatoires, les temps de préparation suivants sont alloués :

- < 25% du niveau spécifié : pas de limite de durée ;
- entre 25% et 50% du niveau spécifié : 1,5 fois la durée d'épreuve spécifiée ;
- entre 50% et 100% du niveau spécifié : 10% de la durée d'épreuve spécifiée.

Il faut noter que ces temps de préparation ne doivent pas venir en déduction de la durée d'épreuve spécifiée.

## 9. Epreuve

Sauf prescription contraire de la spécification particulière, on doit faire vibrer le spécimen successivement suivant trois axes perpendiculaires entre eux et choisis de telle sorte que les défaillances aient toutes chances d'être mises en évidence. La sévérité doit être donnée par la spécification particulière.

S'il y a lieu, et sauf prescription contraire de la spécification particulière, les matériels doivent être en fonctionnement pendant l'épreuve afin de mettre en évidence aussi bien les effets sur le fonctionnement que les effets mécaniques.

Pour les composants, la spécification particulière doit stipuler si des vérifications électriques sont requises pendant l'épreuve, et à quelle phase de l'épreuve elles sont prescrites.

L'accélération efficace totale dans la bande de fréquence spécifiée doit être mesurée et contrôlée pendant toute la durée de l'épreuve. Les valeurs appropriées sont données dans les tableaux IIIa) et IIIb) et les tolérances au paragraphe 5.3.

L'accélération efficace au-delà de  $f_2$  doit être mesurée au début et à la fin de l'épreuve.

L'accélération efficace dans la bande  $f_2-10 f_2$  (ou 10 kHz si cette valeur est plus petite) ne doit pas dépasser 25% (— 12 dB) de l'accélération efficace totale requise dans la gamme de fréquence spécifiée.

It is important to notice that even if mixed confirmation methods are used, the conditioning shall be applied simultaneously over the whole frequency range. The test shall not be split, even for spectra having more than one specified A.S.D. level.

7. **Initial measurements**

The specimen shall be electrically and mechanically checked, as required by the relevant specification.

If the relevant specification calls for resonance searches before and after conditioning, the complete test sequence including resonance searches should be performed in one axis and repeated for the other axes. The resonance search procedure is given in Sub-clause 4.3.

8. **Excitation prior to conditioning**

When applying sinusoidal vibration for frequency response measurements or resonance searches the time should be kept to a minimum. The amplitude to be used is given in Sub-clause 4.1.

The complete test sequence, including frequency response measurement, any resonance searches and the conditioning shall be carried out without removing the specimen from the vibrator. The complete test sequence is then repeated in each of the other axes.

Prior to the application of the random vibration conditioning at the specified level, a preliminary random excitation of the actual test specimen may be necessary at a lower level for equalization and preliminary analysis. It is important that at this time the level and time of application be kept to a minimum.

When applying random vibration the permitted set-up time is as follows:

- < 25% of the specified level: no time limit,
- 25%-50% of the specified level: 1.5 times the specified test time;
- 50%-100% of the specified level: 10% of the specified test time.

It should be noted that these set-up times shall not be subtracted from the specified duration of conditioning.

9. **Conditioning**

Unless otherwise stated in the relevant specification, the specimen shall be vibrated in three mutually perpendicular axes in turn, which should be so chosen that faults are most likely to be revealed. The severity is to be found in the relevant specification.

Unless otherwise stated by the relevant specification, equipment should be functioning during the conditioning, if appropriate, in order to determine functional as well as mechanical effects.

For components, the relevant specification shall state whether or not electrical checks are required during conditioning and at what stage in the conditioning they are required.

During the entire conditioning period the total r.m.s. acceleration within the specified frequency range shall be measured and controlled. The appropriate values are given in Tables IIIa) and IIIb) and the tolerances are given in Sub-clause 5.3.

At the beginning and end of the conditioning, the r.m.s. acceleration above  $f_2$  shall be measured.

The r.m.s. acceleration in the band from  $f_2$  to  $10 f_2$  or 10 kHz, whichever is less, shall not exceed 25% (— 12 dB) of the total r.m.s. acceleration required within the specified frequency range.

Quand on utilise des méthodes de validation telles que celles des annexes A et B, on doit prélever des échantillons de l'évolution de l'accélération instantanée en fonction du temps afin de valider le spectre de D.S.A. Chaque échantillon doit couvrir une durée minimale égale à deux fois le temps maximal pris par l'équipement d'analyse pour déterminer la moyenne. Il suffit d'un échantillon lorsque les durées d'épreuve ne dépassent pas 10 min. Pour des durées plus longues, des échantillons doivent être prélevés au début et à la fin de l'épreuve. Si, durant l'épreuve, on modifie les réglages du système de vibration, il faut prélever un échantillon supplémentaire aussitôt après la modification. Pour les longues durées d'épreuve, il est recommandé de prélever des échantillons supplémentaires pendant l'épreuve.

La validation de la D.S.A. devra être faite soit pendant, soit après l'épreuve, suivant la méthode de validation employée.

#### 10. Mesures finales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications électriques et mécaniques prescrites par la spécification particulière.

Si des recherches de résonances sont requises, on fera une recherche finale des résonances suivant les indications du paragraphe 4.3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-25:1973

When using confirmation methods such as those given in Appendices A and B, samples of the instantaneous acceleration time history shall be taken during the conditioning for the purpose of confirmation of the A.S.D. spectrum. Each sample shall extend over a minimum period of time of twice the maximum averaging time of the analysis equipment used. One sample is sufficient for conditioning durations not exceeding 10 min. For longer durations, samples shall be taken at the beginning and end of the conditioning. If a change in the settings of the vibration system is made during the endurance conditioning, an additional sample shall be taken immediately following the change. For long durations of conditioning it is recommended that additional samples are taken during the conditioning period.

The A.S.D. confirmation shall be done either during or after the conditioning, in accordance with the confirmation method used.

10. **Final measurements**

The specimen shall be electrically and mechanically checked as required by the relevant specification.

If resonance searches are required, a final resonance search shall be performed as described in Sub-clause 4.3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-25:2013  
WithDrawn

TABLEAU IIIa)

Valeurs de l'accélération efficace totale

Ce tableau donne l'accélération efficace totale en «g» pour un spectre rectangulaire, pour chaque gamme de fréquence et chaque D.S.A.

D.S.A. spécifiée g <sup>2</sup> /Hz	Gamme de fréquence spécifiée de $f_1$ à $f_2$ (Hz)											
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2 000	20-5 000	50-2 000	50-5 000	
0,0005	0,27	0,31	0,26	0,31	0,26	0,30	0,49	1,0	1,6	0,47	1,0	1,6
0,001	0,38	0,44	0,37	0,44	0,36	0,43	0,69	1,4	2,2	0,67	1,4	2,2
0,002	0,54	0,63	0,53	0,62	0,51	0,60	0,98	2,0	3,2	0,95	2,0	3,2
0,005	0,85	0,99	0,84	0,98	0,81	0,95	1,6	3,2	5,0	1,5	3,1	5,0
0,01	1,2	1,4	1,2	1,4	1,1	1,3	2,2	4,5	7,1	2,1	4,4	7,0
0,02	1,7	2,0	1,7	1,9	1,6	1,9	3,1	6,3	10	3,0	6,3	10
0,05	2,7	3,1	2,6	3,1	2,6	3,0	4,9	10	16	4,7	10	16
0,1	3,8	4,4	3,7	4,4	3,6	4,3	6,9	14	22	6,7	14	22
0,2	5,4	6,3	5,3	6,2	5,1	6,0	9,8	20	32	9,5	20	32
0,5	8,5	9,9	8,4	9,8	8,1	9,5	16	32	50	15	31	50
1,0	12	14	12	14	11	13	22	45	71	21	44	70
2,0	17	20	17	19	16	19	31	63	100	30	63	100
5,0	27	31	26	31	26	30	49	100	158	47	100	157
10,0	38	44	37	44	36	43	69	141	223	67	140	222

Valeurs de l'accélération efficace totale (en «g»)

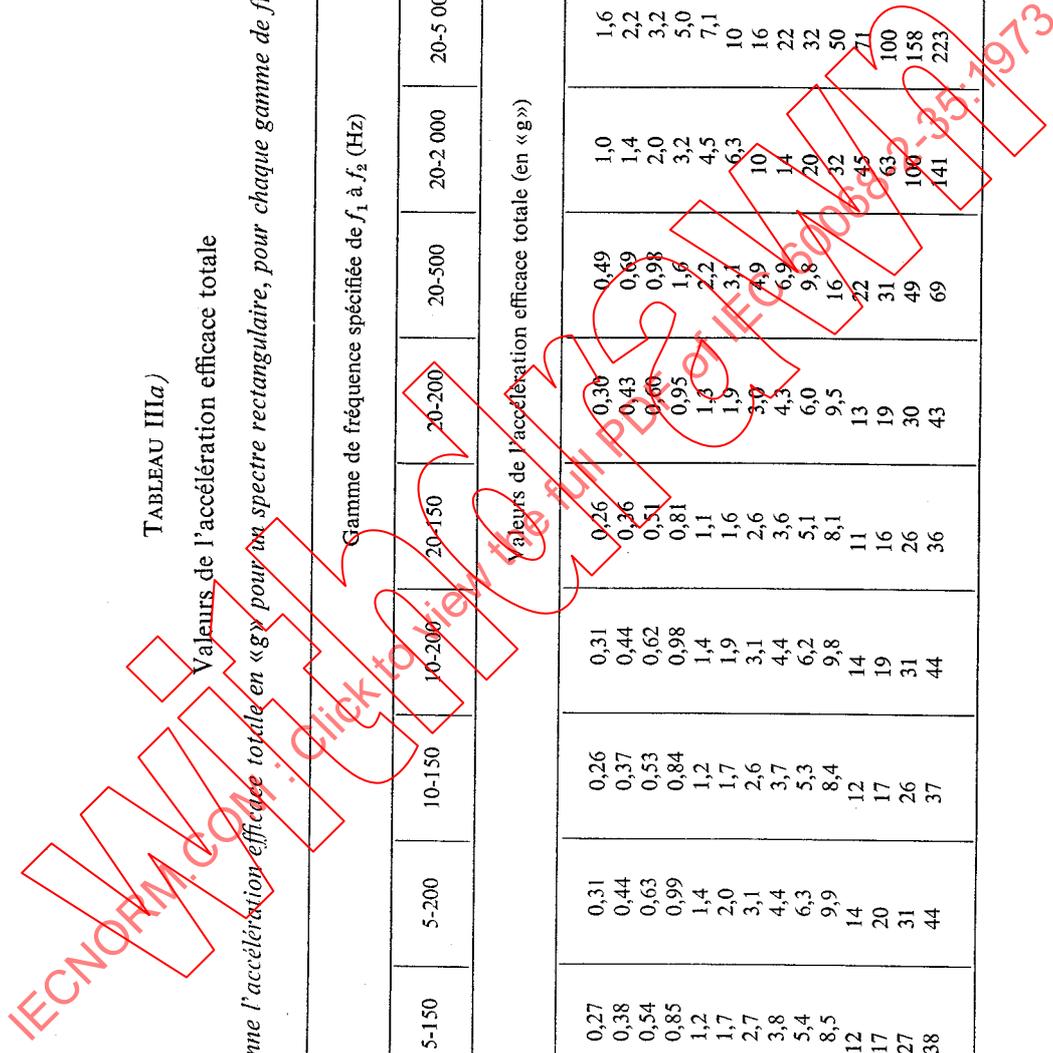


TABLE III(a)

Total r.m.s. acceleration values

The table shows the total r.m.s. acceleration in "g" units for a square-shaped spectrum for each frequency range and each A.S.D.

Specified A.S.D. g <sup>2</sup> /Hz	Specified frequency range from $f_1$ to $f_2$ (Hz)										Total r.m.s. acceleration (in "g" units)		
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2 000	20-5 000	50-2 000		50-5 000	
0.0005	0.27	0.31	0.26	0.31	0.26	0.30	0.49	1.0	1.6	0.47	1.0	1.6	1.6
0.001	0.38	0.44	0.37	0.44	0.36	0.43	0.69	1.4	2.2	0.67	1.4	2.2	2.2
0.002	0.54	0.63	0.53	0.62	0.51	0.60	0.98	2.0	3.2	0.95	2.0	3.2	3.2
0.005	0.85	0.99	0.84	0.98	0.81	0.95	1.6	3.2	5.0	1.5	3.1	5.0	5.0
0.01	1.2	1.4	1.2	1.4	1.1	1.3	2.2	4.5	7.1	2.1	4.4	7.0	7.0
0.02	1.7	2.0	1.7	1.9	1.6	1.9	3.1	6.3	10	3.0	6.3	10	10
0.05	2.7	3.1	2.6	3.1	2.6	3.0	4.9	10	16	4.7	10	16	16
0.1	3.8	4.4	3.7	4.4	3.6	4.3	6.9	14	22	6.7	14	22	22
0.2	5.4	6.3	5.3	6.2	5.1	6.0	9.8	20	32	9.5	20	32	32
0.5	8.5	9.9	8.4	9.8	8.1	9.5	16	32	50	15	31	50	50
1.0	12	14	12	14	11	13	22	45	71	21	44	70	70
2.0	17	20	17	19	16	19	31	63	100	30	63	100	100
5.0	27	31	26	31	26	30	49	100	158	47	100	157	157
10.0	38	44	37	44	36	43	69	141	223	67	140	222	222

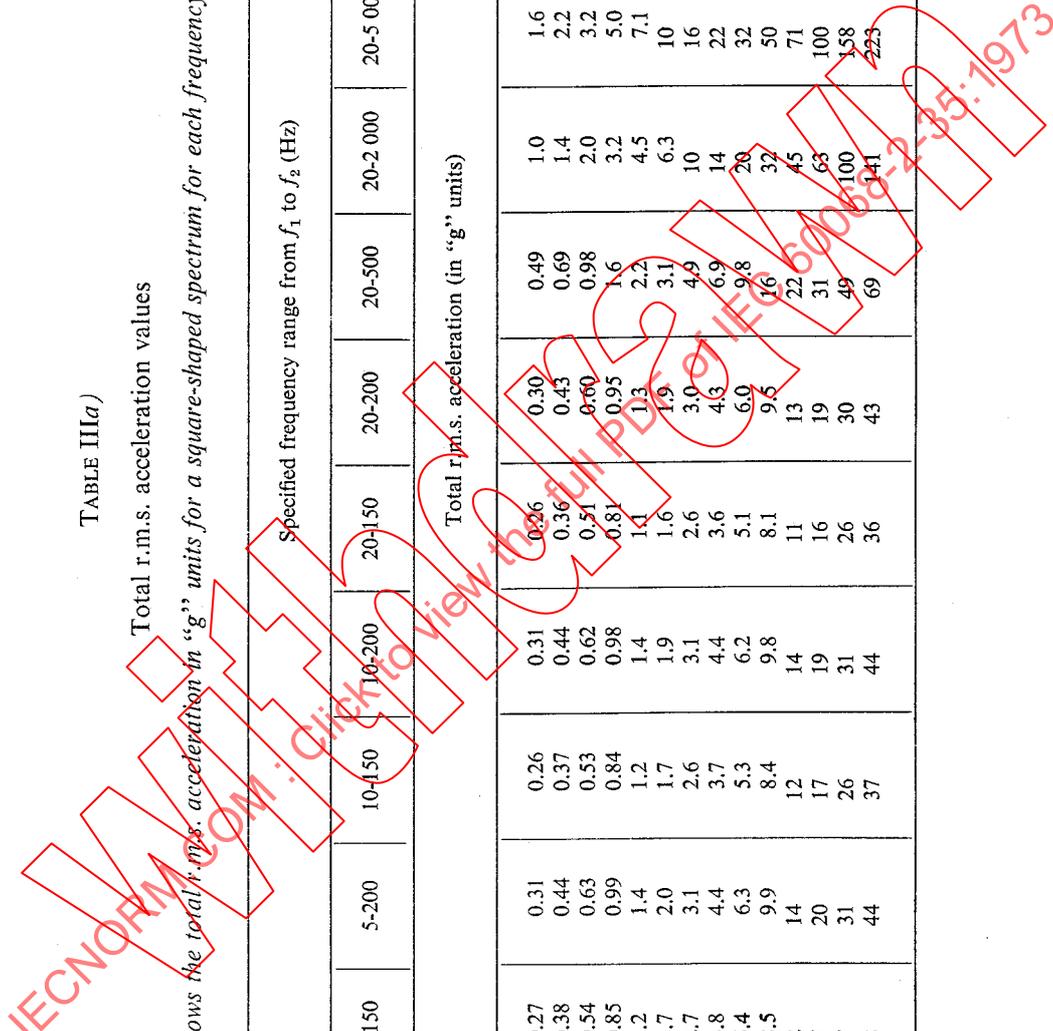


TABLEAU IIIb)

Valeurs de l'accélération efficace totale

Ce tableau donne l'accélération efficace totale en  $m/s^2$  pour un spectre rectangulaire, pour chaque gamme de fréquence et chaque D.S.A.

D.S.A. spécifiée ( $m/s^2$ ) <sup>1/2</sup> /Hz	Gamme de fréquence spécifiée de $f_1$ à $f_2$ (Hz)											
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2 000	20-5 000	50-5 000		
0,048	2,65	3,04	2,55	3,04	2,55	2,94	4,81	9,81	15,7	0,46	9,81	15,7
0,096	3,73	4,32	3,53	4,31	3,53	4,22	6,77	13,7	21,6	0,66	13,7	21,6
0,192	5,30	6,20	5,00	6,08	5,00	5,89	9,61	19,6	31,4	0,93	19,6	31,4
0,48	8,33	9,71	7,95	9,61	7,95	9,32	15,7	31,4	49,1	1,47	30,4	49,1
0,96	11,8	13,7	10,8	13,7	10,8	12,8	21,6	44,1	69,7	2,06	43,2	68,7
1,92	16,7	19,6	15,7	18,6	15,7	18,6	30,4	61,8	98,1	2,94	61,8	98,1
4,8	26,5	30,4	25,5	30,4	25,5	29,4	48,1	98,1	157	4,61	98,1	157
9,6	37,3	43,2	35,3	43,1	35,3	42,2	67,7	137	216	6,60	137	216
19,2	53,0	62,0	50,0	60,8	50,0	58,9	96,1	196	314	9,32	196	314
48	83,3	97,1	79,5	96,1	79,5	93,2	157	314	491	14,7	304	491
96	118	137	108	137	108	128	216	441	697	20,6	432	687
192	167	196	157	186	157	186	304	618	981	29,4	618	981
480	265	304	255	304	255	294	481	981	1 570	46,1	981	1 570
960	373	432	353	431	353	422	677	1 370	2 160	66,0	1 370	2 160

Valeurs de l'accélération efficace totale (en  $m/s^2$ )

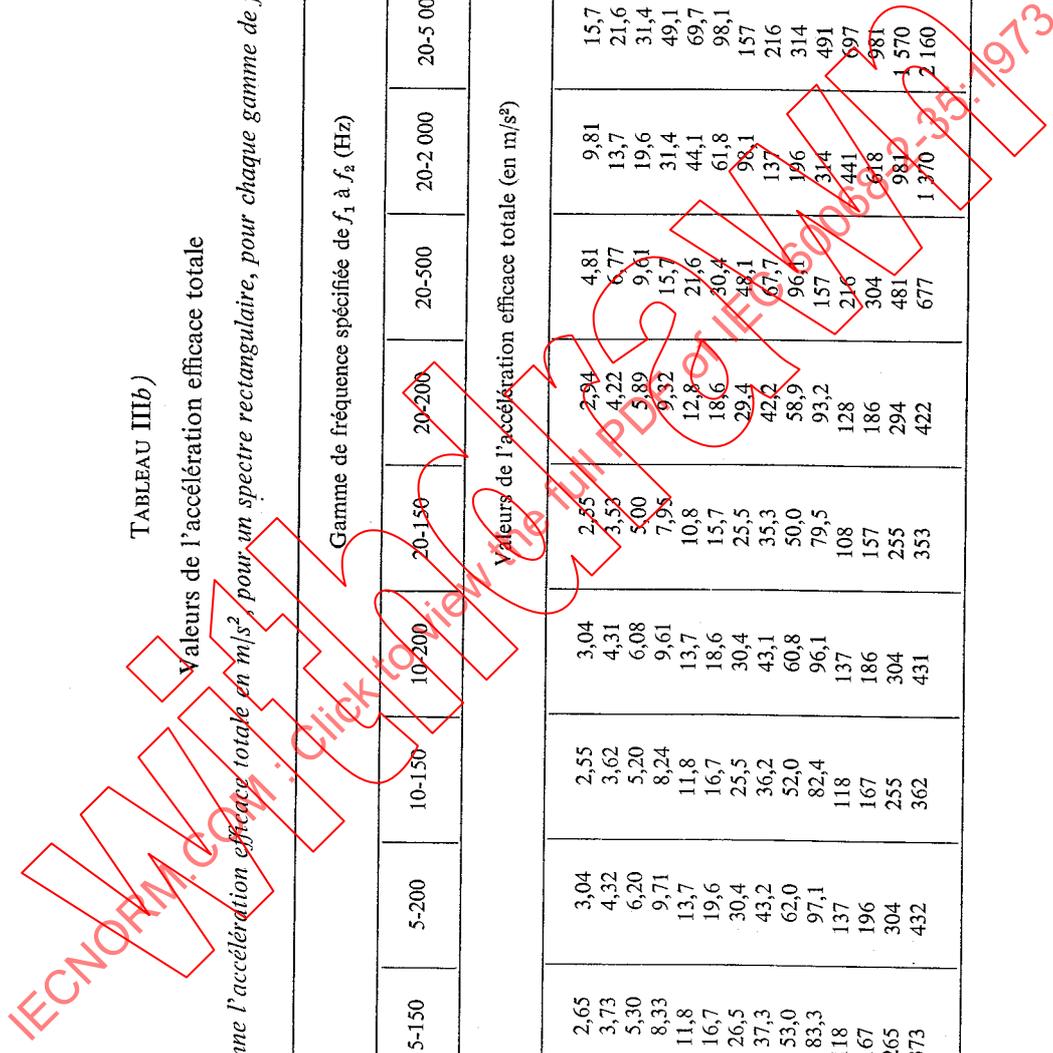
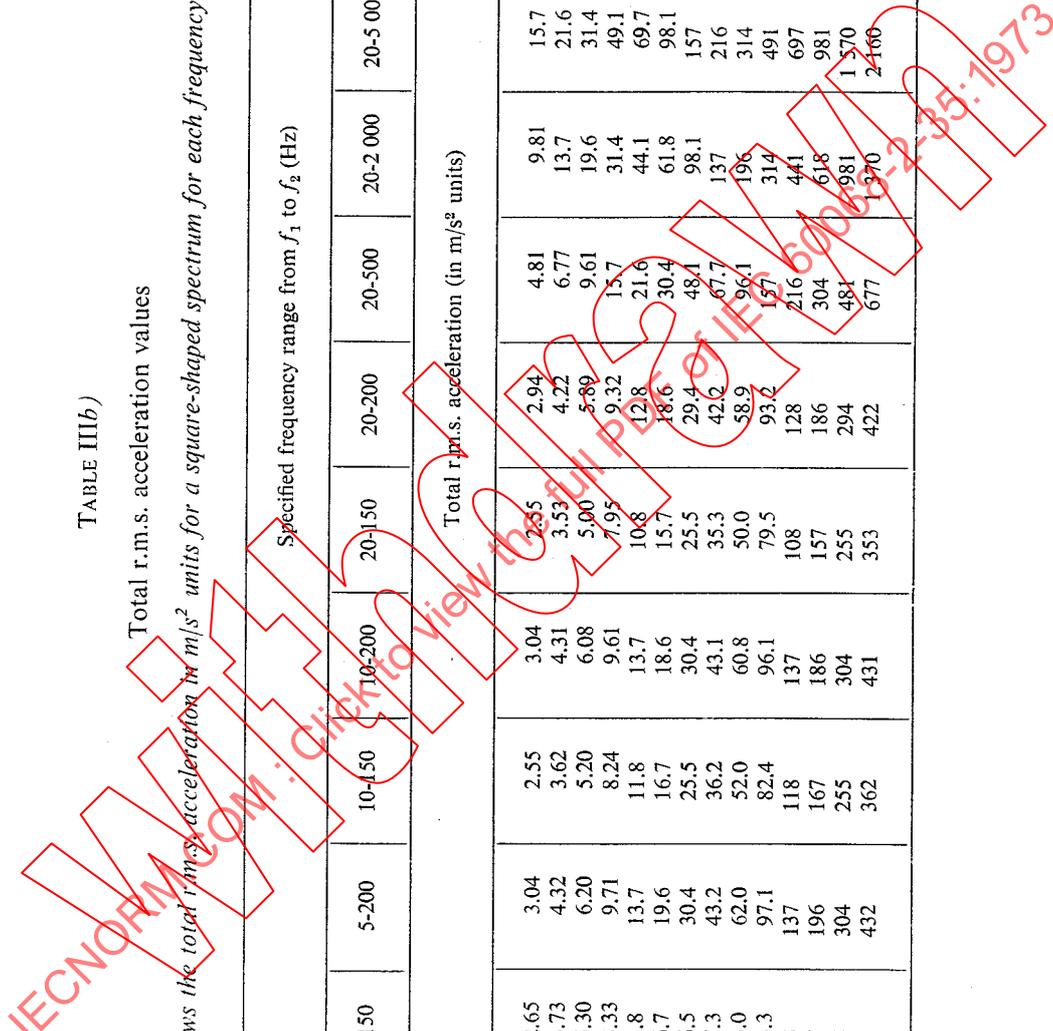


TABLE IIIb)

Total r.m.s. acceleration values

The table shows the total r.m.s. acceleration in  $m/s^2$  units for a square-shaped spectrum for each frequency range and each A.S.D.

Specified A.S.D. ( $m/s^2$ )/Hz	Specified frequency range from $f_1$ to $f_2$ (Hz)										Total r.p.r.s. acceleration (in $m/s^2$ units)	
	5-150	5-200	10-150	10-200	20-150	20-200	20-500	20-2 000	20-5 000	50-5 000		
0.048	2.65	3.04	2.55	3.04	2.35	2.94	4.81	9.81	15.7	0.46	9.81	15.7
0.096	3.73	4.32	3.62	4.31	3.53	4.22	6.77	13.7	21.6	0.66	13.7	21.6
0.192	5.30	6.20	5.20	6.08	5.00	5.89	9.61	19.6	31.4	0.93	19.6	31.4
0.48	8.33	9.71	8.24	9.61	7.95	9.32	15.7	31.4	49.1	1.47	30.4	49.1
0.96	11.8	13.7	11.8	13.7	10.8	12.8	21.6	44.1	69.7	2.06	43.2	68.7
1.92	16.7	19.6	16.7	18.6	15.7	18.6	30.4	61.8	98.1	2.94	61.8	98.1
4.8	26.5	30.4	25.5	30.4	25.5	29.4	48.1	98.1	157	4.61	98.1	157
9.6	37.3	43.2	36.2	43.1	35.3	42.2	67.7	137	216	6.60	137	216
19.2	53.0	62.0	52.0	60.8	50.0	58.9	96.1	196	314	9.32	196	314
48	83.3	97.1	82.4	96.1	79.5	93.2	157	314	491	14.7	304	491
96	118	137	118	137	108	128	216	441	697	20.6	432	687
192	167	196	167	186	157	186	304	618	981	29.4	618	981
480	265	304	255	304	255	294	481	981	1 570	46.1	981	1 570
960	373	432	362	431	353	422	677	1 370	2 160	66.0	1 370	2 160



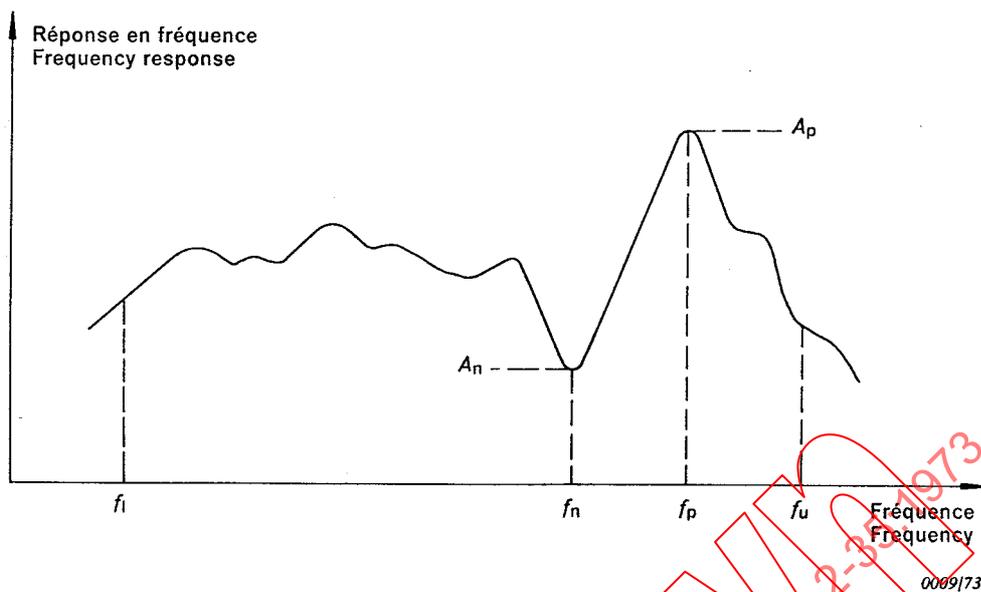


FIG. 1. — Détermination du rapport d'amplitudes  $A_p/A_n$ .  
Determination of peak-notch amplitude ratio  $A_p/A_n$ .

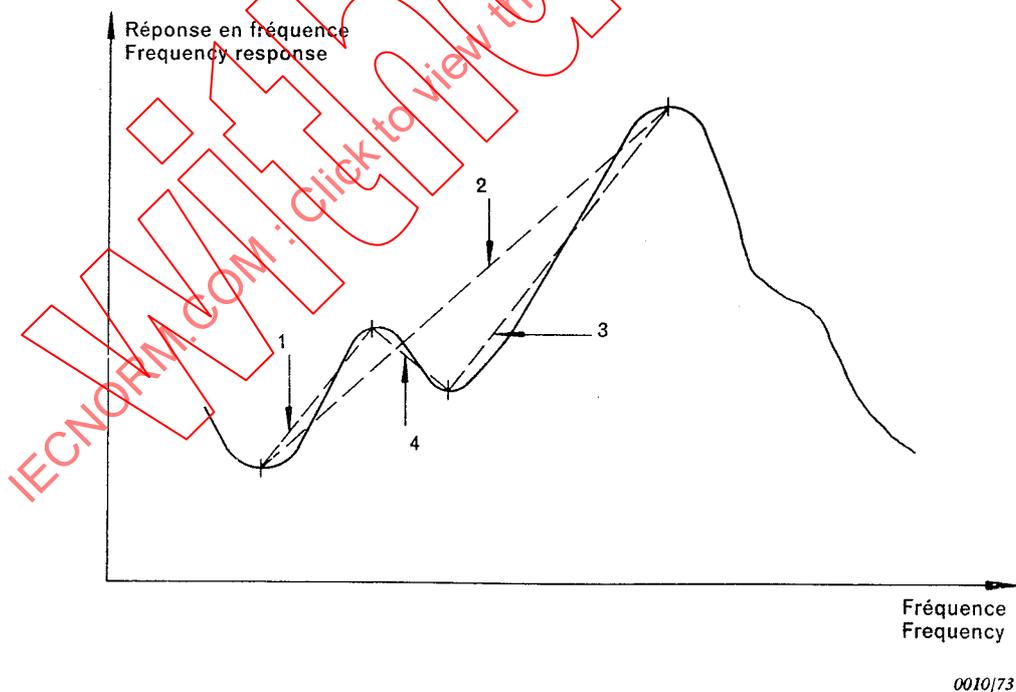


FIG. 2. — Paires de pointes et creux.  
Peak-notch pairs.

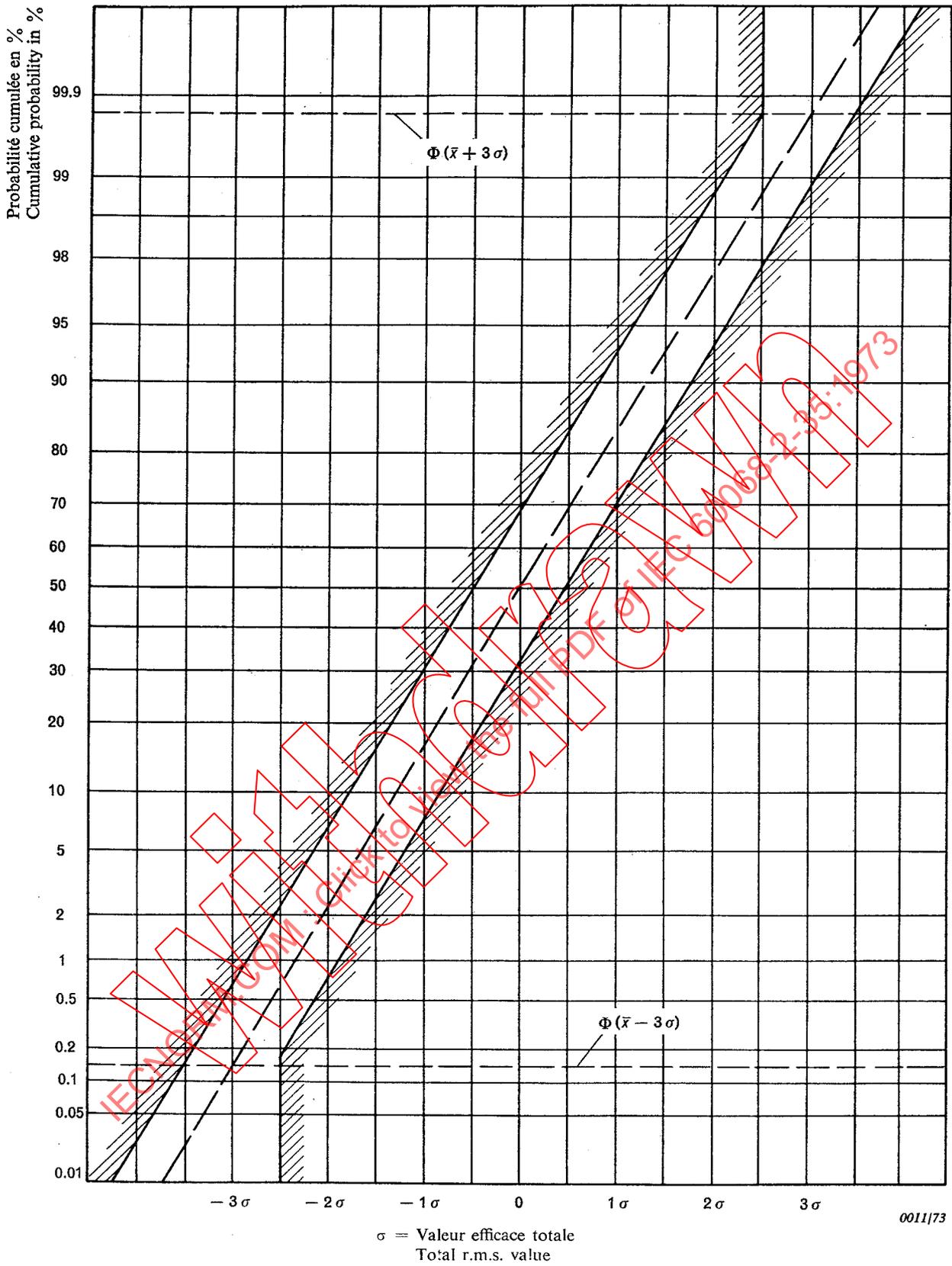
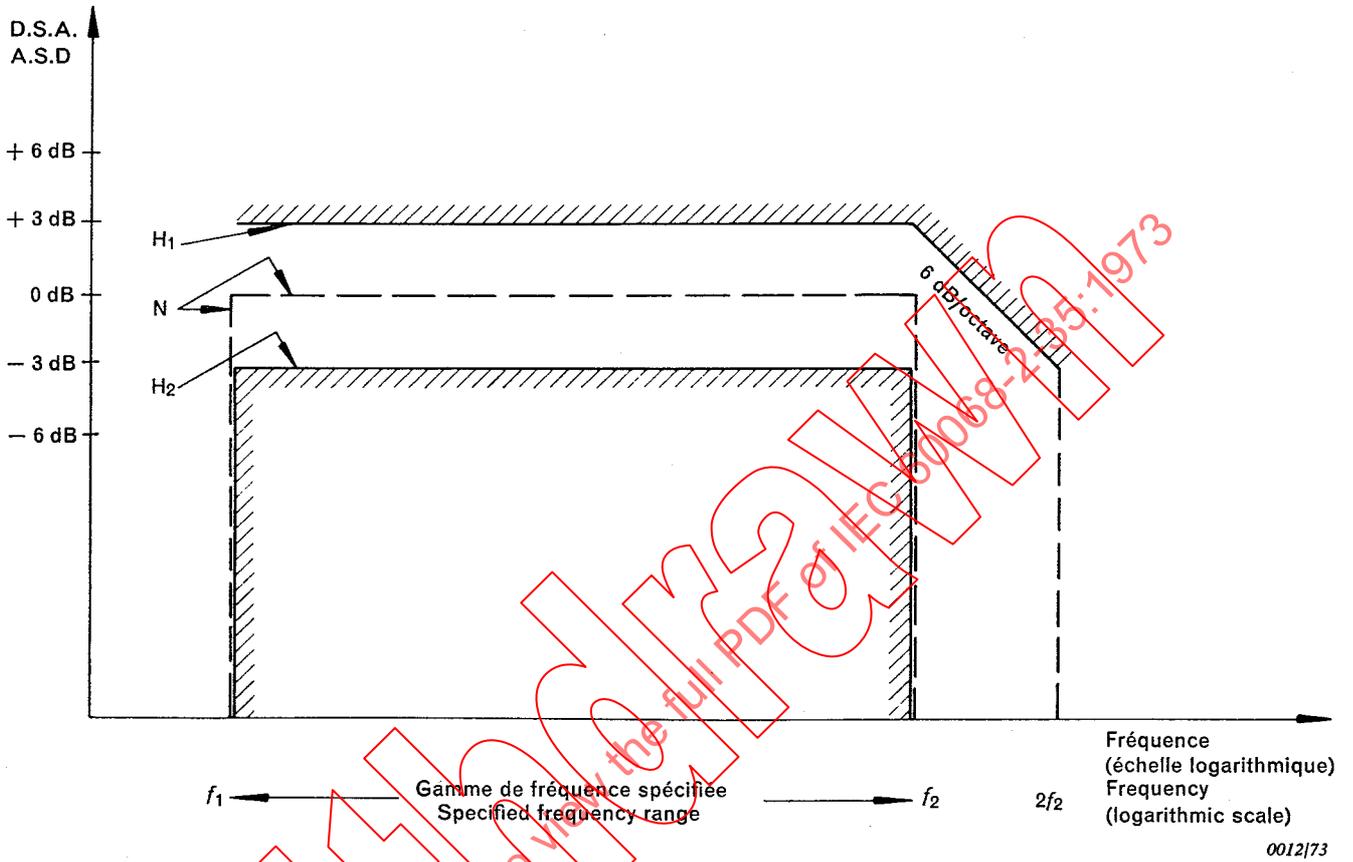


FIG. 3. — Bande de tolérances pour la distribution des valeurs instantanées d'accélération.  
Tolerance band for distribution of instantaneous acceleration values.



$H_1$  = Tolérance supérieure, Reproductibilité Haute  
Upper tolerance limit, Reproducibility High

$H_2$  = Tolérance inférieure, Reproductibilité Haute  
Lower tolerance limit, Reproducibility High

$N$  = D.S.A. spécifiée (spectre nominal)  
Specified A.S.D. (nominal spectrum)

FIG. 4. — Spectre de la D.S.A. et tolérances.  
A.S.D. spectrum and tolerance limits.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-35:1973  
Withdrawn

## ANNEXE A

### MÉTHODE DE VALIDATION UTILISANT LA TECHNIQUE DU FILTRE GLISSANT

#### A1. Description

Cette méthode requiert l'utilisation d'un analyseur à balayage pour s'assurer que les exigences de l'épreuve en vibrations aléatoires ont été satisfaites.

Puisque la précision du spectre analysé dépend des caractéristiques de l'analyseur et du spectre à analyser, on peut déduire des courbes données plus loin les erreurs de résolution obtenues, appelées dans ce qui suit « erreurs d'analyse ». Le calcul des courbes d'erreurs d'analyse s'appuie sur les réactions typiques d'un spécimen et de son support sur un système générateur de vibration.

Pour cette méthode de validation, le temps d'analyse peut être assez long, car un grand nombre de spectres nécessitent une analyse. En raison de la durée de l'analyse, une validation après épreuve est presque toujours nécessaire.

#### A2. Mesure des caractéristiques de l'analyseur à balayage

On doit mesurer les largeurs de bande à 3 dB, 12 dB, 30 dB et 50 dB ( $B_3$ ,  $B_{12}$ ,  $B_{30}$  et  $B_{50}$  respectivement). On suppose que la courbe du filtre est indépendante de sa fréquence centrale.

Le facteur de largeur de bande  $C_B$  est défini comme une fonction du facteur de forme du filtre  $B_{12}/B_3$ :

$$C_B = 0,1 + \frac{1}{2,4} \times \frac{B_{12}}{B_3}$$

sous les conditions suivantes:

$$1,2 < B_{12}/B_3 < 2,2; \quad B_{30}/B_3 \leq 3,8; \quad B_{50}/B_3 \leq 6$$

Si ces conditions ne sont pas remplies, on ne peut pas utiliser les courbes d'erreurs de cette annexe. Dans ce cas, l'analyseur à balayage ne convient pas.

La largeur de bande relative  $B_r$  du filtre est définie comme le rapport entre la largeur de bande à 3 dB et la fréquence centrale sur laquelle l'analyseur est accordé à un moment donné pendant l'analyse.

*Note.* — Cette mesure n'a besoin d'être faite qu'occasionnellement.

#### A3. Estimation des erreurs d'analyse

Il faut mesurer la réponse en fréquence comme indiqué au paragraphe 4.2.

L'erreur d'analyse dépend d'une largeur de bande relative équivalente  $B_e$  définie comme étant:

$$B_e = C_f \times C_B \times B_r$$

avec  $C_f = B^*_{pn}/B_{pn}$  où  $B^*_{pn}$  est le rapport de fréquences donné dans les figures A.1 et A.2, page 34, pour le rapport d'amplitudes convenables.  $C_f = 1$  si l'on ne veut pas faire la mesure de la réponse en fréquence avec une précision sur la fréquence suffisante pour déterminer  $B_{pn}$ .

Ayant obtenu la valeur de  $A_p/A_n$ , on sélectionne les courbes appropriées dans les figures A.1 et A.2. On lit l'erreur d'analyse pour la valeur  $B_e$  calculée ci-dessus. On peut faire une interpolation linéaire entre les courbes. En règle générale, il faudra étudier plusieurs paires de pointes et creux avant de trouver quelle paire donne les plus grandes erreurs.

*Note.* — Quand on combine cette méthode de validation avec celle de l'annexe B et que l'ondulation résiduelle estimée est inférieure au rapport  $A_p/A_n$  obtenu par la mesure de la réponse en fréquence, cette valeur inférieure peut être utilisée comme rapport  $A_p/A_n$  dans les figures A.1 et A.2 pour la partie convenable de la gamme de fréquence et avec le même  $C_f$  que celui qui a été obtenu par la méthode de l'annexe B.

## APPENDIX A

### CONFIRMATION METHOD BY SWEEPED FILTER TECHNIQUE

#### A1. Description

This confirmation method requires the use of a sweeping analyser for confirming that the random vibration conditioning requirements have been met.

Since the accuracy of the analysed spectrum is dependent on the characteristics of the analyser and the spectrum to be analysed, curves are given showing the resolution errors obtained, in the following text called analysing errors. The calculation of the analysing error curves is based on typical reactions from a specimen and fixture on a vibration generator system.

For this confirmation method the analysing time may be lengthy, since a large number of spectra require analysis. Because of the long analysing time, confirmation after conditioning is almost always necessary.

#### A2. Measurement of sweeping analyser characteristics

The 3 dB, 12 dB, 30 dB and 50 dB bandwidths ( $B_3$ ,  $B_{12}$ ,  $B_{30}$  and  $B_{50}$ , respectively) shall be measured. It is assumed that the filter shape is independent of centre frequency.

The bandwidth factor  $C_B$  is defined as a function of the filter shape factor  $B_{12}/B_3$ :

$$C_B = 0.1 + \frac{1}{2.4} \times \frac{B_{12}}{B_3}$$

under the following conditions:

$$1.2 < B_{12}/B_3 < 2.2; \quad B_{30}/B_3 \leq 3.8; \quad B_{50}/B_3 \leq 6$$

If these conditions are not met, the error curves in this appendix cannot be used. In this case the sweeping analyser is inadequate for this method.

The relative filter bandwidth  $B_r$  is defined as the ratio between the 3 dB bandwidth and centre frequency to which the analyser is tuned at a given moment during analysis.

*Note.* — This measurement need only be done occasionally.

#### A3. Analysing error estimation

Frequency response measurements in accordance with Sub-clause 4.2 shall be carried out.

The analysing error depends on an equivalent relative bandwidth  $B_e$  defined as:

$$B_e = C_f \times C_B \times B_r$$

$C_f = B_{pn}^*/B_{pn}$  and  $B_{pn}^*$  is the frequency ratio given in Figures A.1 and A.2, page 34, for the relevant amplitude ratio.  $C_f = 1$  if one does not wish to carry out the frequency response measurement with enough frequency accuracy to determine  $B_{pn}$ .

Having obtained the value of  $A_p/A_n$ , the appropriate curves are selected in Figures A.1 and A.2. The analysing error is then read off at the value of  $B_e$  calculated above. Linear interpolation is allowed between curves. Normally several peak-notch pairs must be investigated in order to find which pair gives the greatest errors.

*Note.* — When this confirmation method is combined with that given in Appendix B and the estimated remaining ripple is lower than the  $A_p/A_n$  obtained by frequency response measurement, this lower value may be used as  $A_p/A_n$  in Figures A.1 and A.2 for the relevant part of the frequency range and with the same  $C_f$  as obtained for the Appendix B method.

Exemple:

On utilise un analyseur à balayage dont la largeur de bande relative est de 4%. On mesure la forme du filtre de l'analyseur et on trouve les facteurs de forme suivants:

$$B_{12}/B_3 = 1,55; \quad B_{30}/B_3 = 2,4; \quad B_{50}/B_3 = 4,0$$
$$C_B = 0,1 + 1,55/2,4 = 0,75; \quad B_r = 4\%$$

La mesure de la réponse en fréquence a donné une amplitude pointe-creux  $A_p/A_n$  de 7 dB et le rapport des fréquences de pointe et de creux correspondant est  $B_{pn} = 3,9\%$ .

Avec  $B_{pn} = 3,9\%$ , on a :

$$C_f = \frac{B^*_{pn}}{B_{pn}} = \frac{1,3}{3,9} = \frac{1}{3} \quad \text{d'où } B_e = \frac{1}{3} \times 0,75 \times 4 = 1\%$$

Ceci donne l'erreur d'analyse estimée comme étant de 1,9 dB du côté des creux et de 0,95 dB du côté des pointes.

Si la mesure de réponse en fréquence n'a pas été faite avec une précision suffisante pour déterminer  $B_{pn}$ ,  $C_f = 1$  et

$$B_e = 1 \times 0,75 \times 4 = 3\%$$

On peut donc estimer une erreur d'analyse plus forte, c'est-à-dire de 3,6 dB du côté des creux et de 2,3 dB du côté des pointes.

D'autres paires de pointes et de creux ont été aussi étudiées, mais les erreurs ci-dessus ont été trouvées être les plus grandes.

#### A4. Validation du spectre de D.S.A.

Si la durée de l'épreuve le permet, il est recommandé de procéder simultanément à la validation du spectre de D.S.A. Sinon, on procédera à la validation après l'épreuve. Dans ce cas, il faudrait qu'une validation préliminaire ait eu lieu, à plus bas niveau, pendant la phase de préparation.

Les mesures doivent être faites à tous les points de contrôle dans la direction désirée et au(x) point(s) de contrôle spécifié(s) dans les directions transversales.

On fera balayer par l'analyseur la gamme  $f_1-2f_2$ . Les erreurs dues à la vitesse de balayage doivent être maintenues à l'intérieur de limites acceptables en ayant recours à une faible vitesse de balayage. Dans tous les cas, les erreurs seront faibles si:

$$s \leq k \cdot \frac{B}{t}$$

où:

$s$  = vitesse de balayage, en Hz/s

$B$  = largeur de bande de l'analyseur, en Hz

$t$  = temps réel d'obtention de la moyenne, en s

$k$  = 0,4 si l'on utilise les valeurs moyennes vraies.

*Example:*

A 4% sweeping analyser is used. The filter shape of the analyser is measured and the shape factors are:

$$B_{12}/B_3 = 1.55; \quad B_{30}/B_3 = 2.4; \quad B_{50}/B_3 = 4.0$$

$$C_B = 0.1 + 1.55/2.4 = 0.75; \quad B_r = 4\%$$

The frequency response measurement has given a peak-notch amplitude  $A_p/A_n = 7$  dB and the corresponding peak-notch frequency ratio  $B_{pn} = 3.9\%$ .

With  $B_{pn} = 3.9\%$  available

$$C_f = \frac{B_{pn}^*}{B_{pn}} = \frac{1.3}{3.9} = \frac{1}{3} \quad \text{thus } B_e = \frac{1}{3} \times 0.75 \times 4 = 1\%$$

This gives the estimated analysing error to be 1.9 dB in the notch region and 0.95 dB in the peak region.

If the frequency response measurement has not been done with enough frequency accuracy to determine  $B_{pn}$ , then  $C_f = 1$  and

$$B_e = 1 \times 0.75 \times 4 = 3\%$$

The analysing error can then be seen to be greater, i.e. 3.6 dB in the notch region and 2.3 dB in the peak region.

Other peak-notch pairs have also been investigated, but the errors above have been found to be the greatest.

#### A4. A.S.D. spectrum confirmation

If the duration of conditioning so permits, simultaneous confirmation of the A.S.D. spectrum is recommended. Otherwise confirmation after conditioning shall be carried out. In the latter case a preliminary confirmation should be done during the set-up phase.

Measurement shall be taken at all control points in the intended direction and at the specified control point(s) in the transverse directions.

The analyser shall be swept from  $f_1$  to  $2f_2$ . The errors caused by the finite sweep rate shall be kept within acceptable limits by using a low sweep rate. In any case the errors are small if:

$$s \leq k \cdot \frac{B}{t}$$

where:

$s$  = sweep rate in Hz/s

$B$  = analyser bandwidth in Hz

$t$  = averaging time in s

$k = 0.4$  if true averaging is used.

FIG. A.1. — Erreur due à l'analyseur du côté des creux.  
Analyser error in notch region.

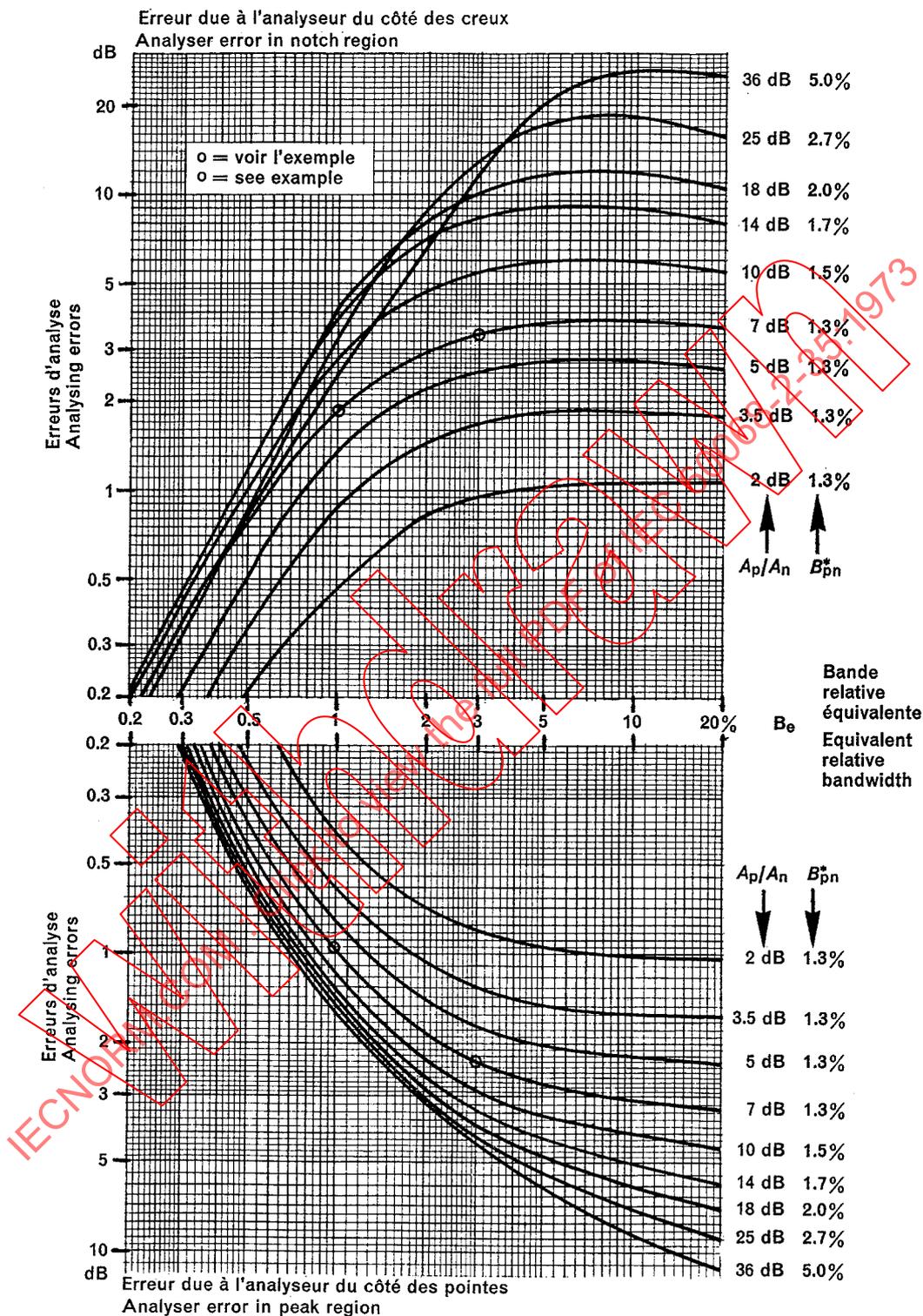
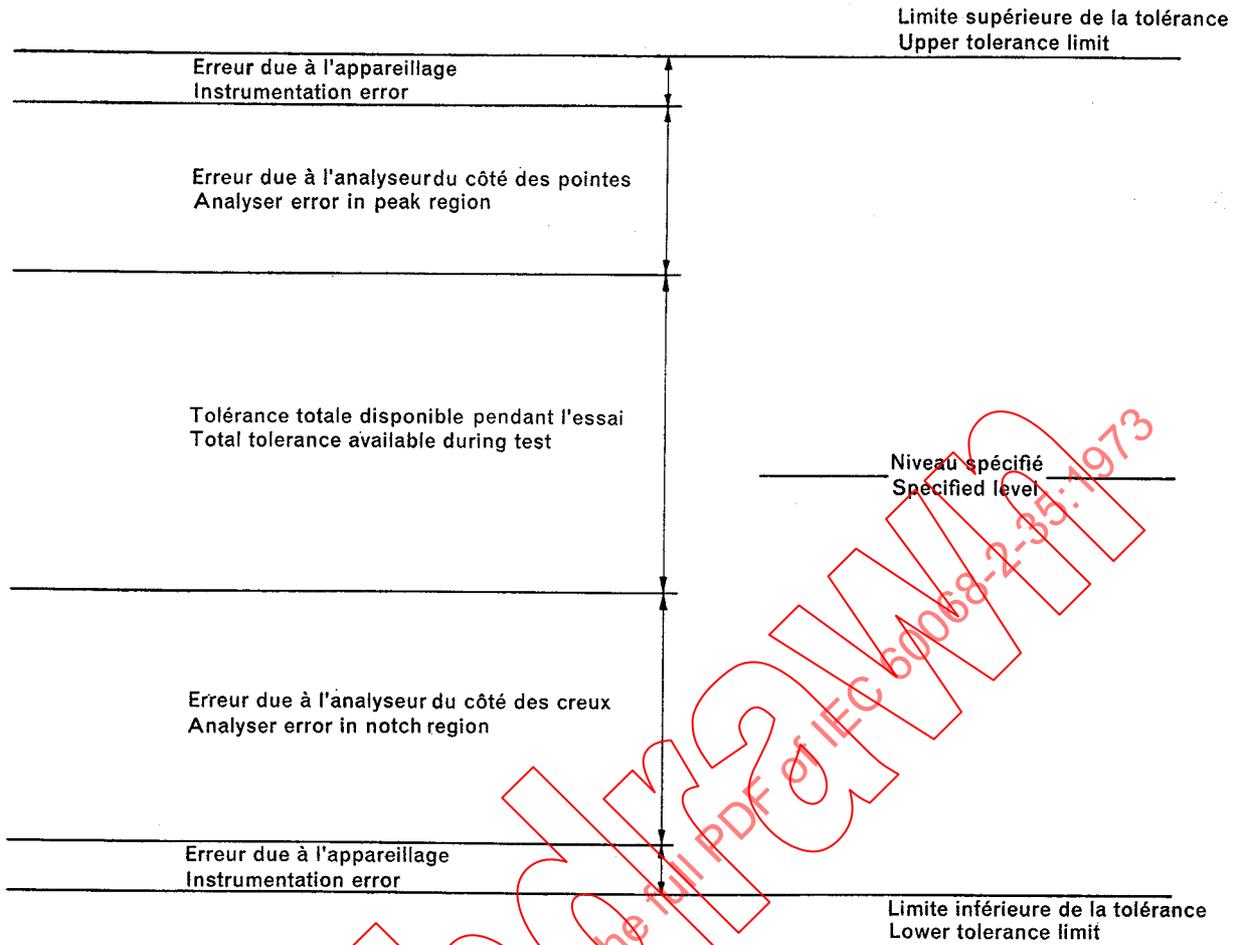


FIG. A.2. — Erreur due à l'analyseur du côté des pointes.  
Analyser error in peak region.

0017a/73



0013/73

FIG. A.3. — Représentation graphique de l'accumulation des erreurs.  
Illustration of accumulation of errors.

S'il est fait usage d'un circuit RC pour obtenir la moyenne,  $t = 2RC$  et  $k = 0,2$ . On peut utiliser diverses largeurs de bande et divers temps d'obtention de la moyenne pendant une analyse donnée.

En plus des déviations par rapport à la valeur vraie qui sont causées par la méthode d'analyse et l'appareillage, la lecture faite à chaque fréquence est soumise à des fluctuations dans le temps dues à la nature stochastique des vibrations aléatoires. Ces fluctuations diminuent quand s'accroît le temps d'obtention de la moyenne. Les tolérances sur la D.S.A. peuvent être difficiles à respecter dans certaines régions de la gamme de fréquence sauf si  $t > 30/B$ . Dans d'autres régions de la gamme de fréquence, on pourra réduire le temps d'obtention de la moyenne afin de permettre des vitesses de balayage plus élevées.

*Note.* — Quand on procède à la validation après épreuve, le temps d'analyse et les erreurs d'analyse peuvent être considérablement réduits en utilisant l'aptitude de l'enregistreur magnétique à transférer les signaux dans des domaines de plus hautes fréquences.

La somme des variations de D.S.A. obtenues, des erreurs d'analyse estimées que l'on a déterminées dans l'article A3. et des erreurs dues à l'appareillage doit se tenir à l'intérieur des tolérances du tableau ci-dessous.

TABLEAU A.1

Direction désirée		Direction transversale, au(x) point(s) de contrôle
au point de référence	aux points de contrôle	
$\pm 3$ dB	$\pm 5$ dB	$< + 5$ dB

Puisque cette somme dépend de la fréquence, toute portion critique de la gamme de fréquence sera étudiée à part, afin d'obtenir le total effectif des erreurs dans ces portions (voir figure A.3 sur la représentation graphique de l'accumulation des erreurs).

#### A5. Validation de l'accélération efficace totale

L'accélération efficace totale dans la gamme de fréquence doit être mesurée et réglée pendant toute l'épreuve en vibrations aléatoires, conformément aux paragraphes 5.3 et 5.4. Sa valeur doit être comprise entre  $\pm 1$  dB, après corrections nécessitées par les erreurs dues à l'appareillage.

L'accélération efficace au-dessus de  $f_2$  doit être mesurée comme indiqué au paragraphe 5.3.

If an RC-circuit is used for averaging,  $t = 2RC$  and  $k$  equals 0.2. Different bandwidths and averaging times may be used during one analysis.

In addition to the deviations from the true value caused by the analysing method and instrumentation, the reading obtained at each frequency is subjected to fluctuations in time, due to the stochastic nature of random vibration. The fluctuations decrease with increasing averaging time. The A.S.D. tolerances may be difficult to achieve in certain parts of the frequency range without having  $t > 30/B$ . In other parts of the frequency range the averaging time may be reduced in order to allow higher sweep rates.

*Note.* — When using confirmation after conditioning, the analysis time and analysing errors may be considerably reduced by utilizing the tape recorded capabilities of transferring the signal into higher frequency regions.

The sum of the A.S.D. variations obtained, the estimated analysing errors obtained in Clause A3, and the instrumentation errors shall be within the tolerances given in the Table below.

TABLE A.I

Intended direction		Transverse direction at the control point(s)
Reference point	Control points	
$\pm 3$ dB	$\pm 5$ dB	$< + 5$ dB

Since, however, this sum is dependent on frequency, any critical part of the frequency range should be studied separately, in order to obtain the actual total errors for those parts (see Figure A.3 for illustration of accumulation of errors).

#### A5. Confirmation of total r.m.s. acceleration

The total r.m.s. acceleration within the frequency range shall be measured and controlled during the entire random vibration conditioning in accordance with Sub-clauses 5.3 and 5.4. The value shall be between  $\pm 1.0$  dB after correction for instrumentation errors.

The r.m.s. acceleration above  $f_2$  shall be measured in accordance with Sub-clause 5.3.

## ANNEXE B

### MÉTHODE DE VALIDATION UTILISANT LA TECHNIQUE DES FILTRES FIXES

#### B1. Description

Cette méthode est fondée sur l'utilisation d'un matériel d'essai comportant un égaliseur-analyseur à filtres fixes parallèles dans lequel les filtres d'égalisation et d'analyse sont par nature identiques en fréquences centrales et largeurs de bande. Ce système peut être à commande manuelle ou automatique. La partie « analyseur » est utilisée pour s'assurer que les exigences de l'épreuve en vibrations aléatoires ont été satisfaites.

Puisque la précision du spectre analysé dépend des caractéristiques des filtres et du spectre à analyser, on peut déduire des courbes données plus loin l'ondulation qui subsistera après égalisation et ne sera pas détectée par l'analyseur; ceci définit l'ondulation résiduelle. Le calcul de l'ondulation résiduelle s'appuie sur les réactions typiques d'un spécimen et de son support sur un système générateur de vibrations.

Cette méthode de validation peut être difficile à mettre en œuvre dans le domaine des fréquences intermédiaires et basses.

#### B2. Mesure de la variation d'addition faite par l'égaliseur

Le jeu de filtres de l'égaliseur doit être mesuré avec tous les filtres réglés au même niveau. On déterminera la fonction de transfert de l'entrée à la sortie de l'égaliseur en faisant balayer par un signal sinusoïdal la gamme  $f_1$ - $2f_2$  à une vitesse de balayage ne dépassant pas 1 octave/min. La valeur en dB de la variation dans la gamme  $f_1$ - $f_2$  représente la variation d'addition.

*Note.* — La mesure de la variation d'addition doit être faite assez souvent afin de s'assurer du bon fonctionnement du jeu de filtres lors de chaque essai.

#### B3. Estimation de l'ondulation résiduelle

L'ondulation résiduelle dépend de la largeur de bande équivalente  $B_e$  de chaque filtre, définie comme étant

$$B_e = C_t B_r$$

où:

$C_t = B_{pn}^*/B_{pn}$  ou  $B_{pn}^*$  est le rapport de fréquences donné dans les figures B.1 et B.2, page 42, pour le rapport d'amplitudes convenable  $A_p/A_n$  obtenu par la mesure de la réponse en fréquence, comme indiqué au paragraphe 4.2.

$B_r$  = la largeur de bande relative du filtre définie comme le rapport entre la largeur de bande à 3 dB et la fréquence centrale.

$C_t = 1$  si l'on ne veut pas faire la mesure de la réponse en fréquence avec une précision sur la fréquence suffisante pour déterminer  $B_{pn}$ .

Ayant obtenu la valeur de  $A_p/A_n$ , on sélectionne les courbes appropriées dans les figures B.1 et B.2. On lit l'ondulation résiduelle pour la valeur de  $B_e$  calculée ci-dessus. On peut faire une interpolation linéaire entre les courbes. En règle générale, il faudra étudier plusieurs paires de pointes et creux avant de trouver quelle paire donne les plus grandes erreurs.

*Exemple:*

On utilise un jeu de filtres à largeur de bande constante égale à 25 Hz. La variation d'addition est trouvée égale à 4,4 dB, c'est-à-dire  $\pm 2,2$  dB.

## APPENDIX B

### CONFIRMATION METHOD BY FIXED FILTER TECHNIQUE

#### B1. Description

This confirmation method is based on the use of a parallel fixed filter equalizer/analyser test set, in which the equalization and analysing filters are, essentially, identical in centre frequency and bandwidth. The system may be manual or automatic. The analyser part is used to confirm that the random vibration conditioning requirements have been met.

Since the accuracy of the analysed spectrum is dependent on the characteristics of the filters and the spectrum to be analysed, curves are given showing the ripple which will remain after equalization and not be detected by the analyser; this is defined as the remaining ripple. The calculation of the remaining ripple is based on typical reactions from a specimen and fixture on a vibration generator system.

This confirmation method may be difficult to apply in the intermediate and low frequency regions.

#### B2. Equalizer summation variation measurement

The equalizer filter set shall be measured with all filters set to equal level. The transfer function from equalizer input to output shall be determined by sweeping a sinusoidal signal from  $f_1$  to  $2f_2$  at a sweep rate not exceeding 1 octave/min. The variations in dB value in the range  $f_1$  to  $f_2$  is the summation variation.

*Note.* — The summation variation measurement shall be done frequently enough to ensure proper function of the filter set at each test.

#### B3. Remaining ripple estimation

The remaining ripple depends on an equivalent relative bandwidth  $B_e$  of each filter defined as:

$$B_e = C_t B_r$$

where:

$C_t = B_{pn}^*/B_{pn}$  with  $B_{pn}^*$  being the frequency ratio given in Figures B.1 and B.2, page 42, for the relevant amplitude ratio  $A_p/A_n$  as obtained by the frequency response measurement in accordance with Sub-clause 4.2.

$B_r$  = the relative bandwidth of the filter defined as the ratio between the 3 dB bandwidth and the centre frequency.

$C_t = 1$  if one does not wish to carry out the frequency response measurement with enough frequency accuracy to determine  $B_{pn}$ .

Having obtained the value of  $A_p/A_n$ , the appropriate curves are selected in Figures B.1 and B.2. The remaining ripple is then read off at the value of  $B_e$  calculated above. Linear interpolation is allowed between curves. Normally several peak-notch pairs should be investigated in order to find which pair gives the greatest errors.

*Example:*

A filter set with constant 25 Hz bandwidth is used. The summation variation is measured to be 4.4 dB, therefore  $\pm 2.2$  dB is used.