

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 68-2-6

Troisième édition — Third edition

1966

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables
aux matériels électroniques et à leurs composants**

Deuxième partie Essais — Essai F Vibrations

**Basic environmental testing procedures for electronic components and
electronic equipment**

Part 2 Tests — Test F Vibration



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNorm.COM: Click to view the full PDF of IEC 60068-2-61:1966

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 68-2-6

Troisième édition — Third edition

1966

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables
aux matériels électroniques et à leurs composants**

Deuxième partie Essais — Essai F Vibrations

**Basic environmental testing procedures for electronic components and
electronic equipment**

Part 2 Tests — Test F Vibration



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1 Objet	6
2 Description générale	6
3 Conditions d'essai	10
4 Sévérités	16
5 Exécution de l'essai	20
6 Informations requises dans la spécification particulière	24
ANNEXES	24
FIGURE	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1 Object	7
2 General description	7
3 Conditions for testing	11
4 Severities	17
5 Testing procedure	21
6 Information required in the relevant specification	25
APPENDICES	25
FIGURE	26

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES
ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE APPLICABLES AUX MATÉRIELS
ET A LEURS COMPOSANTS**

Deuxième partie: Essais — Essai F: Vibrations

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

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

La présente recommandation remplace les essais précédents, publiés dans la deuxième édition de la Publication 68-2-6, qui étaient respectivement appelés Fa et Fb

Un premier projet a été discuté au cours de la réunion tenue à Aix-les-Bains en 1964. A la suite de cette réunion, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1965

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

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Hongrie	Turquie
Inde	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES
FOR ELECTRONIC COMPONENTS AND ELECTRONIC EQUIPMENT**

Part 2: Tests — Test F: Vibration

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

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

The present Recommendation supersedes the previous tests published in the second edition of Publication 68-2-6 which were designated Fa and Fb respectively.

A first draft was discussed at the meeting held in Aix-les-Bains in 1964. As a result of this meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1965.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Poland
Czechoslovakia	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet Socialist Republics
India	United Kingdom
Israel	United States of America

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE APPLICABLES AUX MATÉRIELS ÉLECTRONIQUES ET A LEURS COMPOSANTS

Deuxième partie: Essais — Essai F: Vibrations

ESSAI Fc

1 **Objet**

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

2 **Description générale**

2.1 *Généralités*

Cet essai est applicable aux matériels et aux composants qui, en service, peuvent être soumis à des vibrations. La spécification particulière du matériel ou du composant, ci-après dénommé spécimen, devrait dire clairement si le spécimen doit fonctionner en vibration ou s'il suffit qu'il soit encore en état de marche après vibration. Dans les deux cas, la spécification particulière devrait toujours prescrire les tolérances de fonctionnement.

Le but de cet essai est de mettre en évidence une défaillance mécanique et/ou une dégradation de caractéristiques spécifiée et d'utiliser cette information conjointement à la spécification particulière pour décider si le spécimen est acceptable ou non. Il convient d'insister sur le fait que l'exécution d'un essai de vibration requiert toujours un certain degré d'appréciation technique et que fournisseur et client doivent en avoir tous deux pleinement conscience.

2.2 *Définitions*

Certains termes ont été définis pour faciliter une bonne compréhension du texte. Ces définitions sont données dans l'annexe A.

Le niveau de vibration est spécifié soit en déplacement constant, soit en accélération constante.

Le terme niveau est utilisé dans le sens large de la valeur de crête d'une quantité oscillante.

2.3 *Description des phases de l'essai*

L'essai comporte généralement trois phases distinctes.

2.3.1 *Recherche initiale des résonances*

Le spécimen est soumis dans toute la gamme de fréquences spécifiée à des vibrations d'un niveau allant jusqu'au niveau spécifié. Son fonctionnement est vérifié et les effets dépendant de la fréquence, tels que résonances mécaniques et mauvais fonctionnement, sont examinés. Ces caractéristiques en vibration, ainsi que les fréquences et les niveaux auxquels elles apparaissent, sont notés.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES FOR ELECTRONIC COMPONENTS AND ELECTRONIC EQUIPMENT

Part 2: Tests — Test F: Vibration

TEST FC

1 Object

To determine the ability of components and equipments to withstand specified severities of vibration

2 General description

2.1 General

This test is applicable to equipments and components which may, in service, be subjected to conditions involving vibration. Whether an equipment or a component tested separately, hereinafter referred to as a specimen, has to function during vibration or merely to survive conditions of vibration should be clearly stated in the relevant equipment or component specification. In either case, the relevant specification should always prescribe the acceptable tolerance in performance.

The purpose of this 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. It is emphasized that vibration testing always demands a certain degree of engineering judgement and both the supplier and purchaser should be fully aware of this fact.

2.2 Definitions

Certain terms have been defined to facilitate a proper understanding of the text. These definitions are given in Appendix A.

The vibration amplitudes are specified in terms of constant displacement or constant acceleration.

The term amplitude is used in the wider sense of peak value of an oscillating quantity.

2.3 Description of test stages

Generally there are three distinct stages in the test.

2.3.1 Initial resonance search

The specimen is vibrated over the whole specified range of frequencies up to the specified amplitude. It is checked functionally and examined for any frequency dependent effects, such as mechanical resonances and malfunctioning. These vibration characteristics, as well as the frequencies and amplitudes at which they occur, are noted.

2 3 2 *Epreuve d'endurance*

Il existe plusieurs méthodes et la spécification particulière prescrira celle de ces épreuves d'endurance à utiliser

2 3 2 1 *Epreuve d'endurance par balayage*

Epreuve d'endurance par balayage de la gamme de fréquences spécifiée, au niveau et pendant la durée spécifiés

2 3 2 2 *Epreuve d'endurance sur les fréquences de résonance*

Epreuve exécutée à des fréquences de résonance choisies, au niveau et pendant la durée spécifiés

2 3 2 3 *Epreuve d'endurance à des fréquences prédéterminées*

Epreuve exécutée à une ou plusieurs fréquences (ou bandes de fréquences étroites) spécifiées, au niveau et pendant la durée spécifiés

2 3 2 4 *Epreuve d'endurance par vibrations aléatoires*

A l'étude

2 3 3 *Recherche finale des résonances*

Après l'épreuve d'endurance, le fonctionnement du spécimen est à nouveau vérifié et ses caractéristiques en vibration examinées comme lors de la recherche initiale des résonances. La fréquence à laquelle chaque effet est apparu au cours de la recherche initiale est comparée à celle obtenue lors de la recherche finale des résonances. La spécification particulière peut prescrire l'action à entreprendre si une variation de fréquence se produit

2 4 *Méthodes d'essai*

Aux fins de normalisation et pour permettre la comparaison de produits de provenances diverses, un certain nombre de méthodes distinctes ont été formulées. La spécification particulière doit prescrire la ou les méthodes à utiliser.

Les méthodes d'essai décrites ci-après devraient couvrir la majorité des essais de vibrations, toutefois, la spécialisation particulière peut permettre ou prescrire certaines modifications dans des cas spécifiques. Par exemple, pour essayer simultanément un grand nombre de composants identiques, la méthode indiquée au paragraphe 2 4 2 4 peut être utilisée. Lorsque l'endurance prescrite peut être équivalente à la durée de vie du spécimen, la survie à l'épreuve d'endurance sera une base d'acceptation suffisante et la recherche finale des résonances deviendra inutile.

2 4 1 *Méthode A*

Méthode préférentielle

Recherche initiale des résonances (paragraphe 5 2 1)

Epreuve d'endurance par balayage (paragraphe 5 2 2 1)

Recherche finale des résonances (paragraphe 5 2 3)

2 4 2 Lorsque la méthode A n'est pas applicable, d'autres méthodes décrites ci-après peuvent être spécifiées

Dans ces méthodes, la durée de l'endurance aux fréquences prédéterminées ou aux fréquences de résonance doit tenir compte du temps total pendant lequel il est attendu que le spécimen pourra être soumis à de telles vibrations en service

2 4 2 1 *Méthode B 1*

Recherche initiale des résonances (paragraphe 5 2 1)

Epreuve d'endurance sur les fréquences de résonance (paragraphe 5 2 2 2)

2 3 2 *Endurance conditioning*

There are several methods and the relevant specification will prescribe which of these endurance conditioning procedures should be employed

2 3 2 1 *Endurance conditioning by sweeping*

A sweep endurance conditioning of prescribed amplitude, frequency range and duration

2 3 2 2 *Endurance conditioning at resonance frequencies*

A conditioning at selected resonance frequencies of prescribed amplitude and duration

2 3 2 3 *Endurance conditioning at pre-determined frequencies*

A conditioning at one or more specified frequencies (or narrow bands of frequency) of prescribed amplitude and duration

2 3 2 4 *Endurance conditioning by random vibration*

Under consideration

2 3 3 *Final resonance search*

After the endurance stage, the specimen is re-tested functionally and re-examined for vibration characteristics as in the initial resonance search. The frequency for each effect, determined in the initial and later in the final resonance search, is compared. The relevant specification may state what action should be taken if any change of frequency occurs.

2 4 *Test procedures*

In order to achieve a measure of standardization and to allow comparison of products by different manufacturers, a number of separate procedures have been formulated. The relevant specification shall prescribe the procedure(s) to be used.

Although the procedures below should cover the majority of the vibration tests, the relevant specification may allow or require certain modifications in specific cases. For example, when testing large numbers of similar components simultaneously, the procedure of Sub-clause 2 4 2 4 may be used. Where the prescribed endurance may be equivalent to the life of the specimen, satisfactory survival of the endurance conditioning may be sufficient grounds for acceptance and the final resonance search may not be needed.

2 4 1 *Procedure A*

The preferred test procedure is as follows

Initial resonance search (Sub-clause 5 2 1)

Endurance conditioning by sweeping (Sub-clause 5 2 2 1)

Final resonance search (Sub-clause 5 2 3)

2 4 2 When procedure A is not applicable, other test procedures which may be specified are given below

In these procedures the duration of endurance at pre-determined or resonance frequencies shall take into account the total time the specimen is expected to be subjected to such vibration during service.

2 4 2 1 *Procedure B 1*

Initial resonance search (Sub-clause 5 2 1)

Endurance conditioning at resonance frequencies (Sub-clause 5 2 2 2)

Recherche finale des résonances (paragraphe 5 2 3)

Cette méthode convient aux spécimens qui n'ont que très peu de fréquences de résonance nettement évidentes. L'existence de ces fréquences de résonance sera révélée pendant la recherche initiale des résonances.

2 4 2 2 *Méthode B 2*

Recherche initiale des résonances (paragraphe 5 2 1)

Épreuve d'endurance sur des fréquences prédéterminées (paragraphe 5 2 2 3)

Recherche finale des résonances (paragraphe 5 2 3)

Une épreuve d'endurance de ce type n'est nécessaire que lorsque l'on sait que le milieu dans lequel les matériels ou les composants sont appelés à fonctionner est générateur de contraintes marquées à certaines fréquences dominantes seulement.

2 4 2 3 *Méthode B 3*

Recherche initiale des résonances (paragraphe 5 2 1)

Épreuve d'endurance par balayage (paragraphe 5 2 2 1)

Épreuve d'endurance sur les fréquences de résonance (paragraphe 5 2 2 2)

Recherche finale des résonances (paragraphe 5 2 3)

Cette méthode est applicable lorsque le spécimen a un très petit nombre de résonances marquées accompagnées de beaucoup de résonances moins évidentes. Dans de telles circonstances, il peut être nécessaire d'ajouter à l'épreuve d'endurance par balayage une épreuve d'endurance sur les fréquences de résonance dominantes.

2 4 2 4 *Méthode B 4*

Épreuve d'endurance par balayage (paragraphe 5 2 2 1)

Cette méthode est spécifiquement applicable aux spécimens de très petite taille lorsque l'on sait qu'il n'y a pas de résonances dans la gamme de fréquences spécifiée.

2 5 *Fonctionnement électrique et mécanique des spécimens*

En règle générale, les matériels devraient être en fonctionnement pendant les recherches initiale et finale des résonances, l'épreuve par balayage et l'épreuve à fréquence fixe (de résonance ou prédéterminée), afin de déterminer à la fois les effets sur le fonctionnement et les effets mécaniques (paragraphe 5 2 1).

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

2 6 *Considérations sur lesquelles l'essai de vibrations est basé*

L'annexe B donne des renseignements supplémentaires sur les bases de cet essai.

3 **Conditions d'essai**

3 1 *Montage*

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 (paragraphe 5 2). La spécification particulière devrait, si nécessaire, prescrire le champ magnétique parasite maximal auquel le spécimen peut être soumis.

Final resonance search (Sub-clause 5 2 3)

This procedure is suitable for specimens with only a very few clearly evident resonance frequencies. The existence of these resonance frequencies will be found during the initial resonance search.

2 4 2 2 *Procedure B 2*

Initial resonance search (Sub-clause 5 2 1)

Endurance conditioning at pre-determined frequencies (Sub-clause 5 2 2 3)

Final resonance search (Sub-clause 5 2 3)

Endurance conditioning of this type is needed for equipment or components when the vibration environment encountered in service is known to impose significant stresses at certain dominant frequencies only.

2 4 2 3 *Procedure B 3*

Initial resonance search (Sub-clause 5 2 1)

Endurance conditioning by sweeping (Sub-clause 5 2 2 1)

Endurance conditioning at resonance frequencies (Sub-clause 5 2 2 2)

Final resonance search (Sub-clause 5 2 3)

This procedure is applicable when a specimen has a few very obvious resonances, in addition to many less obvious ones. In such circumstances, there may be a need for the endurance conditioning by sweeping to be supplemented by endurance conditioning at the dominant resonances.

2 4 2 4 *Procedure B 4*

Endurance conditioning by sweeping (Sub-clause 5 2 2 1)

This procedure is specifically applicable to very small specimens where it is known that there are no resonances within the specified frequency range.

2 5 *Electrical and mechanical functioning of specimens*

As a rule, equipments should be functioning during the initial resonance and final resonance searches, during sweep conditioning and fixed (resonance or pre-determined) frequency conditioning in order to determine functional as well as mechanical effects (Sub-clause 5 2 1).

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

2 6 *Considerations on which the endurance test is based*

Supplementary information on the basis of this test is given in Appendix B.

3 **Conditions for testing**

3 1 *Mounting*

The specimen shall be mechanically connected to the vibration generator 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 (Sub-clause 5 2). The relevant specification should state, if significant, the maximum level of magnetic interference to which the specimen under test may be subjected.

3 1 1 *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 devrait être évité

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. Les méthodes suivantes peuvent être utilisées dans les conditions prescrites par la spécification particulière

- a) fixer à la fois le corps et les sorties,
- b) fixer les sorties seulement

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 1 2 *Montage des matériels*

3 1 2 1 Le matériel, avec ou sans amortisseurs, 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.

3 1 2 2 Le matériel prévu pour être utilisé avec amortisseurs de vibrations doit être normalement essayé avec ses amortisseurs.

S'il est impraticable de faire un essai de vibration avec les amortisseurs appropriés, par exemple si le matériel est monté avec d'autres matériels dans un dispositif commun de montage ou si les caractéristiques dynamiques des amortisseurs sont très variables (dépendantes de la température par exemple), le matériel peut alors être essayé sans ses amortisseurs à un niveau de vibration différent, comme prescrit dans la spécification particulière. Ce niveau devrait être déterminé en tenant compte de la transmissibilité du système amortisseur suivant chacun des axes produisant les conditions de vibration les plus sévères.

Note — La spécification particulière peut prescrire un essai supplémentaire sur un matériel démun de ses amortisseurs de façon à montrer qu'un minimum acceptable de résistance de la structure aux vibrations a été atteint.

3 1 2 3 La spécification particulière doit indiquer si l'effet de la pesanteur est important. Dans ce cas, le matériel doit être monté de telle façon que cette force agisse dans le même sens qu'en utilisation normale. Quand l'effet de la pesanteur est sans importance, le matériel peut être monté dans n'importe quelle attitude.

3 2 *Machine vibrante*

3 2 1 *Caractéristiques requises*

Les caractéristiques requises pour la machine vibrante et les supports de fixation doivent être, lorsque la machine est chargée en vue de procéder à une épreuve, celles indiquées ci-après

3 2 1 1 *Mouvement fondamental*

Le mouvement fondamental doit être sinusoïdal et tel que les points de fixation du spécimen se déplacent sensiblement en phase et suivant des directions parallèles, compte tenu des prescriptions du paragraphe 3 2 1 2

3 1 1 *Mounting of components*

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

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. The following methods may be used as prescribed by the relevant specification

- a) clamping both the body and the leads,
- b) clamping the leads only

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 1 2 *Mounting of equipment*

3 1 2 1 Equipment, with or without isolators, shall be fastened to the vibration generator 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

3 1 2 2 Equipment intended for use with vibration isolators should normally be tested with its isolators

If it is not practicable to carry out a vibration test with the appropriate isolators, e.g. if the equipment is mounted with other equipments in a common mounting system or if the dynamic characteristics of the isolators are very variable (e.g. temperature dependent), then it may be tested without the isolators at a different amplitude of vibration as stated in the relevant specification. This amplitude should be determined by taking into account that transmissibility of the isolator system in each axis which causes the most severe conditions of vibration

Note — The relevant specification may require an additional test on an equipment with the external isolators removed in order to demonstrate that a minimum acceptable structural resistance to vibration has been achieved

3 1 2 3 The relevant specification shall state whether the effect of gravitational force is important. In this case, the equipment shall be so mounted that the force acts in the same direction as it would in use. Where the effect of gravitational force is not important, the equipment may be mounted in any attitude

3 2 *Vibration system*

3 2 1 *Required characteristics*

The required characteristics of the vibration generator and fixture when loaded for the conditioning process shall be as follows

3 2 1 1 *Basic motion*

The basic motion shall be sinusoidal and such that the fixing points of the specimen are moving substantially in phase and in straight parallel lines, subject to the requirements of Sub-clause

3 2 1 2

3 2 1 2 *Mouvement transversal*

Le niveau maximal de vibration aux points de fixation et dans toute direction perpendiculaire à la direction désirée (y compris les mouvements de lacet, de torsion, etc.) ne doit pas dépasser 25% du niveau de vibration spécifié

Note — Dans certains cas, par exemple pour les grands spécimens, il peut être difficile de tenir cette limite de 25%. Dans ces cas, la valeur doit être notée et agréée par le client et le fournisseur

3 2 1 3 *Distorsion*

Le taux global d'harmoniques (calculé en valeur efficace) de l'accélération existant aux points de fixation du spécimen se référant à l'accélération réelle qui correspond à la valeur de l'amplitude spécifiée ne doit pas dépasser 25% sauf s'il est compensé par un accroissement du niveau d'excitation tel qu'il rétablisse une amplitude de la fréquence fondamentale égale à l'amplitude spécifiée. Dans ces cas, la valeur du taux de distorsion doit être notée et agréée par le client et le fournisseur

La mesure de la distorsion doit s'effectuer dans une gamme de fréquences allant jusqu'à 5 000 Hz ou jusqu'à cinq fois la fréquence d'excitation, la plus grande des deux valeurs étant prise en considération

3 2 2 *Tolérances sur le niveau de vibration*

Le niveau réel de la vibration, dans la direction requise, doit être égal à la valeur spécifiée avec les tolérances ci-après

3 2 2 1 Au point de contrôle (qui peut être spécifié par la spécification particulière)

- a) Dans la gamme de fréquences où l'amplitude du déplacement est spécifiée $\pm 15\%$
- b) Dans la gamme de fréquences où l'amplitude de l'accélération est spécifiée $\pm 10\%$

3 2 2 2 En chacun des points de fixation spécifiés d'après le tableau I suivant

TABLEAU I

Fréquence	Dans la gamme de fréquences où l'amplitude du déplacement est spécifiée	Dans la gamme de fréquences où l'amplitude de l'accélération est spécifiée
Jusqu'à 150 Hz	$\pm 25\%$	$\pm 15\%$
Au-dessus de 150 Hz	—	$\pm 25\%$

Note — Dans certains cas, par exemple pour des spécimens de grande taille et/ou aux fréquences élevées, il peut être difficile de respecter les valeurs indiquées pour certaines fréquences réparties à l'intérieur de la gamme de fréquences. Dans de tels cas, il est espéré qu'une tolérance plus large ou qu'une autre méthode d'appréciation pourra être spécifiée et agréée par le client et le fournisseur

3.2 3 *Tolérances sur la fréquence*

Les mesures de fréquence effectuées lors de la détermination des fréquences de résonance doivent être faites avec une précision de $\pm 0,5\%$ ou de $\pm 0,5$ Hz, la plus grande de ces deux valeurs étant seule prise en considération

Dans les autres cas, les tolérances sur la mesure des fréquences doivent être de ± 1 Hz jusqu'à 50 Hz et de $\pm 2\%$ au-delà de 50 Hz

3 2 4 *Réalisation du balayage*

On appelle balayage le fait de parcourir une fois dans chaque sens la gamme de fréquences spécifiée, par exemple 10–150–10 Hz

3 2 1 2 *Transverse motion*

The maximum vibration amplitude at the fixing points in any direction perpendicular to the intended direction (including that due to rocking, torsional vibration, etc) shall not exceed 25% of the specified amplitude

Note — In some cases, e.g. for large specimens, it may be difficult to maintain a limit of 25%. In such cases, the value shall be noted and agreed between the customer and the supplier

3 2 1 3 *Distortion*

The total rms harmonic content of the acceleration at the fixing points of the specimen, related to the actual acceleration corresponding to the specified amplitude at the driving frequency, shall not exceed 25% unless compensated for by increasing the driving amplitude so as to restore the amplitude at the fundamental frequency to the specified value. In such cases, the distortion value shall be noted and agreed between the customer and the supplier

The distortion measurement shall cover the frequency range up to 5 000 Hz (c/s) or five times the driving frequency, whichever be the greater

3 2 2 *Vibration amplitude tolerances*

The actual vibration amplitude in the required direction shall be equal to the specified value, within the following tolerances

3 2 2 1 At the control point (which may be specified by the relevant specification)

- a) In the frequency range where displacement amplitude is specified: $\pm 15\%$
- b) In the frequency range where acceleration amplitude is specified: $\pm 10\%$

3 2 2 2 At each specified fixing point as given by Table I below

TABLE I

Frequency	In the frequency range where displacement amplitude is specified	In the frequency range where acceleration amplitude is specified
Up to 150 Hz (c/s)	$\pm 25\%$	$\pm 15\%$
Above 150 Hz (c/s)	—	$\pm 25\%$

Note — In some cases, e.g. for large specimens and/or at high frequencies, it may be difficult to achieve the figures quoted at some discrete frequencies within the frequency range. In such cases, it is expected that a wider tolerance or an alternative method of assessment will be specified and agreed between the customer and the supplier

3 2 3 *Frequency tolerances*

Measurement of frequency for resonance determination shall be made with a tolerance of $\pm 0.5\%$, or ± 0.5 Hz (c/s), whichever be the greater

Frequency tolerances in other cases shall be ± 1 Hz (c/s) up to 50 Hz (c/s) and $\pm 2\%$ over 50 Hz (c/s)

3 2 4 *Sweep method*

A sweep is defined as a traverse of the specified frequency range once in each direction, for example 10–150–10 Hz (c/s)

Le balayage doit être continu et logarithmique et la variation de fréquence doit se faire à raison d'environ un octave par minute. On peut utiliser des sous-gammes linéaires à condition que, à tout instant, la vitesse effective d'exploration ne dépasse pas un octave par minute et que la durée de passage sur chaque octave au-delà de 60 Hz soit approximativement la même que dans le cas du balayage logarithmique. Pour la recherche des résonances, on peut, si nécessaire, réduire la vitesse d'exploration ou s'arrêter temporairement mais tout temps d'arrêt indu devrait être évité.

4 Sévérités

La sévérité de l'essai de vibration est donnée par la combinaison des trois paramètres : gamme de fréquences, amplitude des vibrations et durée de l'épreuve d'endurance. Pour chacun de ces paramètres, la spécification particulière doit choisir les conditions appropriées parmi celles énumérées ci-dessous.

Les sévérités préférentielles à l'usage des composants sont données à l'annexe C, et celles pour matériels, à l'annexe D.

4.1 Gamme de fréquences

On devrait spécifier une ou plusieurs des gammes ci-après :

- 1 à 10 Hz
- 5 à 35 Hz
- 10 à 55 Hz – Voir note 1 et note 2
- 10 à 150 Hz – Voir note 1 et note 3
- 10 à 500 Hz – Voir note 1
- 10 à 2 000 Hz
- 10 à 5 000 Hz

Notes 1 — Si nécessaire, la spécification particulière peut prescrire une gamme commençant à 5 Hz.

2 — Dans des cas spéciaux, la gamme peut être étendue jusqu'à 65 Hz avec un déplacement constant dans toute la gamme.

3 — Dans des cas spéciaux, la gamme peut être étendue jusqu'à 200 Hz.

4.2 Amplitude des vibrations

En dessous d'une certaine fréquence appelée fréquence de transition (normalement entre 57 et 62 Hz), toutes les amplitudes sont spécifiées à déplacement constant alors qu'au-dessus de cette fréquence, elles le sont à accélération constante. Leurs valeurs sont données dans le tableau II et dans la figure 1, page 26.

Chaque valeur de l'amplitude du déplacement est associée à une valeur correspondante de l'amplitude de l'accélération (indiquée sur la même ligne du tableau II) de sorte que le niveau de vibration soit le même à la fréquence de transition. De la sorte, la gamme de fréquences peut être balayée de façon continue en changeant le déplacement constant en amplitude constante à la fréquence de transition et vice-versa.

Dans des cas spéciaux seulement, la spécification particulière peut coupler des amplitudes de déplacement et d'accélération qui donnent une valeur différente de la fréquence de transition (c'est-à-dire, pas sur la même ligne du tableau II).

Par exemple, un déplacement d'amplitude constante à 0,75 mm peut être couplé à une accélération constante d'amplitude égale à 5 g, ce qui donne une fréquence de transition de 40,7 Hz.

The sweeping shall be continuous and logarithmic, and the sweep rate shall be approximately one octave per minute. A linear sweeping approximation may be used, provided the actual sweep rate does not exceed one octave per minute at any time and the duration of passage through each octave above 60 Hz (c/s) is approximately the same as with the logarithmic sweep. Whilst resonance search testing, the sweep rate may be decreased or stopped temporarily if necessary, but undue dwell time should be avoided.

4 Severities

A vibration severity is given by the combination of the parameters frequency range, vibration amplitude and endurance duration. For each parameter, the relevant specification shall choose the appropriate requirements from those listed below.

Lists of preferred severities for components are given in Appendix C, and for equipments in Appendix D.

4.1 Frequency range

One or more of the following ranges should be specified:

- 1 — 10 Hz (c/s)
- 5 — 35 Hz (c/s)
- 10 — 55 Hz (c/s) — See Note 1 and Note 2
- 10 — 150 Hz (c/s) — See Note 1 and Note 3
- 10 — 500 Hz (c/s) — See Note 1
- 10 — 2 000 Hz (c/s)
- 10 — 5 000 Hz (c/s)

Notes 1 — If necessary, the relevant specification may extend the range down to 5 Hz (c/s)

2 — In special cases, the range may be extended to 65 Hz (c/s) with constant displacement throughout the range

3 — In special cases, the range may be extended to 200 Hz (c/s)

4.2 Vibration amplitudes

Below a certain frequency known as the cross-over frequency (basically between 57 and 62 Hz [c/s]) all amplitudes are specified as constant displacement, whilst above this frequency amplitudes are given as constant acceleration. The values are given in Table II and Figure 1, page 26.

Each value of displacement amplitude is associated with a corresponding value of acceleration amplitude (shown on the same line in Table II) so that the magnitude of vibration is the same at the cross-over frequency. Hence a frequency range may be swept continuously, changing from constant displacement to constant acceleration and vice-versa at the cross-over frequency.

In special cases only, the relevant specification may couple displacement and acceleration amplitudes giving a different value of cross-over frequency (i.e. not on the same line in Table II).

For example, a constant displacement amplitude of 0.75 mm may be coupled with a constant acceleration amplitude of 5 g, giving a cross-over frequency of 40.7 Hz (c/s).

Dans des circonstances exceptionnelles, on peut spécifier plus d'une fréquence de transition. Dans tous les cas, les amplitudes spécifiées doivent encore être utilisées.

TABLEAU II

Amplitude du déplacement au-dessous de la fréquence de transition		Amplitude de l'accélération au-dessus de la fréquence de transition	
mm	in	m/s ²	g
0,075	0,003	9,8	(1,0)
0,15	0,006	19,6	(2,0)
0,35	0,014	49	(5,0)
0,75	0,03	98	(10)
1,0	0,04	147	(15)
1,5	0,06	196	(20)
2,0	0,08	294	(30)
3,5	0,14	490	(50)
10*	0,40	—	—
100*	4,0	—	—

* Ces valeurs ne s'appliquent qu'à la gamme 1 – 10 Hz

Notes 1 — Tous les chiffres sont donnés en amplitude (valeurs de crête) (Voir annexe A)

2 — Les valeurs en inches sont déduites des valeurs originales en millimètres et sont approchées

4 3 Durée de l'épreuve d'endurance

La ou les durées à spécifier effectivement doivent être prises parmi celles qui sont données plus loin. Si la durée spécifiée conduit à un temps d'épreuve de 10 heures ou plus par direction ou par fréquence, ce temps peut être subdivisé en périodes d'au moins 5 heures chacune à condition que cela n'entraîne pas une diminution des contraintes appliquées au spécimen (contraintes dues à l'échauffement, etc.)

4 3 1 Endurance par balayage

La durée spécifiée est la somme des temps des épreuves effectuées dans chaque direction. Cette durée doit être également répartie entre les directions spécifiées et doit comprendre la durée du balayage à pleine amplitude effectué lors de la recherche initiale des résonances. La durée de l'épreuve doit être choisie parmi les durées suivantes

30 minutes,
90 minutes;
6 heures,
30 heures,
150 heures

4 3 2 Endurance sur les fréquences de résonance

La durée de l'épreuve effectuée sur chaque fréquence de résonance et dans chaque direction doit être choisie parmi les valeurs suivantes

10 minutes,
30 minutes;
90 minutes,
10 heures,
10⁷ cycles

In exceptional circumstances more than one cross-over frequency may be specified. In all cases, the specified amplitudes shall still be employed.

TABLE II

Displacement amplitude below the cross over frequency		Acceleration amplitude above the cross-over frequency	
mm	in	m/s ²	g
0.075	0.003	9.8	(1.0)
0.15	0.006	19.6	(2.0)
0.35	0.014	49	(5.0)
0.75	0.03	98	(10)
1.0	0.04	147	(15)
1.5	0.06	196	(20)
2.0	0.08	294	(30)
3.5	0.14	490	(50)
10*	0.40	—	—
100*	4.0	—	—

* These values are applicable to the 1 – 10 Hz (c/s) range only.

Notes 1 — All figures quoted are amplitudes (peak values) (See Appendix A.)

2 — The inch values are derived from the original millimetric values and are approximate.

4.3 Duration of endurance conditioning

The duration(s) to be used shall be chosen from those given below. If the specified duration leads to a conditioning time of 10 hours or more per direction or frequency, this time may be split into periods, each of not less than 5 hours, provided that stresses in the specimen (due to heating, etc.) are not reduced.

4.3.1 Endurance by sweeping

Each specified duration is the sum of the conditioning times in each direction. This duration shall be equally divided among the directions specified and shall include the duration of sweeping at full amplitude during the resonance searches. It shall be chosen from the following:

30 minutes,
90 minutes,
6 hours,
30 hours,
150 hours

4.3.2 Endurance at resonance frequencies

The duration of the conditioning at each resonance frequency, in each direction, shall be chosen from the following:

10 minutes,
30 minutes,
90 minutes,
10 hours,
10⁷ cycles

4 3 3 *Endurance à des fréquences prédéterminées*

La durée prescrite par la spécification particulière doit tenir compte de la durée totale pendant laquelle le spécimen est susceptible d'être soumis à de telles vibrations au cours de sa vie en service. Pour chaque combinaison de fréquence et de direction spécifiée, la durée de l'épreuve ne doit pas dépasser 10^7 cycles.

5 **Exécution de l'essai**

Voir paragraphe 2 4

5 1 *Mesures initiales*

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

5 2 *Épreuve*

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

Les trois phases de l'essai (paragraphe 5 2 1, 5 2 2 et 5 2 3) doivent être exécutées à la suite l'une de l'autre dans la même direction et reprises ensuite pour chaque autre direction. La spécification particulière peut, si nécessaire, prescrire une séquence différente, telle que la recherche des fréquences de résonance puisse être effectuée dans plus d'une direction avant de commencer l'épreuve d'endurance.

La spécification particulière devrait indiquer les circonstances dans lesquelles le spécimen doit être mis en fonctionnement électrique et/ou mécanique.

5 2 1 *Recherche initiale des résonances*

La gamme de fréquences doit être balayée en totalité afin d'étudier les réactions du spécimen aux vibrations, de déterminer les fréquences de résonance et d'avoir les informations nécessaires pour la recherche finale des résonances et pour l'exécution de l'épreuve d'endurance sur ces fréquences, s'il y a lieu. La recherche initiale des résonances doit normalement être exécutée au même niveau que l'épreuve d'endurance, mais le niveau de vibration peut être ramené en-dessous de cette valeur s'il peut en découler une détermination plus précise des caractéristiques des résonances.

Au cours de ce balayage, le spécimen doit être examiné pour déterminer les fréquences auxquelles

- a) un mauvais fonctionnement et/ou une altération des propriétés du spécimen dus aux vibrations appliquées se produisent,
- b) des résonances mécaniques apparaissent.

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 des résonances spécifiée au paragraphe 5 2 3.

S'il y a lieu, on fera fonctionner le spécimen pendant cette recherche des 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 des 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.

4.3.3 *Endurance at pre-determined frequencies*

The duration stated in the relevant specification shall take into account the total time the specimen is expected to be submitted to such vibration during its operational life. An upper limit of 10^7 cycles shall apply for each stated combination of frequency and direction.

5 **Testing procedure**

See also Sub-clause 2.4

5.1 *Initial measurements*

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

5.2 *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 three test stages (Sub-clauses 5.2.1, 5.2.2 and 5.2.3) shall be performed in sequence in the same direction and repeated for the other directions. If necessary, the sequence may be varied by the relevant specification, so as to allow resonance search to be carried out in more than one direction before starting the endurance conditioning.

The relevant specification should state the circumstances in which electrical and/or mechanical functioning of the specimen is required.

5.2.1 *Initial resonance search*

A complete sweep of the frequency range shall be carried out in order to study the behaviour of the specimen under vibration, to determine resonance frequencies and to obtain information for final resonance search. Endurance conditioning, if applicable, is carried out on these resonance frequencies. Normally, the initial resonance search shall be carried out at the same amplitude as for the endurance conditioning, but the vibration amplitude may be decreased below this full value if thereby more precise determination of the resonance characteristics can be obtained.

During this procedure, the specimen shall be examined in order to determine frequencies at which

- a) specimen malfunctioning and/or deterioration of performance are exhibited which are dependent on vibration,
- b) mechanical resonances occur.

All frequencies and amplitudes at which these effects occur shall be noted for comparison with those found in the final search specified in Sub-clause 5.2.3.

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

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

5 2 2 *Epreuve d'endurance*

La spécification particulière doit choisir la méthode de l'épreuve d'endurance et prescrire la sévérité applicable (article 4), compte tenu des indications données dans la description générale (paragraphe 2 3 2)

5 2 2 1 *Epreuve d'endurance par balayage*

La fréquence doit varier de manière continue, comme prescrit dans le paragraphe 3 2 4

En cas de nécessité, la gamme de fréquences pourra être subdivisée

Si la spécification particulière le prescrit, le spécimen sera mis en fonctionnement et vérifié au cours de l'épreuve pendant la fraction spécifiée du temps total de l'épreuve

5 2 2 2 *Epreuve d'endurance sur les fréquences de résonance*

L'épreuve est effectuée sur les fréquences de résonance pour lesquelles une défaillance, un mauvais fonctionnement ou tout autre effet indésirable a des chances de se produire au cours de la vie du spécimen. Toutefois, on peut espérer que le nombre de ces fréquences dans chaque direction sera faible et normalement au plus égal à quatre. Si leur nombre excède quatre, l'épreuve préférentielle d'endurance par balayage devrait normalement être utilisée, mais dans des cas exceptionnels qui peuvent être prescrits par la spécification particulière ou agréés par le client et le fournisseur, l'épreuve peut être effectuée sur ces fréquences de résonance additionnelles

La fréquence pilote doit être réglée de façon que la résonance soit toujours pleinement excitée

Note — Dans le cas d'un spécimen monté sur amortisseurs, la spécification particulière doit indiquer si la fréquence fondamentale de résonance du spécimen monté sur ses amortisseurs devrait ou non être prise en considération pour cette épreuve d'endurance

5 2 2 3 *Epreuve d'endurance sur des fréquences prédéterminées*

L'épreuve est effectuée sur les fréquences au niveau et pour la durée spécifiés par la spécification particulière

5 2 3 *Recherche finale des résonances*

La recherche finale des résonances doit être faite de la même manière que la recherche initiale (paragraphe 5 2 1) et aux mêmes niveaux de vibration. La spécification particulière peut indiquer l'action à entreprendre si une variation quelconque de fréquence de résonance se produit

Il peut être nécessaire de laisser s'écouler un certain temps après l'épreuve d'endurance, tel qu'il permette au spécimen de reprendre les mêmes conditions qu'au début de la recherche initiale des résonances (par exemple au regard de la température)

5 3 *Mesures finales*

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