

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60068-2-47**

Troisième édition  
Third edition  
2005-04

---

---

**Essais d'environnement –**

**Partie 2-47:**

**Essais –**

**Fixation de spécimens pour essais de vibrations,  
d'impacts et autres essais dynamiques**

**Environmental testing –**

**Part 2-47:**

**Tests –**

**Mounting of specimens for vibration,  
impact and similar dynamic tests**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60068-2-47:2005

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60068-2-47**

Troisième édition  
Third edition  
2005-04

---

---

**Essais d'environnement –**

**Partie 2-47:**

**Essais –**

**Fixation de spécimens pour essais de vibrations,  
d'impacts et autres essais dynamiques**

**Environmental testing –**

**Part 2-47:**

**Tests –**

**Mounting of specimens for vibration,  
impact and similar dynamic tests**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**V**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
INTRODUCTION .....	8
1 Domaine d'application .....	10
2 Références normatives.....	10
3 Termes et définitions .....	10
4 Généralités .....	10
5 Fixation, lorsque le spécimen est un composant .....	12
6 Fixation, lorsque le spécimen est un matériel ou un autre article .....	12
7 Fixation, lorsque le spécimen est un produit emballé .....	14
7.1 Emballage disponible (Voir également l'Article B.2).....	14
7.2 Produit normalement emballé mais emballage non disponible (Voir également l'Article B.3).....	16
8 Renseignements à donner dans la spécification particulière.....	16
Annexe A (informative) Guide général.....	28
Annexe B (informative) Guide pour les produits emballés .....	42
Annexe C (informative) Réponse d'un système à simple degré de liberté (SDOF en anglais) à une impulsion de choc demi-sinus .....	58
Bibliographie .....	68
Figure 1 – Exemples de moyens évidents pour la fixation des composants.....	18
Figure 2 – Exemples de fixation de composants par les sorties seulement.....	20
Figure 3 – Exemples de fixation de composants par le corps seulement .....	22
Figure 4 – Exemples de fixation de composants par le corps et les sorties .....	24
Figure 5 – Exemples de fixation de boîtier électronique.....	26
Figure B.1 – Facteurs généraux de transmissibilité pour matériaux d'emballage .....	50
Figure C.1 – Caractéristiques types de l'impulsion demi sinus .....	62
Figure C.2 – Caractéristiques de transmissibilité types, système à simple degré de liberté (SDOF) .....	62
Figure C.3 – Réponses d'accélération crête SRS .....	64
Figure C.4 – Amplitude relative de crêtes de réponses secondaires .....	66
Figure C.5 – Notation des caractéristiques de réponse.....	66

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	9
1 Scope .....	11
2 Normative references .....	11
3 Terms and definitions .....	11
4 General .....	11
5 Mounting, where the specimen is a component .....	13
6 Mounting, where the specimen is equipment and other articles .....	13
7 Mounting, where the specimen is a packaged product .....	15
7.1 Packaging available (see also Clause B.2) .....	15
7.2 Product normally packaged but packaging not available (see also Clause B.3) .....	17
8 Information to be given in the relevant specification .....	17
Annex A (informative) General guidance .....	29
Annex B (informative) Guidance on packaged products .....	43
Annex C (informative) Response of a single degree of freedom (SDOF) system to a half-sine shock pulse .....	59
Bibliography .....	69
Figure 1 – Examples of obvious means of mounting components .....	19
Figure 2 – Examples of mounting of components by the leads only .....	21
Figure 3 – Examples of mounting of components by the body only .....	23
Figure 4 – Examples of mounting of components by the body and the leads .....	25
Figure 5 – Examples of mounting of electronic cabinets .....	27
Figure B.1 – Generalized transmissibility factors for packaging materials .....	51
Figure C.1 – Typical characteristics of half sine pulse .....	63
Figure C.2 – Typical single degree of freedom (SDOF) transmissibility characteristics .....	63
Figure C.3 – Peak Acceleration Responses SRS .....	65
Figure C.4 – Relative Amplitude of Secondary Response Peaks .....	67
Figure C.5 – Notation of Response Characteristics .....	67

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

#### **Partie 2-47: Essais – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques**

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60068-2-47 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, publiée en 1999, dont elle constitue une révision technique.

Les modifications techniques principales par rapport à la deuxième édition concernent les informations spécifiques sur l'essai de produits emballés.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**ENVIRONMENTAL TESTING –****Part 2-47: Tests –  
Mounting of specimens for vibration,  
impact and similar dynamic tests**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60068-2-47 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1999, and constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the second edition are related to specific guidance on the testing of packaged products.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
104/359/FDIS	104/366/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Cette norme constitue la Partie 2-47 de la CEI 60068 qui comportent les parties principales suivantes, présentées sous le titre général *Essais d'environnement*:

Partie 1: Généralités et guide

Partie 2: Essais

Partie 3: Documentation d'accompagnement et guide

Partie 4: Renseignements destinés aux rédacteurs de spécification

Partie 5: Guide pour la rédaction des méthodes d'essais

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

FDIS	Report on voting
104/359/FDIS	104/366/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

This standard forms Part 2-47 of IEC 60068 which consists of the following major parts, under the general title *Environmental testing*:

Part 1: General and guidance

Part 2: Tests

Part 3: Supporting documentation and guidance

Part 4: Information for specification writers

Part 5: Guide to drafting of test methods

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60068 définit les exigences et donne des informations concernant la fixation de composants, matériels et autres articles et produits en boîtier, dénommés ci-après «spécimens», quand ils sont soumis à des essais de vibrations, d'impacts et à d'autres essais dynamiques.

Dans tous les cas, les spécimens représentant les composants types sont fixés comme précisé dans la spécification particulière. Dans le cas où ces détails ne seraient pas spécifiés, un certain nombre de méthodes de fixation normalisées sont indiquées dans la présente norme.

Il convient que les spécimens représentant les matériels types soient fixés au moyen de leurs dispositifs de fixation normaux, sauf exigences contraire de la spécification particulière.

Dans un premier temps, on essaie d'abord de classer les spécimens en types de composants ou matériels et puis on doit procéder à l'essai selon le classement. Si cela n'est pas possible, par exemple dans le cas des articles emballés, la présente norme peut encore s'appliquer, mais seulement à l'emballage et non à son contenu. Il convient de noter que la présente norme ne s'applique pas aux essais des emballages vides.

Des directives générales d'application sont fournies aux endroits appropriés dans l'Annexe A, aussi bien à l'intention du rédacteur de spécifications qu'à celle du technicien d'essai. Des informations spécifiques sur l'essai de produits emballés sont données à l'Annexe B. L'Annexe C fournit des informations sur la méthodologie pour modifier un essai à impulsion en demi-sinus, utilisé en entrée d'un spécimen emballé, lorsque l'emballage n'est pas disponible.

Dans certains cas, les exigences et les orientations concernant la fixation sont incorporées, partiellement ou en totalité dans les normes particulières de la série CEI 60068, par exemple l'Essai Fh. Si une telle norme est citée en référence par la spécification correspondante, celle-ci nécessitera d'être étudiée au même titre que la présente norme.

## INTRODUCTION

This part of IEC 60068 defines the requirements and gives information regarding the mounting of components, equipment and other articles and packaged products, referred to as "specimens", when they are subjected to vibration, impact and similar dynamic tests.

In all cases, component-type specimens are mounted as stated in the relevant specification. Where these details are not specified, a number of standardized methods of mounting are given in this standard.

Equipment-type specimens should be mounted by their normal means of attachment unless otherwise stated in the relevant specification.

An attempt is made, in the first instance, to categorize specimens into either component or equipment types and then to proceed to test accordingly. If this is not possible, for example for packaged items, this standard may still be relevant, but relates to the packaging and not to the contents. It should be noted that this standard does not apply to the testing of empty packaging.

General guidance is provided in Annex A, as appropriate for both the specification writer and the test engineer. Specific guidance on the testing of packaged products is given in Annex B. Annex C provides guidance on the methodology for modifying a half sine pulse test, used as input to a packaged specimen, when the packaging is not available.

In some instances, requirements and guidance on mounting are included, partly or wholly, in the individual standards of the IEC 60068 series, for example, Test Fh. Where such a standard is called up by the relevant specification, it will need to be studied as well as this standard.

## ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

### Partie 2-47: Essais – Fixation de spécimens pour essais de vibrations, d'impacts et autres essais dynamiques

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60068 donne les méthodes de fixation pour les produits, qu'ils soient emballés ou non emballés et les exigences de fixation des matériels et autres articles, pour les séries d'essais dynamiques de la CEI 60068-2, tels que les impacts (Essai E), les vibrations (Essai F) et l'accélération constante (Essai G). Lorsqu'ils sont fixés au moyen d'essais et soumis à ces essais, qu'ils soient emballés ou non emballés, ils sont dénommés spécimens.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60068-2-55:1987, *Essais d'environnement – Partie 2-55: Essais – Essai E3 et guide: Rebondissement*

ISO 2041:1990, *Vibrations et chocs – Vocabulaire*

#### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions contenus dans l'ISO 2041 et la CEI 60068-1 s'appliquent.

##### 3.1

##### **paquet**

résultat de l'opération d'emballage, correspondant à l'emballage et son contenu, par exemple, des dispositifs électroniques préparés pour le transport

##### 3.2

##### **emballage**

produit composé de n'importe quel matériel de n'importe quelle nature destiné à être utilisé pour le confinement, la protection, la manutention et la livraison, par exemple, une boîte en carton-fibre ondulé

#### 4 Généralités

La spécification particulière doit indiquer si l'effet de la force de pesanteur a de l'importance. Si oui, le spécimen doit être fixé 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 spécimen peut être fixé dans n'importe quelle position.

## ENVIRONMENTAL TESTING –

### Part 2-47: Tests – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests

#### 1 Scope

This part of IEC 60068 provides methods for mounting products, whether packaged or unpackaged, as well as mounting requirements for equipment and other articles, for the series of dynamic tests in IEC 60068-2, that is impact (Test E), vibration (Test F) and acceleration, steady-state (Test G). When they are fastened to the test apparatus and subjected to these tests, whether packaged or unpackaged, they are referred to as specimens.

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-55:1987, *Environmental testing – Part 2-55: Tests – Test Ee and guidance: Bounce*

ISO 2041:1990, *Vibration and shock – Vocabulary*

#### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions used in ISO 2041 and IEC 60068-1 apply.

##### 3.1

##### **package**

result of the packing operation, consisting of the packaging and its contents, for example, electronic devices prepared for transport

##### 3.2

##### **packaging**

product made of any material of any nature to be used for the containment, protection, handling and delivery, for example, a corrugated fibreboard box

#### 4 General

The relevant specification shall state whether the effect of gravitational force is important. If so, the specimen shall be mounted in such a way that the gravitational force acts in the same direction as it would in use. Where the effect of gravitational force is not important, the specimen may be mounted in any attitude.

La spécification particulière doit également préciser, si cela est important pour les résultats de l'essai

- a) les limites de température pour lesquelles le spécimen doit être essayé,
- b) le champ magnétique parasite maximal auquel on peut soumettre le spécimen, et/ou l'orientation du spécimen par rapport à la direction du champ magnétique (par exemple au voisinage d'un générateur électrodynamique de vibrations),
- c) l'humidité relative dans laquelle le spécimen doit être essayé.

## 5 Fixation, lorsque le spécimen est un composant

La méthode de fixation à utiliser doit être celle que prescrit la spécification particulière.

Si la méthode de fixation n'est pas spécifiée, mais s'impose d'après la configuration du spécimen, comme dans la Figure 1, c'est celle-ci qui doit être utilisée. Si elle n'est pas évidente, on doit choisir, dans la mesure du possible, la méthode qui s'accorde avec les principes donnés dans les Figures 2, 3 ou 4, sans oublier que l'essai peut viser soit à éprouver dynamiquement les sorties seules ou le corps seul, ou les deux, soit à déterminer la robustesse interne du spécimen.

Si l'on doit essayer un spécimen muni de sorties additionnelles, on doit disposer celles-ci de telle sorte qu'elles imposent des contraintes ou des masses similaires à celles que subira le spécimen lors de son utilisation normale.

Dans tous les cas, les composants doivent être fixés sur un support rigide ou directement sur la surface de montage du moyen d'essai. Le plus classique des modes de défaillance des composants électroniques tel que décrit dans les Figures 1, 2 et 3, n'est pas lié à un défaut du composant lui-même mais de la connexion soudée sur un circuit imprimé flexible. L'essai du circuit imprimé complet est essentiel.

NOTE Un «support rigide d'essai» est un support pour lequel il n'y a pas de résonance dans la totalité de la gamme d'essais ou dont les exigences des tolérances concernant ces essais peuvent être respectées en tout point de fixation.

## 6 Fixation, lorsque le spécimen est un matériel ou un autre article

Le spécimen doit être mécaniquement fixé sur la surface de montage du moyen d'essai soit directement, soit par l'intermédiaire d'un bâti de fixation rigide (voir la note précédente), tel que décrit en Figure 5, soit suivant ce que prescrit la spécification particulière.

NOTE Dans le cas de vibrations acoustiquement induites, la technique de fixation est notablement différente et il est recommandé de faire référence à la CEI 60068-2-65.

Si l'on peut disposer du dispositif normal de fixation du spécimen, la spécification particulière doit préciser si on doit l'utiliser (voir également l'Article A.2).

Tout support ou système de bridage supplémentaire doit être évité. On doit disposer tout organe de liaison avec le spécimen, tel que câbles, tuyaux, etc., de telle sorte qu'il impose une contrainte ou une masse similaire à celles que subit le spécimen lorsqu'il est installé en position de service. Pour y arriver, il peut être nécessaire de fixer les câbles, tuyaux, etc., au bâti.

La spécification particulière doit spécifier la taille, le moment de couple de fixation et la tolérance associée des boulons de fixation.

If significant for the test results, the relevant specification shall also state

- a) the temperature limits within which the specimen shall be tested,
- b) the maximum level of magnetic interference which may be imposed on the specimen and/or the orientation of the specimen in relation to the direction of the magnetic field (for example, near an electrodynamic vibration generator),
- c) the relative humidity limits within which the specimen shall be tested.

## **5 Mounting, where the specimen is a component**

The mounting method to be used shall be as stated in the relevant specification.

Where the method of mounting is not specified but is obvious from the design, as in Figure 1, this method shall be used. Where it is not obvious, the mounting methods shall, whenever possible, be chosen in accordance with the principles shown in Figures 2, 3 or 4, bearing in mind whether the intention is to load dynamically the leads and/or the body or to determine the internal robustness.

When the specimen is to be tested with additional leads attached, these shall be so arranged that they impose similar restraint and mass to those when the specimen is used in its normal manner.

In all cases, components shall be fastened to a rigid test fixture or directly to the mounting surface of the test apparatus. The most common failure mode for electronic components as shown in Figures 1, 2 and 3 is not failure of the component itself but of the solder connection due to flexure of the printed circuit board. Testing of the complete printed circuit board is essential.

NOTE A "rigid test fixture" is one where there are no resonances within the test range or where the requirements of the test tolerances can be met at all fixing points.

## **6 Mounting, where the specimen is equipment and other articles**

The specimen shall be mechanically connected to the mounting surface of the test apparatus either directly or by means of a rigid test fixture (see note above), as shown in Figure 5, or as stated in the relevant specification.

NOTE In the case of acoustically induced vibration, the mounting technique is quite different and reference should be made to IEC 60068-2-65.

In cases where the normal mounting structure for the equipment is available, the relevant specification shall state if it shall be used (see also Clause A.2).

Any additional stays or straps shall be avoided. Any connections to the specimen such as cables, pipes, etc. shall be so arranged that they impose similar restraint and mass to those when the specimen is installed in its operational position. In order to achieve this, it may be necessary to fasten the cables, pipes, etc., to the fixture.

The relevant specification shall specify the size, mounting torque and associated tolerance of the fixing bolts.

Les spécimens conçus pour être utilisés avec amortisseurs doivent normalement être essayés avec ceux-ci. S'il n'est guère possible de faire l'essai avec les amortisseurs appropriés, on peut essayer les spécimens sans amortisseurs selon une sévérité différente, comme prescrit dans la spécification particulière.

La spécification particulière peut prescrire un essai supplémentaire sur un spécimen avec ses amortisseurs extérieurs enlevés ou bloqués, de façon à démontrer que le spécimen possède un minimum de robustesse acceptable. Dans ce cas, la sévérité applicable doit être donnée dans la spécification particulière.

S'il est probable qu'au plan opérationnel un effet calorifique quelconque sur les amortisseurs puisse devenir significatif, celui-ci doit être pris en compte au cours des essais.

## **7 Fixation, lorsque le spécimen est un produit emballé**

Toutes les exigences particulières des Articles 5 et 6 ci-dessus doivent être satisfaites.

En général, afin de reproduire les effets de la phase de transport, un produit, normalement emballé pour cette phase, doit être essayé dans son emballage. Toutefois, il existe un certain nombre de situations à prendre en compte, à savoir:

### **7.1 Emballage disponible** (Voir également l'Article B.2)

Sauf exigence contraire dans la spécification particulière, l'emballage éventuel doit être utilisé au cours des essais.

Si la méthode de fixation du produit emballé sur le véhicule d'essai est connue, il doit en être fait une réplique si cela est réalisable dans la pratique et toutes les informations détaillées à ce sujet doivent être stipulées dans la spécification particulière et indiquées dans le rapport d'essais.

La spécification particulière doit prescrire les dimensions, le moment du couple de fixation et la tolérance associée des boulons de fixation.

Si le spécimen peut être fixé sur un véhicule de transport de différentes façons connues, alors à partir des connaissances techniques sur le comportement dynamique du produit, le ou les cas le(s) plus défavorable(s) doit(doivent) être choisi(s) qui est/sont le(s) plus susceptible(s) de révéler les défauts.

Lorsque le spécimen est fixé au véhicule de transport mais que la méthode varie de manière imprévisible, il doit être mécaniquement connecté au moyen d'essai conformément à la spécification particulière. Il peut s'agir d'une méthode dont seules les connaissances techniques peuvent décider et elle doit être fondée sur les défauts les plus susceptibles d'être révélés.

Si le spécimen est destiné, ou susceptible, d'être transporté dans un véhicule sans être fixé ou avec un certain degré de liberté, il doit être soumis aux essais de la CEI 60068-2-55. Voir aussi B.4.3.

Si le produit emballé est destiné à être fixé sur un véhicule de transport mais qu'il est considéré comme susceptible de ne pas être fixé dans la pratique, la spécification particulière peut exiger l'application de la méthode d'essai indiqué dans l'alinéa précédent. Cela peut venir en complément de l'essai approprié dans lequel le produit est fixé.

Specimens intended for use with isolators shall normally be tested with their isolators. If it is not practicable to carry out the test with the appropriate isolators, the specimen may be tested without the isolators at a different severity, as stated in the relevant specification.

The relevant specification may require an additional test on a specimen with the external isolators removed or blocked, in order to demonstrate that minimum acceptable structural resistance has been achieved. In this case, the severity to be applied shall be given in the relevant specification.

Where, operationally, any heating effect on the isolators is likely to be of significance, this shall be taken into account during testing.

## **7 Mounting, where the specimen is a packaged product**

All the relevant requirements in Clauses 5 and 6 above shall be met.

Generally, in order to reproduce the effects of the transportation phase, a product, if normally packaged for that phase, shall be tested in its packaging. However, there are a number of situations to consider, as follows:

### **7.1 Packaging available (see also Clause B.2)**

Unless otherwise stated in the relevant specification, the packaging, if available, shall be used during the testing.

If the method of fastening the packaged product to a transportation vehicle is known, that method shall, where practicable, be replicated and details of this shall be specified in the relevant specification and stated in the test report.

The relevant specification shall specify the size, mounting torque and associated tolerance of the fixing bolts.

If the specimen is capable of being fastened to a transportation vehicle in a number of known ways then, from engineering knowledge of the dynamic behaviour of the product, the worst case(s) shall be selected so that faults are most likely to be revealed.

Where the specimen is fastened to a transportation vehicle but the method varies in an unpredictable way, it shall be mechanically connected to the test apparatus as detailed in the relevant specification. This may be in a manner which only engineering judgement can decide and shall be based upon faults considered most likely to be revealed.

If the specimen is intended, or is likely, to be carried in a transportation vehicle without being fastened down, or with some degree of freedom, it shall be tested in accordance with IEC 60068-2-55. See also B.4.3.

If the packaged product is intended to be fastened to a transportation vehicle but it is considered likely that, in practice, it might not be fastened down, the relevant specification may require the test method stated in the previous paragraph to be applied. This may be in addition to the appropriate test where the product is fastened down.

## 7.2 Produit normalement emballé mais emballage non disponible (Voir également l'Article B.3)

Si un produit est normalement emballé mais que l'emballage n'est pas disponible, il n'est généralement pas possible de fixer le produit sur le moyen d'essai d'une manière qui soit vraiment représentative et l'essai devient empirique. Cependant, il est possible de régler la sévérité d'essai pour permettre de tenir compte de la protection qu'apporterait l'emballage s'il était présent. Une grande prudence est demandée dans l'interprétation des résultats dans ce cas et il est recommandé qu'un tel essai soit considéré comme un essai de simulation et non comme un essai définitif. Il est fortement recommandé de réitérer l'essai avec le spécimen dans son emballage.

Il existe deux situations: premièrement, le comportement de l'emballage est connu, deuxièmement il ne l'est pas. Ces deux situations sont traitées ci-après individuellement.

### 7.2.1 Comportement d'emballage connu

Si le comportement de l'emballage est connu, ou s'il peut être calculé, cela permettra souvent de modifier la sévérité appliquée. Connaître la fonction de transfert ou la transmissibilité de l'emballage permet de régler les niveaux d'essai de vibrations et de chocs; voir aussi Annexe C.

Lorsque la conception de l'emballage définit sa position au cours du transport, alors celle du produit à l'intérieur est également connue. Il doit être fixé à la surface de fixation du moyen d'essai d'une manière représentative de cette position. Sauf exigence contraire dans la spécification particulière, la sévérité d'essai modifiée (voir ci-dessus) doit être appliquée.

Lorsque la position du paquet varie au cours du transport et que par conséquent la position du produit peut varier, l'essai doit être réalisé dans la position considérée comme représentant le ou les cas le(s) plus défavorable(s). S'il n'est pas techniquement possible de faire ce choix, un certain nombre de positions constituant des cas les plus défavorables doivent être indiquées dans la spécification particulière. Sauf exigence contraire dans la spécification particulière, la sévérité d'essai modifiée (voir ci-dessus) doit être appliquée.

Bien que le comportement de l'emballage puisse être connu et que le paquet soit ou puisse être transporté sans être fixé à bord d'un véhicule de transport, l'absence de l'emballage rend l'essai impossible en pratique. Voir Article B.3 et B.4.3.

### 7.2.2 Comportement de l'emballage inconnu

Lorsque l'emballage n'est pas disponible et que son comportement n'est pas connu, des courbes de transmissibilité généralisées sont fournies à la Figure B.1 en vue de modifier la sévérité de l'essai de vibrations appliqué. Il est recommandé que la spécification particulière précise quelle courbe de transmissibilité doit être utilisée. L'Annexe C donne une méthode pour régler la sévérité du choc en demi-sinus.

## 8 Renseignements à donner dans la spécification particulière

Quand il est fait référence à la présente partie de la CEI 60068-2 dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés, dans la mesure où ils sont applicables.

- a) Fixation et position d'essai, effet de la pesanteur (Article 4)
- b) Température maximale ou minimale (Article 4)
- c) Champ magnétique parasite maximal (Article 4)
- d) Humidité relative maximale ou minimale (Article 4)
- e) Fixation des spécimens (composants) (Article 5)

## 7.2 Product normally packaged but packaging not available (see also Clause B.3)

If a product is normally packaged but the packaging is not available, it is generally not possible to mount the product on the test apparatus in a truly representative manner and the test becomes one of an empirical nature. However, it is possible to adjust the test severity in order to allow for an element of the protection provided when the packaging is otherwise present. Great care is needed in interpreting the results in this case and such a test should be considered as a development test, not an approval test. It is strongly recommended to test again with the specimen in the packaging.

Two situations exist; firstly, where the packaging performance is known and secondly, where it is not known. These are dealt with separately below.

### 7.2.1 Packaging performance known

If the packaging performance is known, or can be calculated, this will often enable the applied severity to be modified. Knowledge of the transfer function or transmissibility of the packaging provides the ability to adjust the vibration or shock test levels, see also Annex C.

Where the design of the packaging defines its attitude during transportation, then the attitude of the internal product is also known. It shall be fastened to the mounting surface of the test apparatus in a manner representative of that attitude. Unless otherwise stated by the relevant specification, the modified severity shall be applied (see previous paragraph).

Where the attitude of the package during transportation is variable and hence the attitude of the product can vary, the test shall be conducted in the attitude considered to represent the worst case(s). If engineering judgement does not enable this choice to be made, a number of possible worst case attitudes shall be stated in the relevant specification. Unless otherwise stated in the relevant specification, the modified test severity (see above) shall be applied.

Although the packaging performance may be known and the package is, or might be, carried in an unfastened manner in a transportation vehicle, the absence of the packaging prevents a practicable test from being performed. See Clause B.3 and B.4.3.

### 7.2.2 Packaging performance not known

Where the packaging is not available and its performance is not known, generalized transmissibility curves are provided in Figure B.1 for use in modifying the applied vibration test severity. The relevant specification should state which transmissibility curve shall be used. Annex C provides a method for adjusting the half-sine shock severity.

## 8 Information to be given in the relevant specification

When this part of IEC 60068-2 is referred to in a relevant specification, the following details shall be given as far as they are applicable.

- a) Mounting and attitude for testing, gravitational effect (Clause 4)
- b) Maximum or minimum temperature (Clause 4)
- c) Maximum magnetic interference (Clause 4)
- d) Maximum or minimum relative humidity (Clause 4)
- e) Mounting of specimens (components) (Clause 5)

- f) Fixation des spécimens (matériels et autres articles) (Article 6)
- g) Fixation des paquets (empilage)
- h) Courbe de transmissibilité utilisée pour modifier la sévérité de l'essai (Article 7)

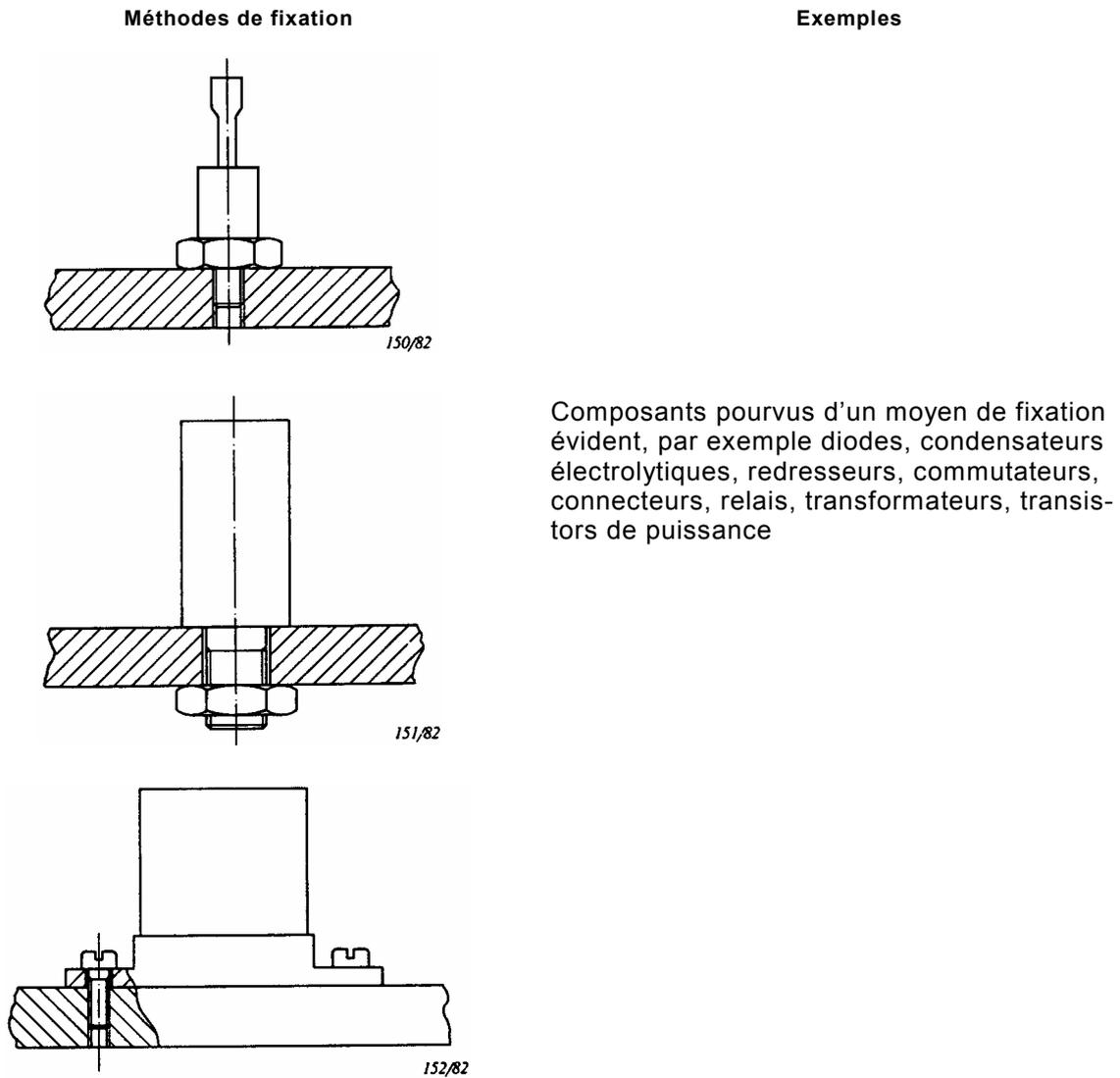


Figure 1 – Exemples de moyens évidents pour la fixation des composants

- f) Mounting of specimens (equipment and other articles) (Clause 6)
- g) Mounting of package (stacking)
- h) Transmissibility curve used to modify test severity (Clause 7)

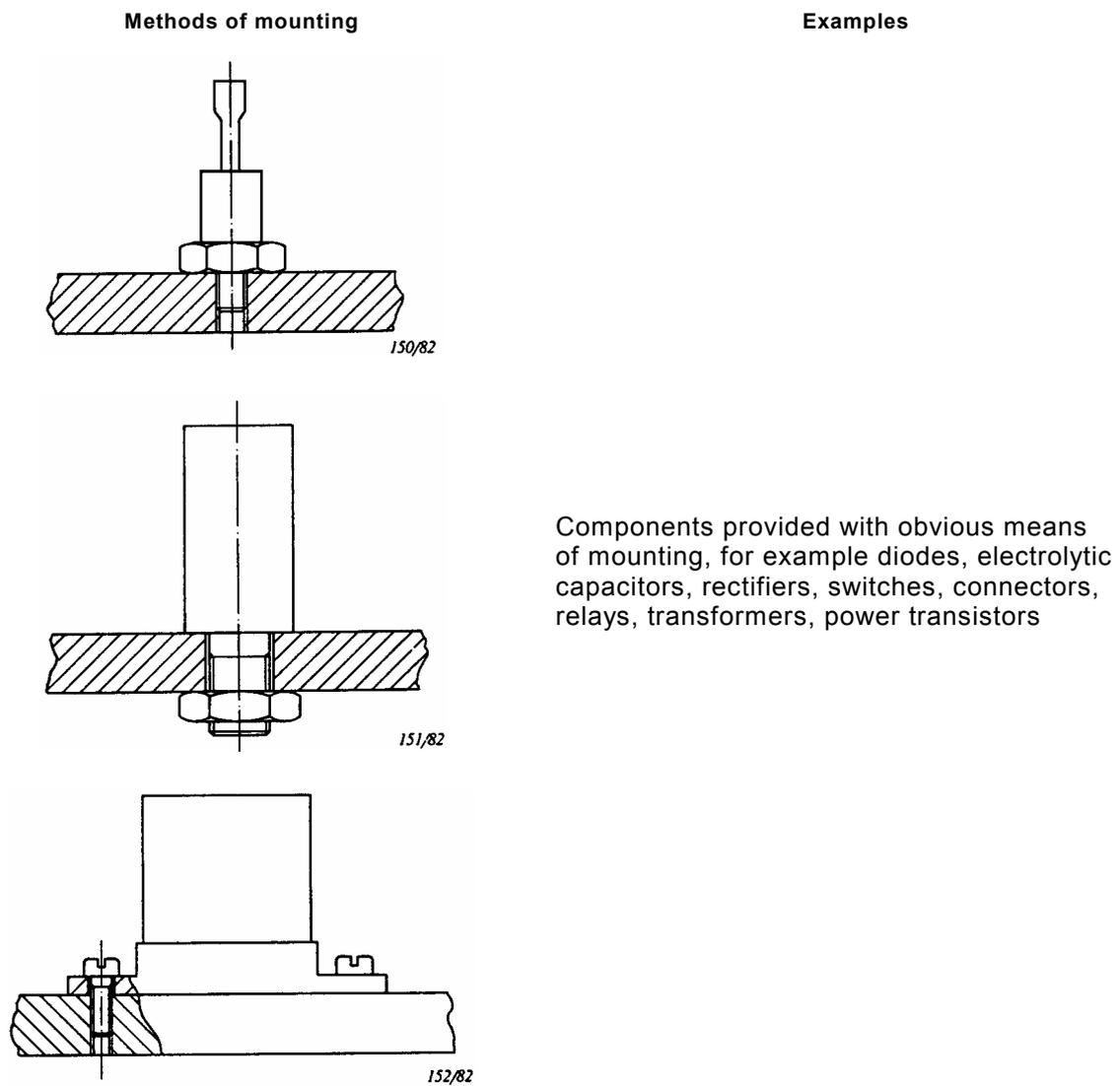
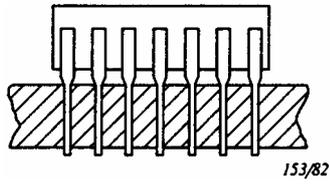


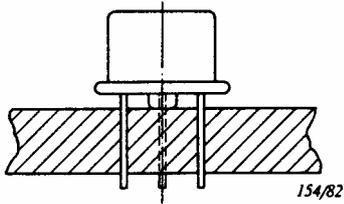
Figure 1 – Examples of obvious means of mounting components

Méthodes de fixation

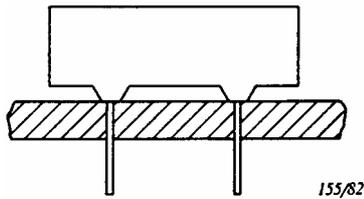
Exemples



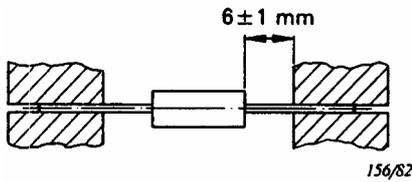
153/82



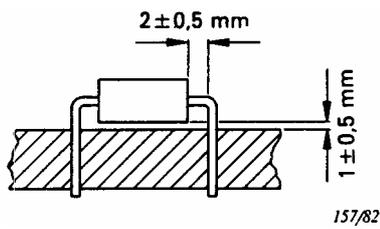
154/82



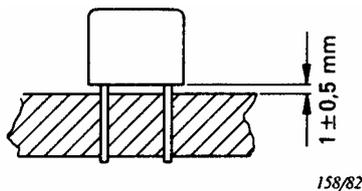
155/82



156/82



157/82



158/82

Composants tels que transistors, circuits intégrés, relais et autres où la distance du corps au bâti est définie par la conception

Résistances, condensateurs

Résistances, condensateurs, inductances, diodes

Résistances, condensateurs, inductances, diodes, transistors

NOTE Il importe que la spécification particulière précise si le composant est ou non en contact avec la surface de montage.

Figure 2 – Exemples de fixation de composants par les sorties seulement

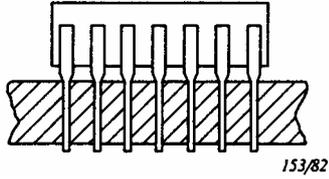
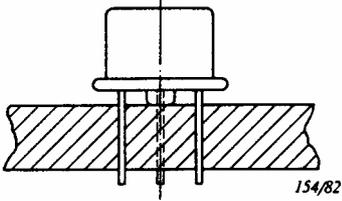
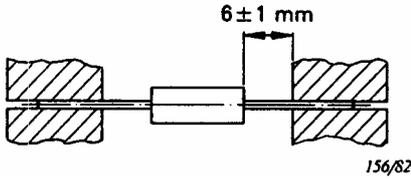
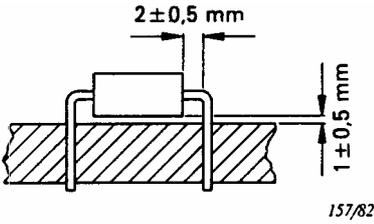
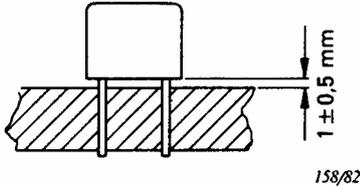
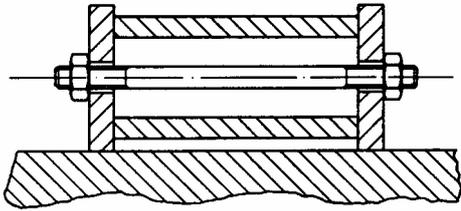
Methods of mounting	Examples
 <p>153/82</p>	<p>Components such as transistors, integrated circuits, relays and others where the distance to the fixture is limited by design</p>
 <p>154/82</p>	<p>Resistors, capacitors</p>
 <p>6 ± 1 mm</p> <p>156/82</p>	<p>Resistors, capacitors, inductors, diodes</p>
 <p>2 ± 0,5 mm</p> <p>1 ± 0,5 mm</p> <p>157/82</p>	<p>Resistors, capacitors, inductors, diodes, transistors</p>
 <p>1 ± 0,5 mm</p> <p>158/82</p>	<p>NOTE It is important that the relevant specification states whether or not the component is in contact with the mounting surface.</p>

Figure 2 – Examples of mounting of components by the leads only

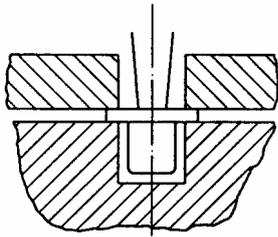
**Méthodes de fixation**

**Exemples**



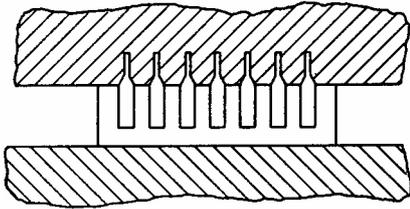
159/82

Composants tubulaires dont le revêtement est fragile, tels que les résistances de grande puissance



160/82

Transistors, diodes



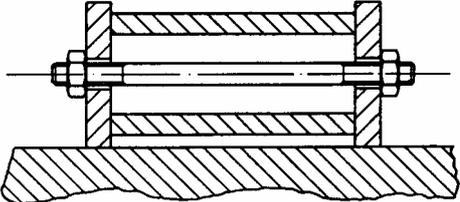
161/82

Circuits intégrés

**Figure 3 – Exemples de fixation de composants par le corps seulement**

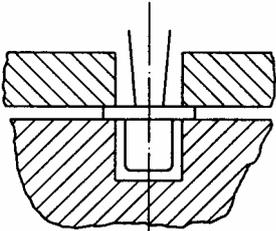
**Methods of mounting**

**Examples**



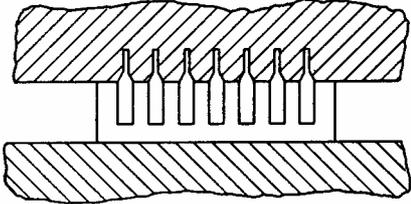
159/82

Tubular components, the coating of which is fragile, such as high-power resistors



160/82

Transistors, diodes



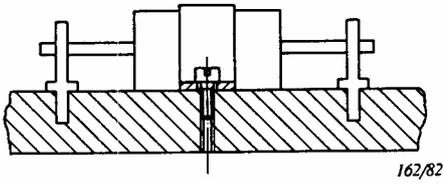
161/82

Integrated circuits

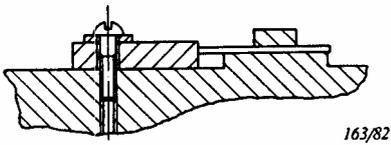
**Figure 3 – Examples of mounting of components by the body only**

**Méthodes de fixation**

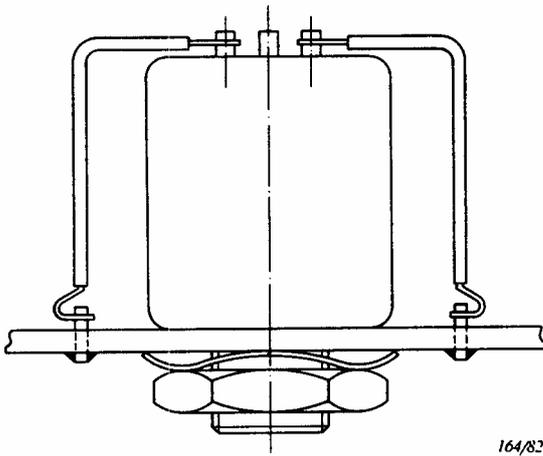
**Exemples**



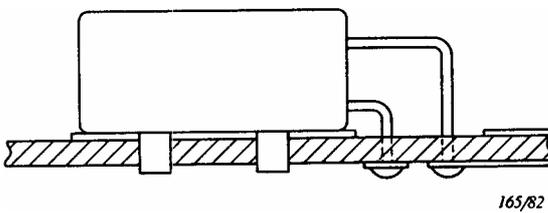
Condensateurs, relais. Système de bridage supplémentaire, par exemple au moyen d'un collier supplémentaire, nécessaire en raison de la masse ou de la sévérité



Transistors fixes sur un dissipateur



Transformateurs, inductances



Relais

**Figure 4 – Exemples de fixation de composants par le corps et les sorties**

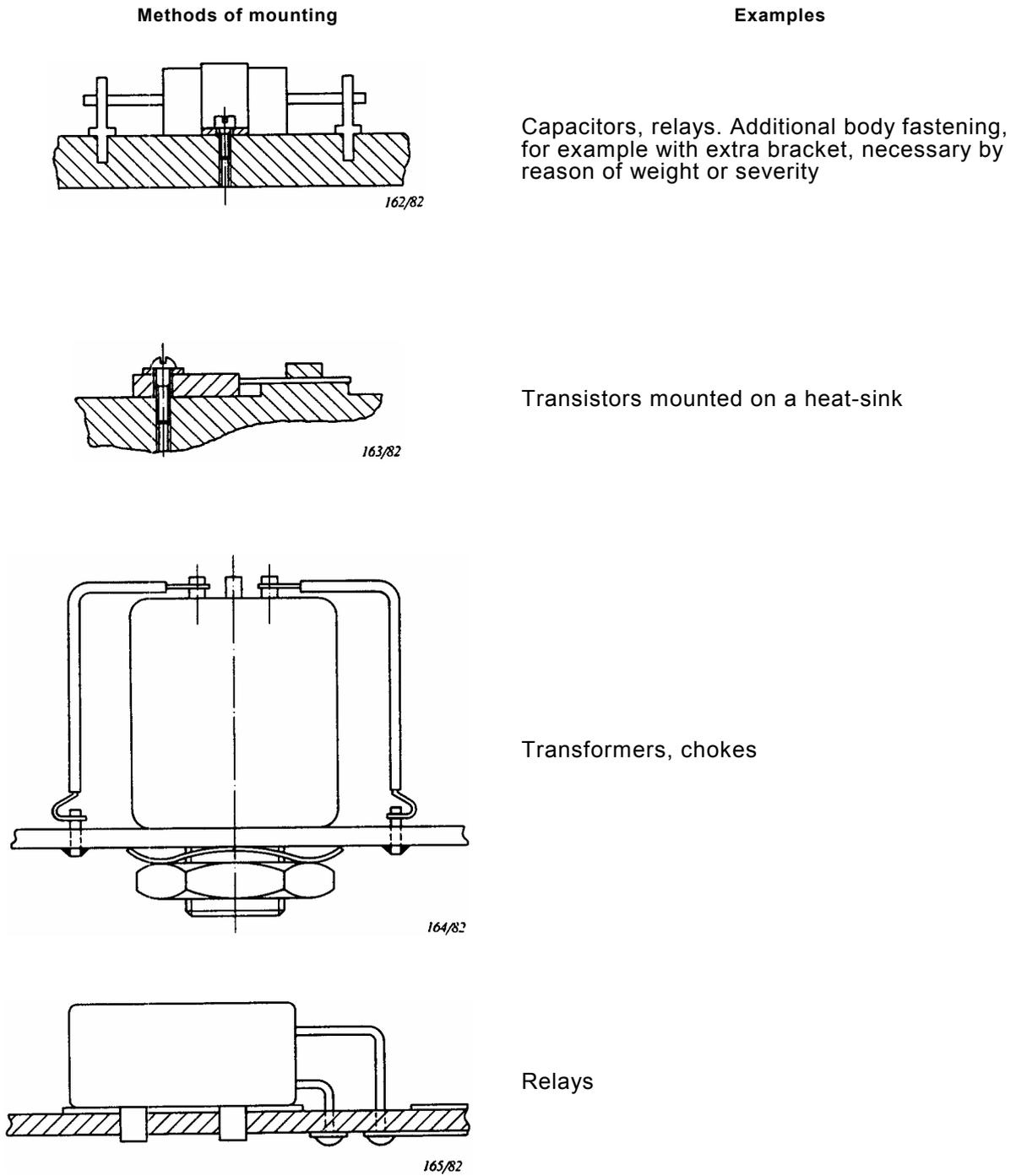
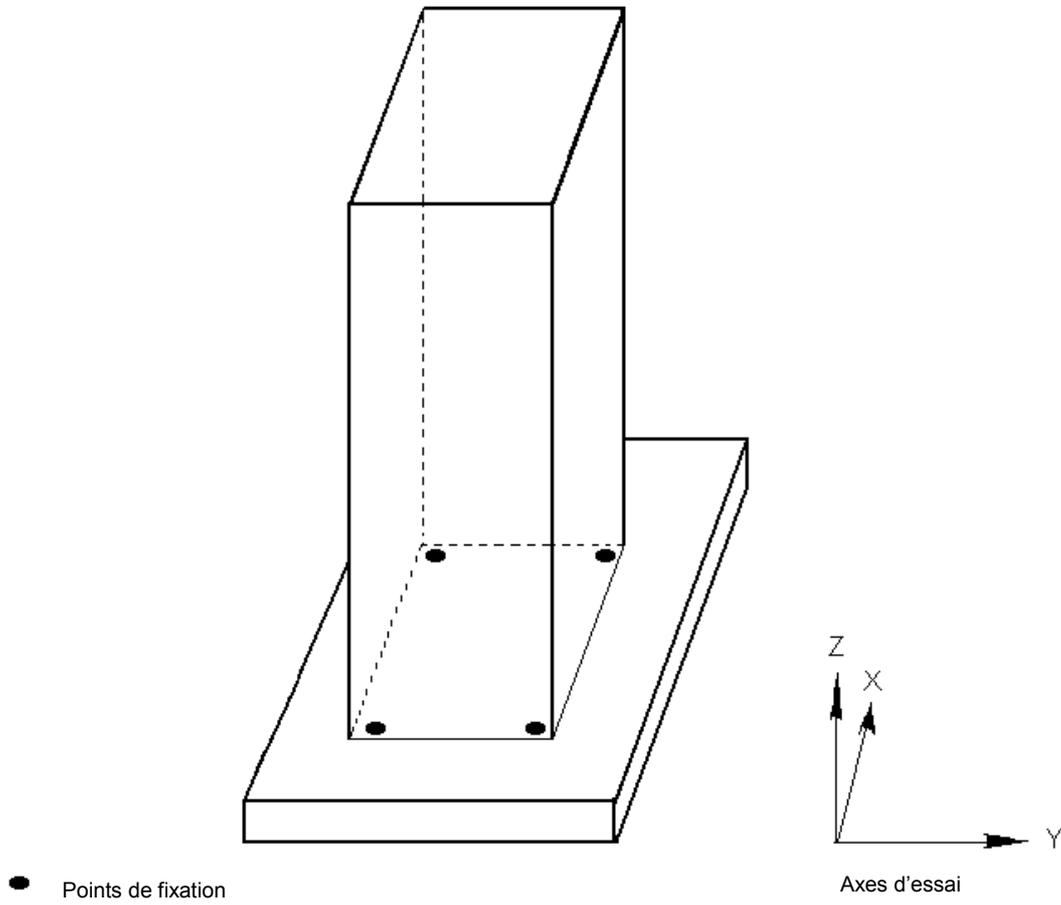
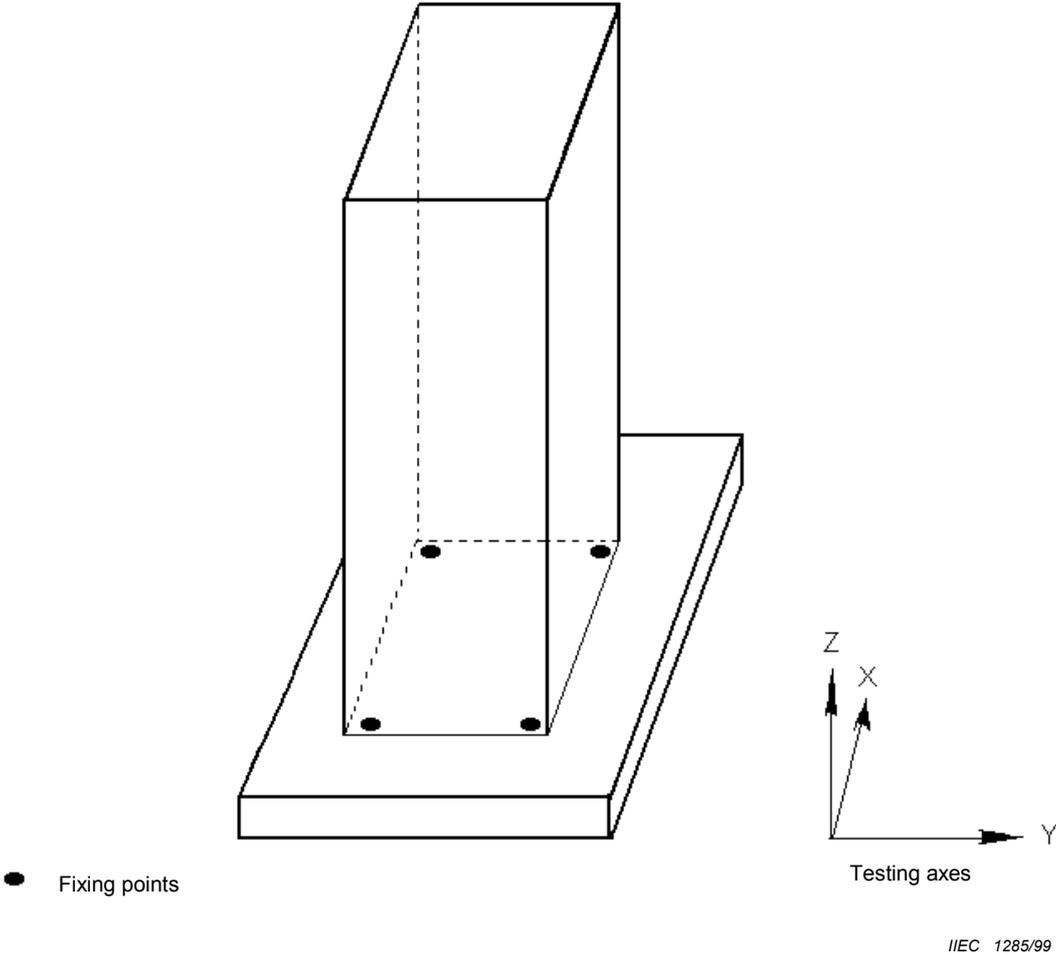


Figure 4 – Examples of mounting of components by the body and the leads



IIEC 1285/99

Figure 5 – Exemples de fixation de boîtier électronique



**Figure 5 – Examples of mounting of electronic cabinets**

## **Annexe A** (informative)

### **Guide général**

#### **A.1 Fixation lorsque le spécimen est un composant**

Quand l'essai a pour objet de déterminer si un composant est adapté à son environnement d'utilisation, il convient que la spécification particulière prescrive que le composant soit fixé d'une façon analogue à celle qui sera utilisée dans la pratique. On n'insistera jamais assez sur le fait qu'au-delà d'une certaine masse dont l'indication par la spécification particulière est recommandée, le corps des composants nécessitera aussi d'être maintenu à la fois pendant l'essai et en utilisation réelle.

Il importe que la méthode de fixation soit conforme aux indications du fabricant. Il convient que les renseignements détaillés donnés dans les Figures 1 à 4 ne soient utilisés que lorsque ces indications font défaut.

Certains composants ayant des formes géométriques particulières, par exemple disques, sphères, bulbes, ainsi que ceux qui requièrent des accessoires spécifiques de fixation, ne sont pas représentés dans les figures. Pour ceux-là, il est essentiel que la spécification particulière donne des renseignements détaillés.

Si la conception du spécimen permet d'utiliser plusieurs méthodes de fixation, il convient de les prendre toutes en considération. Il est recommandé d'utiliser de nouveaux composants à chaque essai.

Quelle que soit la méthode spécifiée ou choisie, il importe que les composants soient fixés de manière rigide au support ou au moyen d'essai. Cela peut être réalisé par bridage, soudage, enrobage ou connexion du corps du composant ou de ses sorties, ou des deux, selon ce qui convient. Une carte imprimée de dimensions normales sur laquelle des composants sont fixés n'a en général pas une rigidité suffisante et peut ne pas satisfaire aux exigences de l'essai. De plus, la reproductibilité risque de s'en trouver affectée. On peut cependant fort bien utiliser de petits fragments de carte imprimée, à condition de tenir compte de leurs caractéristiques dynamiques.

Pour l'exécution d'un essai de robustesse interne, il est important de noter que la méthode de fixation est rarement celle qui sera utilisée dans la pratique. Il est en effet essentiel que la contrainte dynamique soit transmise à la structure interne. On l'obtient généralement en fixant à la fois le corps et les sorties du composant.

S'il est nécessaire de soumettre un composant à un essai de 'robustesse des sorties' (voir CEI 60068-2-21), après les essais dynamiques, il convient de ne pas plier les fils pour l'essai dynamique ni de permettre qu'ils se déplacent par rapport au corps du composant au cours de l'essai. Toutefois, si on ne peut l'éviter, il convient que la spécification particulière stipule qu'il faut utiliser de nouveaux composants à chaque essai.

De plus, il peut être nécessaire de tenir compte de la vitesse du son dans le matériau du bâti. Il convient de prendre soin de s'assurer, dans toute la mesure possible, que la longueur du chemin de propagation est nettement inférieure à un quart de longueur d'onde. Les bâtis pour essai de composants de grande taille ou pour l'essai simultané de plusieurs composants nécessitent une attention particulière, et les principes généraux donnés pour les bâtis pour matériels sont applicables (voir l'Article A.3).

Pour le guide concernant les produits emballés, se reporter à l'Annexe B.

## **Annex A** (informative)

### **General guidance**

#### **A.1 Mounting, where the specimen is a component**

When the test is to determine the suitability of a component for its operational environment, the relevant specification should ensure that the component is held in a manner that simulates that used in service. It cannot be emphasized too strongly that components above a certain mass, which should be given in the relevant specification, will also require the body to be supported both for the test and for the operational environment.

It is important that the method of mounting is in accordance with the requirements of the manufacturer. The detailed information given in Figures 1 to 4 should be used only when such requirements are not available.

Some components having special geometrical shapes, for instance discs, spheres, bulbs, and those requiring special fastening devices are not shown in the figures. For these, it is essential that the relevant specification gives detailed information.

If a specimen is designed for a number of methods of mounting, all of these should be considered. It is recommended that new components should be used for each test.

Whichever method is specified or chosen it is important that the fastening to the test fixture or apparatus be rigid. This can be achieved by clamping, soldering, embedding or bonding the component body and/or its leads, as appropriate. A normal size printed wiring board to which components are fastened does not, generally, give sufficient rigidity, and it may not be possible to achieve the requirements of the test in this manner. In addition, reproducibility will probably be impaired. Small portions of a board may prove to be satisfactory, provided that attention is paid to their dynamic characteristics.

When an internal robustness test is to be performed, it is important to note that the mounting method is rarely that which will be used in the operational environment. It is then essential that the dynamic stress be transmitted to the internal structure. This is generally obtained by mounting the component both by its body and by its leads.

Should it be necessary to subject a component to a 'robustness of terminations test' (see IEC 60068-2-21), after the dynamic tests, the leads should not be bent for the dynamic tests, nor should they be displaced relative to the body of the components. If, however, this cannot be avoided, the relevant specification should specify that separate components are to be used for each test.

In addition, it may be necessary for the velocity of sound in the fixture material to be considered. Care should be taken to ensure, as far as is practicable, that the propagation path is well below a quarter wavelength. Test fixtures for large components or for the simultaneous testing of several components will need special consideration and the general principles given for equipment fixtures are applicable (see Clause A.3).

For guidance related to packaged products, see Annex B.

## A.2 Fixation lorsque le spécimen est un matériel et d'autres articles

Il importe que le spécimen soit fixé d'une manière représentative de celle qui est utilisée dans la pratique. Par exemple, il convient qu'un spécimen normalement tenu par sa platine avant seulement soit monté ainsi pour l'essai (voir la Figure 5).

Dans le cas où il est possible dans la pratique d'utiliser une partie du support normal de montage comme bâti, il est fortement recommandé de le faire car cela est plus représentatif des conditions de service. Les points de fixation auxquels on se réfère sont alors ceux du dispositif de fixation et non plus ceux du spécimen. Il est recommandé que la spécification particulière indique si le dispositif de fixation doit être utilisé et quels points de fixation doivent être utilisés comme points de contrôle des essais.

Si le support normal de montage n'est pas disponible, ou dans les cas spéciaux où il est disponible mais où l'on sait que cela n'a pas d'influence sur le comportement du matériel, il convient de se servir d'un bâti de fixation conçu de telle sorte que les exigences appropriées de l'essai soient remplies.

Les spécimens prévus pour être utilisés avec des amortisseurs peuvent parfois être, par obligation, essayés sans eux, par exemple si le spécimen est monté avec d'autres amortisseurs sur un même support ou si les caractéristiques dynamiques des amortisseurs sont très variables (par exemple si elles dépendent de la température). Il s'ensuit qu'il faudra alors modifier le niveau d'essai. Pour l'essai de vibrations, il convient que ce nouveau niveau soit déterminé en considérant l'enveloppe des courbes de transmissibilité du système d'amortissement dans chaque axe. Quand on sait que la sévérité varie avec la direction de l'essai appliqué/de l'excitation, il convient aussi d'en tenir compte.

Si les caractéristiques de transmissibilité ne sont pas connues, il faudra choisir arbitrairement la nouvelle sévérité, mais de préférence par entente entre le fournisseur et l'acheteur.

NOTE Dans le cas de l'essai de vibrations sinusoïdales (voir la CEI 60068-2-6), quelques courbes générales sur la transmissibilité sont données en A.5.1 de l'Annexe A de cette norme. Ces courbes générales peuvent également être appropriées à d'autres essais de vibration de la CEI 60068-2.

Il convient aussi de noter que pour l'essai d'accélération constante, le fait d'essayer le spécimen sur ses amortisseurs peut être, dans certains cas, une cause de danger. L'usage de dispositifs de retenue ou de calage peut alors devenir indispensable. Il est particulièrement important pour cet essai que les contraintes exercées sur les dispositifs de fixation et à vérifier soient calculées afin d'éviter une cause de danger.

Pour le guide concernant les produits emballés, se reporter à l'Annexe B.

## A.3 Bâtis de fixation

On a toujours besoin d'un bâti pour la fixation et l'orientation du spécimen. Il est donc considéré comme souhaitable d'attirer l'attention sur les zones liées au bâti où des problèmes pourraient surgir et empêcher de satisfaire aux exigences de l'essai, et donc affecter sa reproductibilité. Il convient cependant de noter que le but de cette annexe n'est pas de proposer des solutions: on peut généralement les trouver dans la littérature technique.

Le but fondamental du bâti de fixation est de transmettre fidèlement les contraintes du moyen d'essai au spécimen et d'assurer que les exigences de la spécification peuvent être satisfaites aux points de fixation du spécimen.

La forme et la masse du spécimen, la sévérité des exigences de l'essai et les possibilités du moyen d'essai guideront la conception du bâti de fixation. Les deux derniers paramètres dépendent de l'essai considéré. En outre, pour les essais d'impact et d'accélération constante, la conception peut être rendue plus délicate en raison de la nécessité d'effectuer les essais dans les deux sens, sens croissant et décroissant, et sur chaque axe.

De plus, certains paramètres à considérer pour la conception du bâti sont donnés en A.3.5 et à l'Article A.4.

## A.2 Mounting, where the specimen is equipment and other articles

It is important that the specimen is mounted in a manner representative of that used in its operational position. For example, a specimen normally held by its front panel alone should be so mounted for the test (see Figure 5).

If it is practical to use part of the real mounting structure as the fixture, it should be utilized as this represents operational conditions. The fixing points are then taken as those of the mounting structure and not of the specimen. The relevant specification should state whether to use the mounting structure and which fixing points to use as control points for controlling the test.

If the normal mounting structure is not available or, in special cases even when it is available but where it is known that it does not influence the behaviour of the equipment, the test fixture, designed so that the appropriate test requirements can be met, should be used.

Specimens intended for use with isolators may sometimes have to be tested without them, for example if the specimen is mounted with others on a common mounting system, or if the dynamic characteristics of the isolators are very variable (for example if they are temperature dependent). As a result, the test level will then need to be modified. For vibration testing, this new level should be determined by considering the envelope of the transmissibility curve of the isolator system in each axis. Where the severity is known to vary with the direction of the applied test/excitation, this should be taken into account.

If no transmissibility characteristics are available, the new severity will need to be chosen arbitrarily but preferably after discussion between the supplier and the purchaser.

**NOTE** In the case of the sinusoidal vibration test (see IEC 60068-2-6), some general transmissibility curves are given in A.5.1 of Annex A of that standard. These general curves may also be appropriate for other IEC 60068-2 vibration tests.

It should be noted that, for a steady-state acceleration test, there may, under certain circumstances, be a safety hazard if the specimen is tested with its isolators. The use of stays or straps may then be unavoidable. It is particularly important for this test that the stresses to be experienced by the attachment bolts be calculated in order to avoid a safety hazard.

For guidance related to packaged products see Annex B.

## A.3 Test fixture

A test fixture will invariably be required for mounting and for orientation purposes. Therefore, it is considered desirable to highlight possible problem areas associated with the fixture design that could prevent the achievement of the test requirements and thus affect reproducibility. However, it should be noted that it is not the function of this annex to offer solutions; these can usually be found in the technical literature.

The fundamental purpose of the test fixture is to transmit faithfully the mechanical stimulation from the test apparatus to the specimen, and to ensure that the specification requirements can be met at the fixing points of the specimen.

The physical shape and mass of the specimen, the severity of the test requirements and the capabilities of the test apparatus will govern the design of the test fixture. These last two parameters are dependent on the test under consideration. In addition, for the impact and steady-state acceleration tests, the design may be further complicated by the need to test in the "plus" and "minus" directions of each test axis.

Additionally some of the parameters, which need to be considered in the fixture design, are given in A.3.5 and in Clause A.4.

### A.3.1 Chocs et secousses

Le constructeur spécifiera normalement la masse totale et la sévérité maximale permises pour le moyen d'essai. Pour une masse de spécimen donnée, la conception du bâti de fixation sera généralement plus facile si les possibilités du moyen d'essai sont sensiblement plus grandes que strictement nécessaire, car le bâti pourra alors être plus lourd et moins complexe.

Il est important aussi de considérer l'effet de la rigidité et des dimensions (voir A.3.5).

### A.3.2 Vibrations

Le principal paramètre limitant la masse totale du spécimen et de son bâti de fixation est la poussée que peut fournir le générateur de vibrations. C'est le constructeur qui la spécifie en général. Pour ce qui concerne la sévérité, les points les plus importants sont la gamme de fréquences requise ainsi que le déplacement ou l'accélération nécessaires. Toutefois, pour ce qui est des performances de l'appareil d'essai, il y a normalement incompatibilité entre une forte poussée et une large gamme de fréquences. Donc, à l'inverse de ce qui se passe pour les chocs et les secousses, il peut ne pas être bon d'utiliser le générateur de vibrations le plus puissant possible. Il en résulte que les bâtis sont normalement plus complexes que ceux dont on a besoin pour les autres essais, et il faut une grande expérience pour obtenir des résultats satisfaisants. De même, la réponse en fréquence peut fort bien être affectée lorsque le bâti et le spécimen sont fixés au générateur de vibrations, il est nécessaire de se rappeler que la masse dynamique peut fort bien être de plus grande importance que la masse statique.

### A.3.3 Vibration acoustiquement induite

Le type et la conception des bâtis destinés à fixer les spécimens pour les essais de vibration induits du point de vue acoustique dépendent beaucoup des dimensions et de la masse des spécimens. Dans le cas le plus simple d'une boîte électronique à essayer dans une chambre de réverbération, il convient que le spécimen soit suspendu de manière souple de façon qu'il se situe dans la partie centrale de la chambre.

Il convient que le dispositif de suspension, tel que des élastiques, soit fixé à des points de fixation sur la boîte électronique. Il convient que les spécimens plus grands, comme les réflecteurs ou les panneaux solaires, utilisent, quand cela est possible, le même mécanisme de fixation qu'en pratique.

En général, il convient que le bâti soit aussi transparent que possible vis-à-vis de l'environnement acoustique. Cependant, dans certains cas particuliers, il peut être souhaitable de simuler les conditions d'écrans et de réflexion auxquelles le spécimen est soumis dans son environnement d'utilisation. Ces cas comprennent les panneaux solaires des satellites qui sont souvent disposés sur un simulateur de satellite placé à côté pour les essais acoustiques. Les spécimens de très grande dimension, comme les satellites complets, utilisent généralement leur dispositif réel de fixation de charge en guise de bâti de fixation.

Dans tous les cas, il convient que l'assemblage total soit isolé des vibrations du plancher ou du plafond de la chambre de réverbération. Il convient que la fréquence de suspension soit inférieure à 25 Hz ou à 25 % de la fréquence la plus basse d'intérêt pour le spécimen.

### A.3.4 Accélération constante

La conception du bâti est très simple dans ce cas puisque l'accélération est appliquée progressivement et qu'on peut ne pas tenir compte du comportement dynamique du bâti et du spécimen. Il en résulte que le bâti a seulement besoin d'être suffisamment rigide pour supporter les forces statiques appliquées et suffisamment universel pour permettre l'orientation du spécimen. Il convient de se rappeler, cependant, que la force maximale que le moyen d'essai peut fournir devrait être normalement spécifiée par le constructeur. Il convient de ne pas oublier que le rapport existant entre le spécimen et le rayon centrifuge est important en raison du gradient d'accélération passant par le spécimen.

L'attention est attirée sur les difficultés pouvant se présenter lors d'essais de composants à des valeurs très élevées de l'accélération, en particulier au-delà de  $10\,000\text{ ms}^{-2}$ .

### **A.3.1 Shock and bump**

The manufacturer will normally specify the total mass and maximum severity permitted for the test apparatus. For a given specimen mass, the design of the test fixture will generally be easier if the capability of the test apparatus is significantly greater than that strictly necessary, since the fixture can then be heavier and less complex.

It is still important to consider the effect of stiffness and dimensions (see A.3.5).

### **A.3.2 Vibration**

The main parameter limiting the total mass of the specimen and its test fixture is the thrust capability of the vibration generator. The manufacturer normally specifies this. In terms of severity, the most important features are the frequency range and displacement and/or acceleration required. However, in terms of the test apparatus performance, large thrust and a wide frequency range are normally incompatible. Thus, unlike the shock and bump situation, it may not be appropriate to use the largest vibration generator available. As a result, test fixtures are normally more complex than those required for other tests, and extensive experience is needed in order to achieve satisfactory results. Also, the frequency response may well be affected when the fixture and specimen are fastened to the vibration generator. It needs to be remembered that the dynamic mass may well be of greater significance than the static mass.

### **A.3.3 Vibration, acoustically induced**

The type and design of test fixtures to mount specimens for vibration tests that are acoustically induced depend very much on the size and mass of the test specimens. In the simplest case of an electronic box to be tested in a reverberation chamber, the specimen should be elastically suspended so that it becomes located in the central area of the chamber.

The suspension device, such as rubber cords, should be attached to the fixing points of the electronic box. Larger test specimens such as reflectors or solar arrays should, wherever practicable, use the same fixing mechanisms as in the operational case.

Generally the test fixtures should be as transparent as possible, with respect to the acoustic environment. However, in special cases it may be desirable to simulate the shielding or reflecting conditions to which the specimen is subjected in its operational environment. Such cases include solar arrays for satellites that are often mounted on a satellite sidewall simulator for acoustic tests. Very large specimens, such as complete satellites, generally use their real payload attachment fitting as a test fixture.

In all cases, the total assembly should be isolated against vibration from the floor or ceiling of the reverberation chamber. The suspension frequency should be less than 25 Hz or 25 % of the lowest frequency of interest of the specimen.

### **A.3.4 Acceleration, steady-state**

The fixture design is simplest for this case since the acceleration is applied progressively and the dynamic behaviour of the fixture and the specimen can be ignored. Thus the fixture need only be rigid enough to withstand the static forces involved and sufficiently versatile to accommodate the orientation of the specimen. It should be remembered, however, that normally a maximum force for the test apparatus would be specified by the manufacturer. It should not be overlooked that the ratio of specimen to centrifuge radius is important because of the acceleration gradient across the specimen.

Attention is drawn to the difficulties which may arise when testing components at very high values of acceleration, particularly those above  $10\,000\text{ ms}^{-2}$ .

### A.3.5 Choix du matériau

Quand on conçoit un bâti de fixation, le choix du matériau est d'abord fonction des considérations de masse et de rigidité. Quelques-uns des problèmes liés aux limitations de masse ont été traités plus haut à propos de chaque type d'essai. La rigidité, qui n'a d'importance que lorsqu'il s'agit de contraintes dynamiques, peut imposer de sévères restrictions dans la conception du bâti.

La rigidité d'un matériau est fonction de ses propriétés physiques. Elle varie donc dans une large gamme de métaux et de matières plastiques disponibles. Pour tout matériau donné, la rigidité varie avec ses dimensions, ses moyens de fixation (par exemple poutre à simple ou double encastrement) et, dans une moindre mesure, avec la méthode de construction. Certains matériaux ont des rapports rigidité/masse plus avantageux, et cela permet de réaliser des bâtis plus solides pour la même masse, ce qui est souvent souhaitable.

Une autre caractéristique du matériau est son amortissement interne, qui est aussi fonction de ses propriétés fondamentales. Par exemple, l'amortissement interne de l'aluminium est approximativement quatre fois plus élevé que celui de l'acier. L'amortissement a une certaine influence, notamment sur le comportement des bâtis pour essais de vibrations.

Le but principal, quand on conçoit un bâti, est d'éliminer les résonances dans la gamme de fréquences spécifiée pour l'essai. Si cela n'est pas faisable, la fidélité de la transmission de la vibration du dispositif d'essai au spécimen en sera affectée. Le degré auquel elle sera affectée est directement lié à l'amortissement. Il convient de se souvenir que l'amortissement interne des métaux les plus courants, bien que variant de l'un à l'autre, n'a qu'un assez faible effet sur le comportement d'ensemble du bâti; mais, dans certains cas, on peut avoir à l'utiliser.

Une autre caractéristique qu'il faut considérer, particulièrement dans le cas des essais de chocs impliquant un temps de montée bref ou dans celui des essais de vibrations ayant une fréquence supérieure élevée, est la vitesse du son dans le matériau à choisir.

Il convient que la distance, le long du chemin de propagation entre tout point de fixation et la table du générateur de vibrations, soit chaque fois que possible nettement inférieure à un quart de longueur d'onde dans le matériau du bâti de fixation.

Pour calculer la longueur d'onde  $\lambda$ , il est nécessaire de prendre en considération le mode vibratoire pour lequel la vitesse du son est la plus faible. Habituellement, c'est le mode correspondant à la direction transversale.

Exemple: bâti de fixation en aluminium destiné à être utilisé jusqu'à 2 000 Hz.

La vitesse du son dans l'aluminium est approximativement

$$v_1 = 5\,100 \text{ m/s}^{-1} \text{ pour l'onde longitudinale,}$$

$$v_2 = 3\,200 \text{ m/s}^{-1} \text{ pour l'onde transversale.}$$

La longueur d'onde à prendre en considération est donc

$$\lambda = \frac{v_2}{f} = \frac{3\,200}{2\,000} = 1,6 \text{ m}$$

La longueur maximale,  $l$ , du chemin de propagation est, par conséquent

$$l = \frac{\lambda}{4} = 0,4 \text{ m}$$

Il n'est pas nécessaire de réaliser le bâti en totalité dans le même matériau. Il peut être nécessaire, pour diverses raisons (par exemple l'isolation électrique ou thermique ou l'accroissement de l'amortissement), d'utiliser des bâtis faits d'une combinaison de matériaux telle que métal et matière plastique ou même métal et céramique.

### A.3.5 Choice of material

When designing a test fixture, the choice of material will primarily be governed by mass and stiffness considerations. Some problems associated with mass limitations were dealt with above as appropriate to each type of test. Stiffness, which is only of significance where dynamic considerations are involved, can impose severe restrictions on the design of the fixture.

The stiffness of a material is a function of its physical properties. It therefore varies over the wide range of metals and plastics available for use. For any given material, the stiffness varies with the dimensions, its means of support (for example single or double encastre beams) and, to a lesser extent, the method of construction. Certain materials have more advantageous stiffness-to-mass ratios, and this enables a fixture to be stiffer for the same mass, which is usually desirable.

Another characteristic of a material is its internal damping, which is also a function of its fundamental properties. As an example, the internal damping of aluminium is approximately four times greater than that for steel. Damping has some influence, mainly on the behaviour of vibration fixtures.

The fundamental aim of the design of the test fixture is to permit no resonances to exist within the frequency range specified for the test. If this is impracticable, then the fidelity of the transmission of vibration from the test apparatus to the specimen is affected. The degree to which it is affected is directly related to the damping. It should be borne in mind that the internal damping of most common metals, whilst varying one to another, has a relatively small effect on the overall behaviour of the test fixture, but under certain circumstances it may need to be utilized.

A further feature that needs to be considered, particularly in the case of a shock test requiring a fast rise time or a vibration test with a high upper frequency, is the velocity of sound in the material to be chosen.

The distance along the propagation path between any fixture point and the vibration generator table should be, whenever possible, well below a quarter of the wavelength in the fixing material.

For calculating the wavelength  $\lambda$  it is necessary to take into account the vibratory mode associated with the lowest velocity of sound. Usually, it is the mode in the transverse direction.

Example: aluminium test fixture for use up to 2 000 Hz.

The approximate velocity of sound in aluminium is

$v_1 = 5\,100 \text{ ms}^{-1}$  for the longitudinal wave,

$v_2 = 3\,200 \text{ ms}^{-1}$  for the transverse wave.

The wavelength to be considered is therefore

$$\lambda = \frac{v_2}{f} = \frac{3\,200}{2\,000} = 1,6 \text{ m}$$

The maximum length,  $l$ , of the propagation path is consequently

$$l = \frac{\lambda}{4} = 0,4 \text{ m}$$

Test fixtures need not be made of the same material throughout. It may be necessary, for various reasons, for example, electrical or thermal insulation, or increased damping, to use fixtures made of a combination of materials such as metal and plastics, or even metal and ceramic.

#### A.4 Recommandations générales pour la conception des bâtis de fixation

Il y a diverses méthodes de construction possibles, parmi lesquelles le vissage, le rivetage, la soudure, le moulage, le collage, etc. Le choix dépendra des difficultés escomptées pour satisfaire aux exigences de l'essai, du matériau utilisé, etc. Il convient que le bâti de fixation soit le plus simple possible; par exemple, un bloc massif suffit bien souvent. Il convient de noter que les structures boulonnées ne permettent généralement pas d'atteindre la rigidité que l'on obtient avec les autres modes de construction et qu'une structure rivetée peut être pire que l'utilisation d'une structure vissée. Ce facteur devient important quand on a à traiter des spécimens de grande taille et/ou des hautes fréquences.

Pour des raisons de moindre coût, de facilité de construction et compte tenu de ses propriétés d'amortissement interne relativement importantes, on utilise souvent un alliage en aluminium.

Il convient que toutes les interfaces soient aussi carrées et plates qu'il le faut pour assurer un bon contact mécanique, en particulier en réalisant les essais de fréquences ci-dessus, par exemple 500 Hz. En outre, il convient d'utiliser le plus grand nombre de trous de fixation sur la surface de montage du moyen d'essai que permet la taille du bâti.

On a souvent avantage à concevoir un bâti de fixation qui puisse servir plusieurs fois pour différents spécimens. Si l'on fait usage de trous taraudés et que le matériau est tel qu'une usure anormale risque de se produire, il est recommandé d'utiliser des canons filetés en acier. Il convient néanmoins de prendre soin de les mettre bien en place et de ne pas les détériorer. Si l'on utilise des boulons, il peut être nécessaire qu'ils soient d'un type à haute résistance à la traction. Il est de bonne pratique de retirer le matériel situé au centre d'un raccordement par serrage mécanique pour s'assurer que la surface de contact est correcte et de grand rayon (pour une forte raideur de rotation) même si les surfaces d'accouplement ne sont pas complètement plates.

Il est important qu'aucune déformation ne se produise lorsqu'on fixe le spécimen sur le bâti. S'il s'en produit, cela indique probablement que le bâti n'est pas assez rigide et que la sévérité d'essai requise ne sera sans doute pas appliquée aux points de fixation du spécimen. La rigidité de la fixation peut être fortement réduite par un préchargement insuffisant de la force de fermeture ou de boulonnage.

Dans la mesure du possible, il convient que tous les boulons soient serrés avec le moment de couple maximal qu'ils admettent. Cette valeur est déterminée par le point le plus faible du système, par exemple la force d'insertion, de compression des matériaux de fixation ou la force de boulonnage.

Il convient que les joints soient soudés sur les fixations usinées. Il convient autant que possible d'éviter les liaisons boulonnées ou par points de soudure. Si cela n'est pas possible, il convient que le joint soit rempli d'un adhésif adapté. Cependant, si l'amortissement est vraisemblablement significatif, il convient de noter que l'amortissement d'une structure boulonnée ou rivetée est supérieur à celui existant quand cette structure est soudée.

Quand il est difficile de fabriquer un bâti de fixation dont la fréquence naturelle se situe à l'extérieur des caractéristiques des essais de vibration, il est nécessaire d'introduire autant d'amortissement que possible à la conception car au-dessus de la fréquence naturelle du châssis de fixation, la baisse de la transmissibilité est réduite de manière significative. En outre, à la fréquence naturelle, l'amortissement réduit la vitesse de décroissance de la puissance afin de maintenir un niveau constant d'accélération et par là, les réponses du système de commande et de l'amplificateur de puissance sont diminuées d'autant.

#### A.5 Equilibrage

En général, l'équilibrage pose des problèmes seulement dans le cas des essais de vibrations et d'accélération constante, mais on peut avoir à s'en soucier aussi pour les essais de chocs et de secousses.

#### **A.4 General recommendations for fixture design**

There are various methods of construction available. These include bolting, riveting, welding, casting, the use of adhesives and so on. The choice will depend on the difficulties anticipated in meeting the test requirements, the material used, etc. The test fixture should be as simple as possible; for example, a solid block is often all that is necessary. It should be noted that bolted structures will not normally achieve the stiffness obtained with the other forms of construction, and that a riveted structure would be worse than that of the use of a bolted structure. This factor becomes important when dealing with large structures and/or high frequencies.

For cheapness, ease of manufacture and due to its relatively high internal damping properties, aluminium alloy is often used.

All interfaces should be as square and flat as is necessary to achieve good mechanical contact, especially when conducting frequency tests above, e.g. 500 Hz. In addition, the maximum number of fixing holes on the mounting surface of the test apparatus should be utilized, consistent with the size of the fixture.

It is often advantageous to design a fixture which can be used a number of times for different specimens. If threaded holes are used and the material is such that undue wear might occur, the use of steel inserts is recommended. Care should be taken, however, that their fit is adequate and that no deterioration takes place. If bolts are used, they may need to be of the high-tensile type. It is good practice to remove material at the centre of a bolted connection to ensure that the contact surface is well defined and at a large radius (for high rotational stiffness) even if the mating surfaces are not completely flat.

It is important that, when fastening the specimen to the fixture, no deformation of either should occur. If it does, this probably indicates that the fixture is insufficiently stiff and might prevent the required test severity from being applied to the fixing points of the specimen. The stiffness of a fixture can be greatly reduced by insufficient pre-load in fasteners or bolt strength.

As far as is practicable, all bolts should be tightened to their maximum permitted torque. This value is determined by the weakest link in the system, for example, insert strength, compressive strength of fixture materials or bolt strength.

On fabricated fixtures joints should be welded. If possible, bolted or spot welded connections should be avoided. If this is not possible, the joint line should be filled with suitable adhesive. However, if damping is likely to be of real significance, it should be noted that the damping of a bolted or riveted structure is greater than that of one that has been welded.

Where it is difficult to build a fixture whose natural frequency is outside the vibration specification, as much damping as possible needs to be introduced into the design since, above the natural frequency of the fixture, the drop-off rate of transmissibility is significantly reduced. In addition, at the natural frequency, the damping reduces the speed of power decrease to maintain a constant acceleration level and, therefore, the control system and power amplifier responses reduce proportionally.

#### **A.5 Balancing**

Balancing is generally only a problem in the case of vibration and steady-state acceleration tests but may need to be considered for the shock and bump tests.

### **A.5.1 Vibrations**

Dans le cas des vibrations, il est nécessaire de s'assurer que le centre de gravité du bâti chargé du spécimen, qui doit toujours être gardé aussi bas que possible, est en principe placé sur une ligne qui passe par le centre de gravité de l'élément mobile du générateur de vibrations et qui est également perpendiculaire à la surface de cet élément. Dans certains cas, il n'est pas possible d'être sûr que le centre de gravité du bâti chargé du spécimen soit aligné selon l'axe de la poussée du générateur de vibrations. Il peut en résulter des modes de flexion, des réseaux d'ondes stationnaires dues à la longueur du chemin de propagation, et des mouvements de rotation qui tous limitent la gamme de fréquences utilisable et empêchent de satisfaire aux exigences de l'essai aux points de fixation du spécimen. Il peut donc être nécessaire d'utiliser des contrepoids d'équilibrage, bien que cette technique soit à éviter, sauf si on la considère comme essentielle. Lorsque la fréquence augmente, le spécimen et éventuellement le bâti peuvent entrer en résonance et, si c'est le cas, produire un mouvement relatif du «centre de gravité dynamique» qui continuera alors à se déplacer. Cette situation peut être aggravée si l'on a mis des contrepoids d'équilibrage. Il se crée alors une situation qui, pour le moment, n'a pas de solution pratique. On peut habituellement tolérer cet effet, mais dans le cas contraire, on pourra l'amoinrir en utilisant un générateur de vibrations plus grand ou plus puissant, à condition que les exigences de la spécification puissent toujours être remplies.

On utilise très souvent des tables auxiliaires accouplées aux générateurs de vibrations, surtout quand le spécimen est sensible à la pesanteur et quand il faudrait recourir sans cela à des bâtis d'essai complexes. Néanmoins, on peut rencontrer des difficultés similaires à celles qui sont mentionnées ci-dessus.

### **A.5.2 Accélération constante**

Pour les essais en accélération constante, on utilise habituellement une centrifugeuse, et il est essentiel d'équilibrer statiquement et dynamiquement le bâti et le spécimen par rapport au moyen d'essai pour ne pas endommager ses portées. Habituellement, le constructeur de la centrifugeuse indique le degré de déséquilibre admissible. Il est préférable de conserver le centre de gravité du spécimen au même endroit pour toutes les orientations d'essai afin d'éviter le rééquilibrage.

### **A.6 Place des accéléromètres**

Il convient que la conception du bâti de fixation prévoie l'emplacement d'accéléromètres aux positions requises par les essais concernés. On peut les fixer de différentes manières, habituellement recommandées par le constructeur d'accéléromètres, y compris le vissage, l'utilisation de colles spéciales, etc. Il peut parfois être avantageux, dans le cas d'un essai de vibrations, de prévoir la fixation d'accéléromètres supplémentaires pour pouvoir étudier le comportement dynamique du bâti, même si cela n'est pas normalement requis dans les exigences d'essai (voir aussi ISO 5348).

### **A.7 Vérification du comportement du bâti de fixation**

Avant de faire un essai de vibrations, il peut aussi être utile de vérifier que les exigences d'essai peuvent être remplies aux points spécifiés quand le bâti est soit à vide, soit chargé par un spécimen dynamiquement représentatif, ou encore chargé par le véritable spécimen. Dans ce dernier cas, il peut normalement être judicieux de faire la vérification à une amplitude de vibrations plus faible que celle qui sera requise ensuite.

Il peut être bon de faire cette vérification dans le cas des autres essais dynamiques auxquels la présente norme s'applique.

### **A.5.1 Vibration**

In the case of vibration, it is necessary to ensure that the centre of gravity of the fixture, when loaded with the specimen, is always kept as low as possible, is nominally on a line which passes through the centre of gravity of the moving element of the vibration generator and is also perpendicular to the surface of the element. In some instances, it may not be possible to ensure that the centre of gravity of the fixture and specimen is in line with the thrust axis of the vibration generator. This can result in flexural modes, standing wave patterns due to the length of the propagation path, and rocking, all of which restrict the usable frequency range and prevent the test requirements being met at the fixing points of the specimen. Thus, it may be necessary to use counter-balancing techniques, although these should be avoided unless found to be essential. As the frequency increases, the specimen, and possibly the fixture, may resonate and, if so, will cause relative movement of the "dynamic centre of gravity" which will continue to move. This situation can be aggravated if counter-balancing techniques have been used and a position is created which currently has no practical solution. This effect can usually be tolerated, but, if not, it may be alleviated by the use of a larger or more powerful vibration generator, provided the test specification requirements can still be met.

Very often, slip-tables are used in conjunction with vibration generators, in particular where the specimen is sensitive to gravity and where complex test fixture design might otherwise be necessary. None the less, problems similar to those mentioned above may be encountered.

### **A.5.2 Acceleration, steady-state**

For steady-state acceleration testing, a centrifuge is normally used, and it is essential to balance the fixture and specimen statically and dynamically in relation to the test apparatus, in order to prevent damage to its bearings. The centrifuge manufacturer will normally state the degree of unbalance permissible. It is preferable to keep the centre of gravity of the specimen in the same place for all test orientations in order to avoid re-balancing.

### **A.6 Positioning of accelerometers**

The design of the test fixture should allow for the attachment of accelerometers at the positions required for the appropriate tests. Attachment can be made in a number of ways, usually recommended by the manufacturer of the accelerometer, and include screwing, the use of special adhesives, etc. It may, on occasion, be advantageous in the case of a vibration test, to allow for the attachment of additional accelerometers in order to explore the dynamic behaviour of the fixture, although this is not normally a requirement of the test specification (see also ISO 5348).

### **A.7 Performance check of test fixture**

Before performing a vibration test, it may also be useful to check that the test requirements can be achieved at the specified points when the fixture is either unloaded, loaded with a dynamically representative specimen or loaded with the real specimen. In this latter case, it would usually be advisable to carry out the check at a lower vibration amplitude than that required subsequently.

It may be appropriate to carry out this check in the case of the other dynamic tests covered by this standard.

## A.8 Spécimens complexes et/ou de grande taille

Les termes «complexes» ou «grande taille» sont difficiles à définir. Un bâti conçu pour un matériel peut paraître grand pour un laboratoire qui essaie d'habitude des composants. Ce n'est pas le cas dans la présente norme. Par «grande taille», on entend un ensemble spécimen/bâti qu'un laboratoire d'essai de matériels aura normalement quelque peine à manipuler et qui, par suite de sa masse, de sa taille, de la complexité de ses moyens de fixation ou par suite de la gamme de fréquences spécifiée, requiert une solution qui dépasse actuellement les possibilités technologiques habituelles.

Il y a inévitablement des cas où l'on a besoin de tels bâtis et on constatera alors que les exigences de l'essai ne peuvent être totalement remplies par des moyens classiques parce que le comportement aux résonances du bâti et du spécimen ne peut pas être maîtrisé. Après avoir exploré d'autres techniques, y compris éventuellement la mise en parallèle de générateurs de vibrations, il sera nécessaire, en dernier recours, de se reporter au texte de l'essai pour s'informer de ce qu'il faut faire. En général, la méthode d'essai nécessite dans ces cas de noter la valeur des différents paramètres et d'en faire ensuite l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

## **A.8 Large and/or complex specimens**

The terms "large" and "complex" are difficult to define. A fixture designed for an item of equipment may be large for a test laboratory normally involved in testing components. This is not the case in this standard. "Large" is intended to describe a specimen/fixture combination which an equipment testing laboratory would normally have difficulty in handling and which, because of its mass, physical size, complexity of attachment or the frequency range specified, requires a solution which is currently beyond the engineering state of the art.

There are inevitably occasions when such a fixture is required, and it will be found that the test requirements cannot be fully met by conventional means, because the resonance behaviour of the fixture and the specimen is beyond control. After having explored other techniques, possibly including the use of parallel operation of vibration generators, reference will ultimately need to be made to the text of the test to ascertain what actions need to be taken. Usually the test procedure in such cases requires that the various parameter values achieved are noted and subsequently agreed between the purchaser and the supplier.

## **Annexe B** (informative)

### **Guide pour les produits emballés**

#### **B.1 Généralités**

Au cours des différents événements successifs de son cycle de vie, allant de sa conception à sa livraison et à son fonctionnement dans les locaux du client, un produit est soumis à de nombreux environnements différents dont la sévérité varie, en fonction de la phase particulière du cycle de vie. Lorsque le produit est destiné à être installé dans un environnement sans contraintes importantes, comme à l'intérieur d'une salle informatique où les conditions dynamiques d'environnement sont de faible niveau, l'environnement de transport est souvent la partie la plus sévère de la vie du produit. Cela peut ne pas être évident pour les rédacteurs des spécifications ou les techniciens d'essai.

Reproduire les effets de la phase de transport dans le cycle de vie d'un produit présente un certain nombre de difficultés. L'emballage conçu pour protéger le produit au cours du transport peut ne pas être disponible. Les méthodes pouvant être utilisées pour fixer le paquet au véhicule de transport sont souvent inconnues et peuvent ne pas être contrôlables. Les moyens utilisés pour fixer un paquet au moyen d'essai présentent également des problèmes. La rigidité d'un emballage est généralement faible comparée au produit qu'il contient et il peut se déformer facilement. La répétabilité et la reproductibilité des conditions d'essai ont une importance majeure et il est très difficile de rédiger des spécifications pour satisfaire à ces deux exigences.

Cette annexe est destinée à montrer les problèmes et à offrir des suggestions ainsi qu'une philosophie cohérente pouvant être adoptée pour les surmonter. Il faut être conscient qu'un niveau élevé de connaissances techniques est nécessaire à la fois pour le rédacteur de spécifications et pour le technicien d'essai. Par conséquent, des individus plus expérimentés seraient mieux à même d'exercer un tel jugement dans ce domaine de l'ingénierie dynamique de l'environnement.

Il convient que l'Annexe B soit lue conjointement avec l'Annexe A.

#### **B.2 Fixation – Emballage disponible**

La rigidité d'un conteneur extérieur présente un problème fondamental pour les méthodes d'essai qui exigent que le paquet soit fixé au moyen d'essai. Si l'emballage est raisonnablement rigide, par exemple, s'il est fait en métal ou en bois donnant lieu à une déformation insignifiante de l'interface de fixation, alors sa fixation au moyen d'essai n'est pas trop difficile. Cela suppose que la méthode de transport du paquet dans le véhicule de transport est connue et que cette méthode de fixation spécifique dans le véhicule sera utilisée au cours de l'essai.

Lorsqu'un paquet raisonnablement rigide peut être fixé au véhicule de transport de différentes manières, connues ou non, il se pose le problème du choix et de l'évaluation. On suppose que le comportement de la structure du produit est connu au moment où un essai dynamique de transport est réalisé. Il convient que cette information ait été obtenue soit par des essais de conception ou de développement, soit par extrapolation à partir de configurations similaires soit par des essais spécifiques d'environnement réalisés pour établir la protection nécessaire apportée par un emballage vis-à-vis l'environnement de transport. L'absence de ces données réduit de manière importante le niveau de confiance prévisible et le jugement d'un technicien d'essai en environnement expérimenté est nécessaire.

## **Annex B** (informative)

### **Guidance on packaged products**

#### **B.1 General**

During the life-cycle sequence of events, from design to delivery and operation at a customer's premises, a product is subjected to many different environments of varying severity, depending on the particular phase of the life cycle. Where the product is destined for installation in a benign environment, such as a computer room, where the dynamic environmental conditions are of a low level, the transportation environment is often the most severe part of the product's life. This may not be obvious to the specification writers or test engineers.

To reproduce the effects of the transportation phase of a product's life cycle presents a number of difficulties. The packaging designed to protect the product during transportation may not be available. The methods by which the package may be fastened to the transportation vehicle are often unknown and may not be controllable. The means by which a package is fixed to the testing apparatus also presents problems. The rigidity of a packaging is usually low when compared to the product it contains and can often deform easily. Also, repeatability and reproducibility of test conditions are of major significance and the writing of specifications to achieve these two requirements is extremely difficult.

The purpose of this annex is to outline the problems and to offer suggestions and a consistent philosophy that can be adopted to overcome them. It should be appreciated that a high level of engineering judgement is required both by the specification writer and the test engineer. Consequently, more experienced individuals would best exercise such judgement in this area of dynamic environmental engineering.

Annex B should be read in conjunction with Annex A.

#### **B.2 Mounting – Packaging available**

The rigidity of the outer container presents a fundamental problem for test methods that require the package to be fastened to the test apparatus. If the packaging is reasonably rigid, for example, made of metal or wood resulting in insignificant deformation of the mounting interface, then to fasten it to the test apparatus is not too difficult. This assumes that the method of carrying the package in the transportation vehicle is known and that this specified fastening method in the vehicle will be used in the test.

Where a reasonably rigid package can be fastened to the transportation vehicle in a number of known or unknown ways, the problem is one of choice and judgement. It is assumed that the structural behaviour of the product is known by the time a transportation dynamic test is conducted. This information should have been gained either by design and development tests, extrapolation from similar designs, or specific environmental tests performed to establish the protection needed from the packaging against the transportation environment. The absence of this data significantly reduces the subsequent confidence level and the judgement of an experienced environmental test engineer is required.

En présence de plusieurs manières de fixer un paquet, une sélection des moyens les plus vulnérables doit être faite ce qui dépend fondamentalement du comportement du produit (connu ou estimé). Si elle n'est pas connue et ne peut pas être jugée par un individu en ayant la compétence, la valeur de l'essai dynamique de transport perd sa crédibilité.

Les constatations précédentes s'appliquent également dans le cas d'un emballage mou; on entend par-là le cas où le conteneur extérieur est d'une rigidité très inférieure à celle du produit. Dans ce cas, lorsque le conteneur extérieur est d'une rigidité si faible, par exemple, s'il est en papier, les moyens utilisés pour fixer le paquet au moyen d'essai sont de première importance.

De nouveau, dans la mesure où cela est réalisable dans la pratique, il convient d'essayer de simuler les moyens utilisés pour fixer le paquet à l'intérieur du véhicule de transport pour satisfaire aux exigences des méthodes d'essai. Lorsque des systèmes de bridage sont utilisés, il convient que leur matériau, leur emplacement et leurs contraintes soient similaires à ceux que l'on trouve dans la pratique. De plus, il convient que le système de bridage maintienne à tout moment la surface de fixation de l'emballage en contact avec le moyen d'essai. Il est important qu'il n'y ait pas de rebondissement sauf dans le cas d'un essai de rebondissement et il peut être nécessaire d'utiliser des instruments pour le confirmer. Le signal provenant du transducteur de contrôle peut être approprié ou un transducteur monté sur le paquet peut être nécessaire, en particulier lorsque la masse du spécimen est élevée en comparaison de la masse de l'élément mobile du moyen d'essai.

Si le paquet rebondit au cours des essais et qu'une augmentation de la tension des systèmes de bridage est susceptible de déformer l'emballage, il devient virtuellement impossible de satisfaire aux exigences des essais dynamiques d'une CEI 60068-2, en particulier en ce qui concerne les vibrations. La situation peut s'améliorer soit si la fréquence supérieure d'un essai de vibration est réduite ou soit si le niveau décroît jusqu'à ce que le rebondissement cesse. Le degré auquel ceci devient nécessaire influencera la validité de l'essai et il convient que l'information soit enregistrée dans le rapport d'essai.

Il peut devenir nécessaire de rechercher si une déformation de l'emballage intervient dans la vie réelle. Si tel est le cas, rendre le paquet plus rigide peut être la solution la plus facilement applicable à la fois pour les essais et dans la réalité.

L'utilisation dans un paquet d'un produit fictif représentatif dynamiquement peut être une solution en particulier lorsque le produit réel est fragile et coûteux. Cela peut être une méthode utile pour l'exploration du comportement de l'emballage mais il convient de la considérer en premier lieu comme un essai de développement de l'emballage.

Parfois, un paquet est transporté sans être fixé à l'intérieur d'un véhicule, que le conteneur extérieur soit souple ou rigide. Dans un tel cas et en fonction de la sévérité de la vibration, c'est-à-dire en particulier si elle est inférieure ou supérieure à  $1g_n$ , un essai supplémentaire de rebondissement peut être nécessaire s'il est stipulé dans la spécification particulière. Voir aussi B.4.3.

Lorsqu'un paquet peut être transporté en étant fixé ou non fixé, il convient que la spécification particulière indique si les essais doivent être réalisés pour les deux conditions, voir 7.1. La connaissance du comportement dynamique du produit peut permettre de prévoir un des cas les plus défavorables, par exemple, si l'emballage est solidement fixé, la vibration est susceptible de constituer l'environnement dynamique le plus sévère. S'il n'est pas fixé, ce sont les impacts qui peuvent causer le plus de dommages. Cette connaissance peut rendre inutile la réalisation des deux essais, en position fixée et non fixée.

When there are a number of ways in which a package can be fastened, a selection of the most vulnerable ones needs to be made which is fundamentally dependent on the behaviour of the product (known or estimated). If this is not known and cannot be judged by a suitably qualified individual, the value of transportation dynamic testing becomes questionable.

The previous statements also apply in the case of a soft package; that is, one where the outer container is of a much lower rigidity than that of the product. In this case, where the outer container is of such low rigidity, say, paper based, the means by which the package is fastened to the test apparatus is of fundamental importance.

Again, as far as is practicable, this should attempt to simulate the means by which the package is fastened within the transportation vehicle providing the test method requirements can be met. Where straps are used, their material, placement and stressing should be similar to that used in practice. In addition, the strapping should keep the package-mounting surface in contact with the test apparatus at all times. It is important that bounce is not present unless a bounce test is being performed, and it may be necessary to use instrumentation in order to confirm this. The signal from the control transducer may be adequate or a transducer mounted on the package may be required, particularly where the mass of the specimen is high compared to the mass of the moving element of the test apparatus.

If the package bounces during testing and increasing the strap tension is likely to deform the packaging, it becomes virtually impossible to meet the requirements of an IEC 60068-2 dynamic test, particularly vibration. The situation may improve if either the upper frequency of a vibration test is reduced or the level is decreased until bouncing ceases. The degree to which this becomes necessary will influence the validity of the test and the information should be recorded in the test report.

It may become necessary to investigate whether packaging deformation occurs in real life. If so, making the package more rigid may be the most practicable solution for both testing and real life cases.

A dynamically representative dummy product in a package may be used, particularly where the real product is delicate or expensive. This can be a useful method of exploring the performance of the packaging but should be considered, primarily, as a packaging development test.

Sometimes, a package, regardless of whether the outer container is soft or rigid, is carried loose within a vehicle. In such a case, and depending upon the severity of the vibration, that is specifically above or below  $1g_n$ , an additional bounce test may be necessary if stated in the relevant specification. See also B.4.3.

Where a package may be carried in a fastened or a loose manner, the relevant specification should state if tests are to be performed for both conditions, see 7.1. Knowledge of the dynamic behaviour of the product may enable a worst case to be predicted, for example, when fastened securely, vibration is likely to be the most severe dynamic environment. When loose, impacting may cause most damage. This knowledge may remove the need to perform both fastened and loose tests.

### B.3 Fixation – Emballage non disponible

Si l'emballage n'est pas disponible, il existe plusieurs possibilités. Bien qu'il ne soit pas disponible, le comportement de l'emballage peut être connu ou peut être évalué. La réciproque peut aussi s'appliquer, dans le cas où les performances de l'emballage ne sont pas connues et ne peuvent par conséquent être évaluées. Une troisième possibilité peut être trouvée dans l'utilisation d'un emballage qui n'est pas spécifiquement conçu pour le produit mais qui peut être extrapolé à partir de configurations similaires. Dans ce cas, un grand soin doit être apporté à l'interprétation des résultats et il est recommandé qu'un tel essai soit considéré comme un essai de développement, et non comme un essai d'agrément. Il est fortement recommandé de procéder une nouvelle fois à l'essai avec le spécimen à l'intérieur de l'emballage.

Dans les deux premières situations mentionnées ci-dessus, il serait nécessaire de procéder aux essais du produit sans son emballage. Il est nécessaire de prendre en compte la manière dont le paquet serait transporté dans le véhicule, dans la mesure où les axes et les directions pour l'essai du produit sont concernés.

La méthode de fixation du produit au moyen d'essai est, par nécessité, fondamentalement différente de la manière dont il est fixé à l'intérieur de l'emballage. C'est la raison pour laquelle il convient que la vibration ou l'impact provenant du moyen d'essai soit transmis au produit au(x) même(s) point(s) où il le serait par l'emballage. Il convient de contrôler l'essai en utilisant ces deux nouveaux points d'entrée. Si le produit repose simplement sur du matériau d'emballage, il faudra en tenir compte, dans la mesure où cela est réalisable en pratique, comme pour tout autre emballage, support interne ou dispositifs de renforcement avec lesquels le produit est en contact.

Lorsque l'emballage n'est pas disponible, les sévérités d'essai nécessiteront un ajustement (voir ci-après).

Si l'emballage n'est pas disponible et que le transport a lieu normalement sans fixation à l'intérieur du véhicule, il n'est pas possible de réaliser un essai significatif. Certains experts estiment qu'un essai de secousses conformément à la CEI 60068-2-29 appliqué à un produit monté de manière rigide peut être considéré comme équivalent, pour des variations similaires de vitesse, à un essai de rebondissement (CEI 60068-2-55) sur le même produit emballé. Des preuves supplémentaires sont nécessaires mais pour accroître la confiance, cela vaut la peine de réaliser un tel essai. Il convient de réaliser un essai de confirmation lorsque tous les matériels concernés sont disponibles.

Parfois, bien qu'un produit soit destiné à être emballé au final, le constructeur d'origine ne connaît pas le comportement de l'emballage et les informations disponibles pour son calcul sont insuffisantes. C'est le cas en particulier lorsqu'un produit est fourni à un second constructeur et qu'il est intégré à un assemblage plus important qui, lui, est emballé et transporté. Dans ces circonstances, il convient de réaliser une évaluation technique. En l'absence de meilleures informations ou d'informations plus réalistes, il existe des courbes de transmissibilité générales qui peuvent être utilisées pour modifier la sévérité d'essai (voir la Figure B.1). Il convient que la spécification particulière indique quelle courbe de transmissibilité est appropriée. La transmissibilité est le rapport des niveaux de vibration, par exemple, en termes de déplacement, de vitesse ou d'amplitude d'accélération, entre la réponse du produit à l'intérieur de l'emballage et celle de l'entrée au niveau de la ou des surface(s) extérieure(s) du paquet, exprimé avec les mêmes unités et dans la même direction de vibration. Les méthodes de fixation sont les mêmes que celles examinées ci-dessus.

La Figure B.1 donne quatre courbes, chacune d'elle représentant la transmissibilité d'une rigidité différente de matériau d'emballage, le matériau le plus rigide produisant la fréquence de résonance la plus élevée. Il est nécessaire de faire une estimation pour voir quelle courbe est la mieux appropriée. Si l'on utilise la méthode d'essai de vibrations sinusoïdales de la CEI 60068-2-6 (Essai Fc), il convient de multiplier le niveau de vibration spécifié, pour chaque fréquence, par les valeurs prises dans cette courbe.

### B.3 Mounting – Packaging not available

If the packaging is not available there are then several possibilities. Although not available, the performance of the packaging may be known or can be evaluated. The converse may also apply, that is, the performance of the packaging is not known and therefore cannot be evaluated. A third possibility may be the use of packaging not specifically designed for the product but extrapolated from similar designs. Great care is needed in interpreting the results in this case and such a test should be considered as a development test, not an approval test. It is strongly recommended to test again with the specimen in the packaging.

In the first two situations mentioned above, the product would need to be tested without its packaging. The way in which the package would be carried in the transportation vehicle still needs to be considered, as far as test axes and directions for the product test are concerned.

The method of fastening the product to the test apparatus is, of necessity, fundamentally different to the way in which it is fastened within the packaging. Therefore, the vibration or impact from the test apparatus should be transmitted to the product at the same point(s) as it would be transmitted by the packaging. Control of the test should be performed using these new input points. If the product merely rests on packaging material, then this will need to be taken into account, as far as is practicable, as should any other packaging and internal support or strengthening devices to which the product is in contact.

Where the packaging is not available, the test severities will require adjustment (see below).

If the packaging is not available and it is normally carried loose within the transportation vehicle, a meaningful test cannot be performed. Some experts believe that a bump test performed in accordance with IEC 60068-2-29 on a product rigidly mounted can be considered as equivalent, for similar velocity changes, to a bounce test (IEC 60068-2-55) on the same packaged product. More evidence is needed but, as a means of boosting confidence, it is often worthwhile performing such a test. A confirmatory test should be performed when all relevant hardware is available.

On occasions, although a product is intended, ultimately, to be packaged, the original manufacturer does not know the packaging performance and insufficient information is available for it to be calculated. This is particularly the case where a product is being supplied to a second manufacturer, is built into a larger assembly which is itself packaged and transported. Under these circumstances, engineering judgement should be exercised. In the absence of better and more realistic information, generalized transmissibility curves are offered which may be used to modify the test severity (see Figure B.1). The relevant specification should state which of the transmissibility curves are appropriate. Transmissibility is the ratio of vibration levels, for example, in terms of displacement, velocity or acceleration amplitude, between the product response within the packaging and that of the input at the external surface(s) of the package, expressed in the same units and in the same direction of vibration. The methods of mounting are the same as those discussed above.

Figure B.1 gives four curves, each representing the transmissibility for a different stiffness of packaging material, the stiffer material producing the higher resonance frequency. An estimation needs to be made of which curve is the most appropriate. If using the sinusoidal vibration test method of IEC 60068-2-6 (Test Fc), the specified vibration level should be multiplied, for each frequency, by values taken from this curve.

Lorsqu'on utilise la méthode d'essai avec vibrations aléatoires à large bande de la CEI 60068-2-64 (Essai Fh), après avoir choisi la courbe de transmissibilité appropriée dans la Figure B.1, il convient de multiplier le niveau de densité spectrale d'accélération spécifié, pour chaque fréquence, par le carré de la valeur prise sur cette courbe.

Pour les deux conditions ci-dessus, le produit des valeurs peut conduire à des niveaux d'essai qui peuvent être impossibles à reproduire dans certains laboratoires. Dans ce cas, si cela est stipulé dans la spécification particulière, il peut être nécessaire d'ajuster les niveaux de telle manière que les valeurs maximales possibles soient obtenues à tout moment sur toute la gamme de fréquences. Il est de la plus grande importance que les valeurs réelles utilisées soient indiquées dans le rapport d'essai.

L'Annexe C fournit un guide concernant la réponse d'un système à un seul degré de liberté à une impulsion de choc en demi-sinus. Si l'on utilise la méthode d'essai de chocs (Essai Ea) ou les essais de secousses (Essai Eb), cela permet de réaliser un ajustement à la sévérité d'essai.

Where the broad-band random vibration test method of IEC 60068-2-64 (Test Fh) is being used, having selected the appropriate transmissibility curve from Figure B.1, the specified acceleration spectral density level should be multiplied, for each frequency, by the square of the value taken from this curve.

For both the above conditions, the product of the values may lead to test levels which may be impossible to reproduce in some test laboratories. In this case, if stated in the relevant specification, it may necessary for the levels to be adjusted in such a way that the maximum possible values are achieved at all times throughout the frequency range. It is of the utmost importance that the actual values used are stated in the test report.

Annex C gives guidance in relation to the response of a single degree of freedom system to a half-sine shock pulse. If using the shock test method (Test Ea) or the bump tests (Test Eb), this enables an adjustment to be made to the test severity.

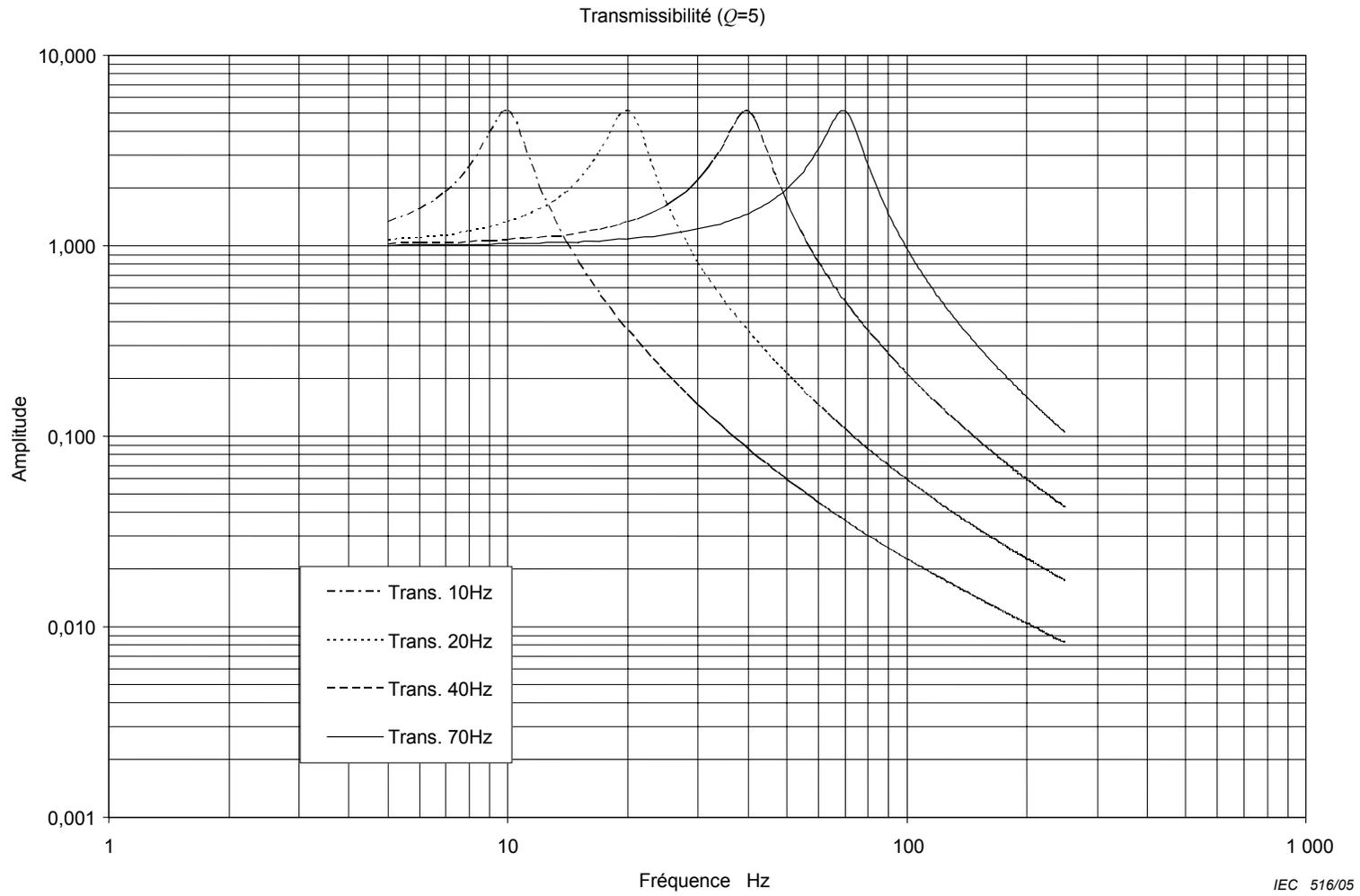
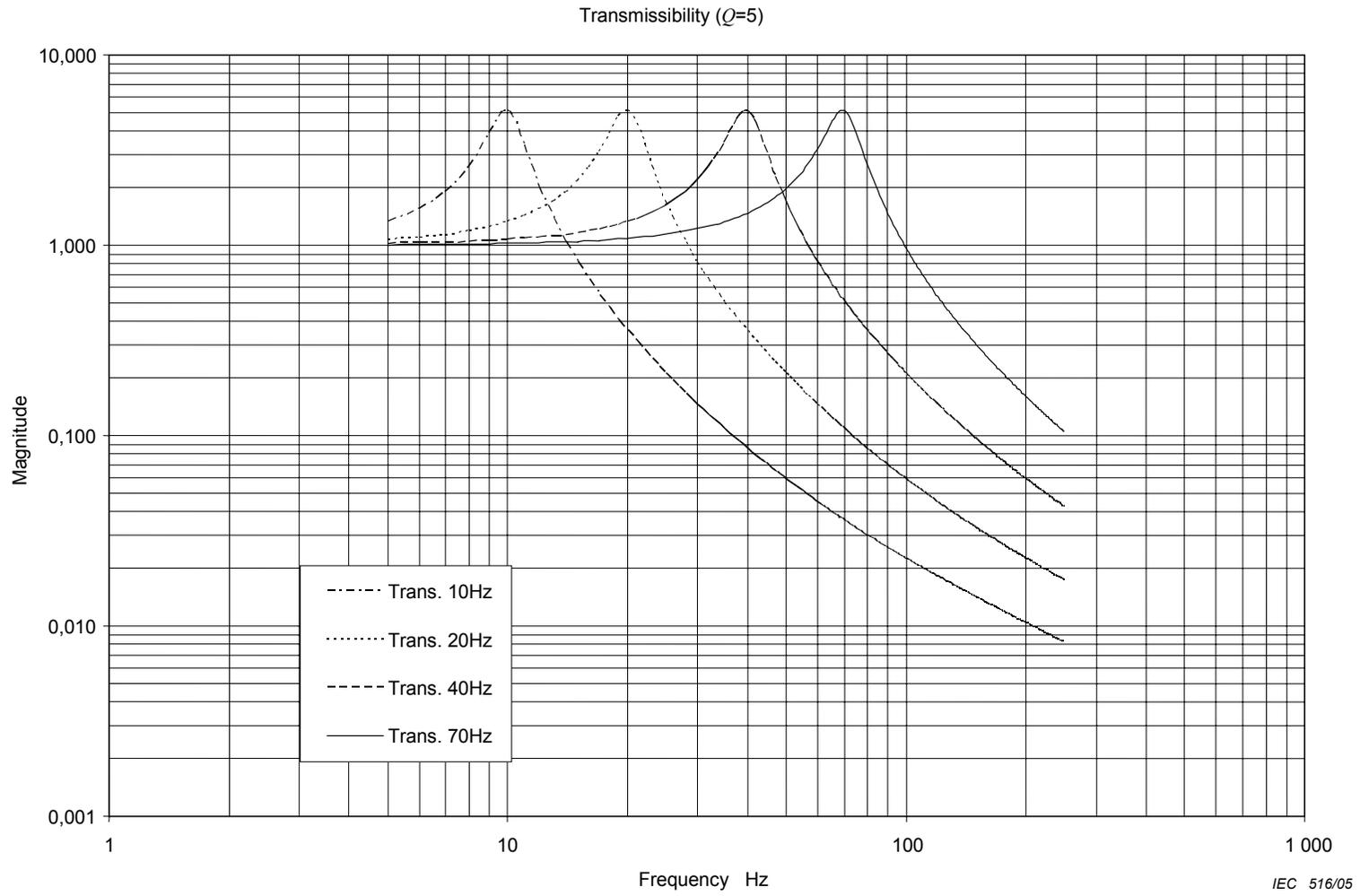


Figure B.1 – Facteurs généraux de transmissibilité pour matériaux d'emballage



**Figure B.1 – Generalized transmissibility factors for packaging materials**

## B.4 Conditions dynamiques

### B.4.1 Impact

L'essai de choc (Essai Ea) simule les effets de chocs non répétitifs susceptibles d'être rencontrés par les spécimens au cours de leur transport ou en service. Lorsque le spectre des chocs de l'environnement de transport est connu, il convient de choisir une des trois formes d'impulsions données dans l'essai de choc, c'est-à-dire celle qui est le plus conforme. Lorsque le spectre de réponse de choc n'est pas connu, il convient de se reporter au guide, dans l'article concernant l'essai de choc lui-même. Cependant, dans le cas de produits emballés, on considère que les chocs rencontrés au cours des manipulations et du transport sont généralement d'une nature simple qui rend possible l'utilisation d'une impulsion en demi-sinus, qui est souvent dérivée du changement de vitesse observé.

Les problèmes de fixation associés à un paquet devant être soumis à un essai de choc sont, pour l'essentiel, les mêmes que ceux qui existent pour un essai de vibration, bien qu'il s'y rajoute la difficulté due au fait que l'essai exige l'application du choc dans deux directions de chacun des trois axes. Le choix des directions d'essai et des méthodes de fixation exige les mêmes considérations techniques que celles données ci-dessus.

Un facteur qui est plus spécifique au choc qu'à la vibration est celui qui concerne la masse du spécimen en relation avec celle de l'élément mobile du moyen d'essai. Dans le cas d'un essai de choc, avec un spécimen hautement réactif, il peut être nécessaire de limiter la masse qui peut être soumise aux essais, de manière à satisfaire aux exigences de tolérance de l'essai.

Lorsqu'il est approprié de réaliser un essai de choc sur un produit emballé, mais que l'emballage n'est pas disponible, il est possible, sur la base de certains paramètres connus ou supposés, de prédire la réponse d'un système à simple degré de liberté excité à sa base par une impulsion de choc et d'utiliser cette information pour modifier la sévérité d'essai de choc appliquée. Une méthode applicable est donnée à l'Annexe C pour une impulsion demi-sinus.

L'essai de secousses (Essai Eb) simule les effets des chocs répétitifs susceptibles d'apparaître au cours du transport ou après installation. L'environnement de transport est souvent plus sévère que l'environnement de service et, pour cette raison, la sévérité d'essai choisie peut devoir être liée à ce dernier.

L'essai de secousses est en fait un essai de robustesse réalisé pour donner une mesure de confiance de l'aptitude d'un spécimen à survivre au transport. Comme pour l'essai de choc, il convient que l'essai de secousses soit toujours réalisé avec le paquet fixé de manière rigide au support ou à la table de la machine pour l'essai de secousses. Bien qu'il soit établi de réaliser les essais de secousses sur un paquet qui n'est pas fixé au moyen d'essai, ce n'est pas l'objet de l'essai de secousses ni la méthode d'essai d'environnement la mieux appropriée à utiliser pour une situation où le paquet est transporté sans être fixé ou avec un certain degré de liberté, à l'intérieur du véhicule de transport, c'est l'objet de l'essai de rebondissement (Essai Ec). Voir les Articles B.3 et B.4.3.

Il convient que les axes et les directions choisis pour les essais soient représentatifs, dans la limite de ce qui est réalisable en pratique, de ceux dans lesquels le spécimen recevra de tels impacts au cours du transport. Les spécimens qui sont toujours transportés sur leur base normale ne doivent être soumis aux secousses que lorsqu'ils sont montés sur cette base, dans la mesure où les secousses sont généralement plus sévères dans une direction verticale par rapport à la surface de la route. Si, pendant son transport, il est probable qu'il soit placé sur plus d'une de ces faces, chacun des axes et chacune des directions définis dans la spécification particulière devra être soumis aux essais. Cependant, en gardant à l'esprit la nature de l'essai, trois directions perpendiculaires les unes par rapport aux autres seraient normalement appropriées dans ces circonstances.

## **B.4 Dynamic conditions**

### **B.4.1 Impact**

The shock test (Test Ea) simulates the effects of non-repetitive shocks likely to be encountered by specimens during transportation or operation. Where the shock spectrum of the transportation environment is known, a selection of one of the three pulse shapes given in the shock test which most nearly conforms should be made. Where the shock response spectrum is not known, reference should be made to guidance within the shock test itself. However, in the case of packaged products, it is considered that the shocks encountered during handling and transportation are usually of a simple nature which makes it possible to use a half-sine pulse, often derived from the observed velocity change.

The mounting problems associated with a package needing to be subjected to a shock test are, essentially, the same as those for a vibration test, although there is the added difficulty that the test requires the application of the shock in two directions of each of three axes. The selection of directions of test and methods of fixing require the same engineering considerations as given earlier.

A factor which is more specific to shock than vibration is that concerning the mass of the specimen in relation to that of the moving element of the test apparatus. In the case of a shock test, with a highly reactive specimen, it may be necessary to limit the mass that can be tested in order that the tolerance requirements of the test can be met.

Where it is appropriate to carry out a shock test on a packaged product, but the packaging is not available, it is possible, based upon certain known or assumed parameters, to predict the response of a single degree of freedom system excited at its foundations by a shock pulse and to use this information to modify the applied shock test severity. A method of doing this is given in Annex C for a half-sine pulse.

The bump test (Test Eb) simulates the effects of repetitive shocks likely to be experienced during transportation or when installed. The transportation environment is frequently more severe than the operational environment and, for this reason, the test severity chosen may need to be related to the former.

The bump test is basically a robustness test conducted in order to give a measure of confidence in the ability of the specimen to survive transportation. As with the shock test, the bump test should always be performed with the package rigidly attached to the fixture or the table of the bump test machine. Whilst it has been known for bump tests to be performed on a package which is not fastened to the test apparatus, this is not the intention of the bump test and the more appropriate environmental test method to use for a situation where the package is carried loose, or with some degree of freedom, within the transportation vehicle, is that of the bounce test (Test Ec). See Clause B.3 and B.4.3.

The axes and directions chosen for the tests should be representative, as far as is practicable, of those in which the specimen will receive such impacts during transportation. Specimens which are always transported on their normal base need only be subjected to bump when mounted on that base, since bumps are, generally, most severe in a vertical direction relative to the road surface. If, during transportation, it is likely to be placed on more than one of its faces, each of the axes and directions defined in the relevant specification will need to be tested. However, bearing in mind the nature of the test, three mutually perpendicular directions would normally be adequate under those circumstances.

Dans la mesure où l'essai de secousses applique une impulsion demi-sinus, l'Annexe C pourrait être utilisée pour permettre l'absence d'emballage.

Il convient de noter que les essais de chocs et de secousses sur les produits dans leurs emballages présentent des difficultés. Les spécimens auront tendance à quitter la surface du moyen d'essai ou du support, à la suite de l'impact, voir aussi Article B.2. En outre, le contenu à haute fréquence de l'impulsion d'impact et le niveau de tolérance et de contrôle spécifiés dans les essais de la CEI 60068-2 peuvent rendre difficiles la satisfaction des exigences. Une bonne connaissance et de l'expérience seront nécessaires et il est vital que les conditions qui en résultent et dans lesquelles les essais sont réalisés soient enregistrées dans le rapport d'essai.

Une révision d'un certain nombre d'autres essais d'impacts selon la CEI 60068-2 peut être prévue pour permettre l'utilisation de ces essais pour les produits dans leurs emballages.

#### **B.4.2 Vibrations**

Pour un produit destiné à être placé dans un environnement sans contraintes importantes, l'essai de vibrations de transport simule les effets de l'environnement dynamique probablement dominant rencontrés. Lorsqu'un produit est de taille importante, coûteux, fragile, rare ou en particulier lorsqu'il existe une combinaison de ces caractéristiques, le constructeur ressentira normalement la nécessité de spécifier un emballage résistant présentant des méthodes de fixation uniques. Il faudra également prendre soin de s'assurer que, dans la mesure où cela est sous le contrôle direct du constructeur, ses exigences et conditions spécifiées en matière de transport sont satisfaites. Dans ces circonstances, la situation est relativement simple et on devrait rencontrer peu de problèmes tant que la configuration du produit et de l'emballage est satisfaisante pour l'environnement.

Cependant, la plupart du temps, le constructeur risque de n'avoir que peu de contrôle sur la manière dont son paquet est réellement fixé au véhicule de transport et convoyé jusqu'à sa destination finale.

Pour limiter la possibilité d'une défaillance due aux vibrations au cours du transport, le constructeur doit recourir à certaines actions essentielles. Il a besoin d'être au courant de la plage et du niveau des vibrations auxquelles son produit sera confronté au cours de sa vie. Il devra rechercher des sources de données fiables concernant les vibrations, et parfois, dans certaines circonstances, réaliser ses propres mesures. Il convient que les essais de conception et ensuite de développement du produit soient réalisés avec les meilleures informations environnementales que le constructeur puisse obtenir afin d'établir qu'il satisfait aux exigences correspondant aux les facteurs de sécurité appropriés. Si on estime qu'une protection du paquet est nécessaire pour l'environnement de vibrations pendant le transport, il convient qu'elle soit prévue à un stade précoce. Des essais ultérieurs du produit dans son emballage sont essentiels pour gagner en confiance.

Le rédacteur de la spécification, qu'elle émane du constructeur ou du client, doit fournir des données pour les exigences permettant de trouver une solution présentant un bon rapport coût-efficacité pour le produit final. Il convient que l'équipe de conception/développement ait suffisamment de données et d'expérience pour mener à bien la conception en utilisant des techniques d'extrapolation chaque fois que cela est possible en pratique. Le technicien d'essai dont il convient d'utiliser l'expérience dès les premiers stades de conception, est normalement responsable et doit prouver le comportement environnemental du produit et du produit dans son emballage.

Comme cela a déjà été indiqué, en pratique le constructeur peut n'avoir que peu de contrôle sur les conditions dans lesquelles son produit emballé est transporté. Ainsi, la tâche du technicien d'essai, qui consiste à reproduire les effets de ces conditions de manière à établir si le produit peut ou non survivre au transport, est très difficile tout comme l'établissement d'une spécification d'essai sur ce point.

Since the bump test applies a half-sine pulse, Annex C could be used to allow for the absence of the packaging.

It should be noted that shock and bump tests on products in their packaging present difficulties. There will be a tendency for specimens to leave the surface of the test apparatus, or fixture, on impact, see also Clause B.2. In addition, the high frequency content of the impact pulse and the level of tolerancing and control specified in the IEC 60068-2 tests may make the requirements difficult to meet. Knowledge and experience will be needed and it is vital that the eventual conditions under which the tests are performed are recorded in the test report.

A revision of a number of other IEC 60068-2 impact tests can be foreseen in order to enable those tests to be used for products in their packaging.

#### **B.4.2 Vibration**

For a product destined to reside in a benign environment, the transportation vibration test simulates the effects of probably the most dominant dynamic environment encountered. When a product is large, expensive, delicate, rare or particularly when some combination of these features exists, the manufacturer will normally feel it necessary to specify strong packaging having unique mounting methods. Care will also be taken to ensure that, as far as it is in the manufacturer's direct control, his specified transportation requirements and conditions are met. Under these circumstances, the situation is relatively straightforward and as long as the design of product and packaging is satisfactory for the environment, few problems should be encountered.

Much of the time, however, the manufacturer may have little control over the manner in which his package is actually fastened to the transportation vehicle and carried to its ultimate destination.

In order to limit the possibility of vibration failure during transportation, certain fundamental actions need to be taken by the manufacturer. He needs to be aware of the range and level of vibration that his product will encounter during its life. He will need to explore sources of reliable vibration data and, in certain circumstances, perform his own measurements. The design and development testing of the product should be carried out based on the best environmental information he can obtain, in order to establish that it can meet the requirements of such safety factors as may be appropriate. If it is considered that package protection is needed for the transportation vibration environment, this should be provided at an early stage. Subsequent testing of the product in its packaging is essential for greater confidence.

The specification writer, whether it be the manufacturer or the customer, needs to provide requirements data which should enable a cost-effective solution to be found for the ultimate product. The design/development team should have sufficient data and experience on which to base the design, making use, whenever practicable, of extrapolation techniques. The environmental test engineer, whose experience should be used from the early design stages, is normally responsible for proving the environmental performance of the product and of the product in its packaging.

As has been stated earlier, in practice the manufacturer may have little control over the conditions in which his packaged product is transported. Thus, the test engineer's task to reproduce the effects of these conditions in order to establish whether or not the product can survive the transportation is a most difficult one, as is the production of a test specification for this purpose.

Toutefois, des décisions doivent être prises. Il convient que les axes vulnérables du produit soient connus grâce aux essais de conception/de développement. Si de tels essais étaient limités ou non réalisés, ces axes devraient être estimés. Par ailleurs, la méthode de fixation du paquet au moyen d'essai et la tension des systèmes de bridage ou des câbles sont des facteurs importants qui, trop souvent, ne peuvent pas être quantifiés pour la situation réelle de transport. Toutefois, lorsque la force d'inertie du spécimen dépasse la force de retenue, le spécimen rebondira sur la machine. De même, compte tenu des dimensions ou de la masse du spécimen, et même de la manière dont il est fixé au moyen d'essai, il est souvent nécessaire, selon la présence de forces inertielles, soit de limiter la fréquence supérieure de l'essai ou soit de réduire le niveau d'essai pour satisfaire aux exigences du point de fixation de la méthode d'essai.

Ces décisions et d'autres, nécessaires pour la phase d'essais, nécessitent de l'expérience et une quantité considérable de connaissances. Dans de telles circonstances, il est nécessaire que les conditions ultimes dans lesquelles les essais sont réalisés soient enregistrées dans le rapport d'essais.

#### **B.4.3 Rebondissement**

L'essai de rebondissement (Essai Ee) est destiné à simuler les conditions de chocs aléatoires subis par les produits emballés qui peuvent être transportés comme charges non fixées dans des véhicules sur roues se déplaçant sur des surfaces irrégulières.

De tels emballages, transportés par voie terrestre peuvent être soumis à des chocs sévères et répétitifs dus à des impacts, des rebondissements et des frottements sur le plancher du véhicule de transport ou à des collisions avec les parois latérales du véhicule ou d'autres charges. Même lorsqu'ils sont arrimés à la plate-forme du véhicule, ils peuvent être soumis à des impacts similaires si des contraintes permettent une liberté de mouvement.

L'essai de rebondissement remplit une fonction similaire à l'essai de secousses, mais dans la mesure où le spécimen n'est pas fixé à la plate-forme d'essai, il simule mieux la contrainte qui résulte de l'impact auquel il serait soumis s'il était transporté sans être attaché ou avec un certain degré de liberté, dans un véhicule de transport. Il convient que les axes et les directions de rebondissement choisis pour l'essai soient représentatifs des comportements au cours du transport. Les emballages, spécialement ceux transportés sur une base dédiée, n'ont à être soumis à l'essai de rebondissement que lorsqu'ils sont sur cette base. Pour un paquet qui peut être transporté en étant placé sur plus d'une de ses faces, il convient que l'essai soit réalisé sur chaque face prescrite par la spécification applicable.

L'effet des impacts sur les parois de la plate-forme du véhicule ou sur d'autres charges et l'effet dû à l'empilement d'emballages dans un véhicule, dans lequel il peut y avoir une différence significative entre l'environnement subi par les couches supérieures et celui subi par les couches inférieures, peut également devoir être pris en compte.

L'appareil pour les essais de rebondissement peut être de deux types avec, soit un mouvement circulaire synchrone, soit un mouvement circulaire asynchrone. Dans les deux cas, la seule variation qui peut être obtenue, en termes de sévérité, consiste à modifier la durée de l'essai. Cela n'est pas considéré comme suffisant pour modifier l'essai afin de permettre l'absence d'un emballage et c'est pourquoi, l'essai de rebondissement n'est applicable qu'aux produits dans leurs emballages.

Il convient de noter que l'applicabilité de l'essai de rebondissement est actuellement limitée aux conditions de transport sur route.

Ultimately, however, decisions have to be made. The vulnerable axes of the product should be known from the design/development tests. If such tests were limited or not carried out, then these axes will need to be a matter of judgement. Also, the method of fastening the package to the test apparatus, and the tensioning of straps or cables, are important factors that, too often, are unquantifiable in relation to the real transportation situation. However, when the inertial force of the specimen becomes greater than the restraining force, the specimen will bounce on the machine. Again, due to the size or mass of the specimen, and even the way in which it is attached to the test apparatus, it is often necessary, depending on the inertial forces present, to either limit the upper frequency of the test or reduce the test level in order to meet test method fixing point requirements.

These decisions, and others necessary for the testing phase, require experience together with a considerable amount of knowledge. In such circumstances, it is vital that the eventual conditions under which the tests are performed are recorded in the test report.

#### **B.4.3 Bounce**

The bounce test (Test Ee) is intended to simulate the random shock conditions experienced by packaged products that may be carried as loose cargo in wheeled vehicles travelling over irregular surfaces.

Such packages, carried by overland transport, can be subjected to severe and repetitive shock from impacting, rebounding and scuffing on the floor of the transportation vehicle or from colliding with the side walls of the vehicle or other cargo. Even when tied to the vehicle platform they may be subjected to similar impacts if the constraints allow freedom of movement.

The bounce test fulfils a similar function to the bump test but, since the specimen is not fastened to the test platform, it more closely simulates the stress resulting from impact to which it would be subjected when carried loose, or with some degree of freedom, in a transportation vehicle. The axes and directions of bounce chosen for the test should be representative of its attitudes during transportation. Packages, specifically transported on a dedicated base, need only be subjected to the bounce test when resting on that base. For a package that can be carried resting on more than one of its faces, testing should be carried out on each face prescribed by the relevant specification.

The effect of impacting on walls of the vehicle platform or other cargo, and the effect of stacking packages in a vehicle where there can be a significant difference between the environment experienced by the top and bottom layers, may also need to be considered.

The bounce test machine can be of two types with either a synchronous or a non-synchronous circular motion. In either case, the only variation achievable, in terms of severity, is to alter the duration of the test. This is not considered sufficient to modify the test in order to allow for the absence of the packaging and, therefore, the bounce test is only relevant for products in their packaging.

It should be noted that the applicability of the bounce test is currently limited to road transportation conditions.

## Annexe C (informative)

### Réponse d'un système à simple degré de liberté (SDOF en anglais) à une impulsion de choc demi-sinus

#### C.1 Généralités

Dans les situations où l'environnement d'impact de transport doit être simulé mais où l'emballage n'est pas disponible et que son comportement n'est pas connu, il est possible de l'obtenir d'une manière générique.

NOTE Un spécimen et un emballage combinés peuvent ne pas répondre à un système à degré simple de liberté. C'est pourquoi il convient de prendre des précautions lors de l'utilisation de cette technique et il convient qu'elle ne soit pas utilisée pour la qualification finale du spécimen. Il est recommandé qu'un essai final soit conduit avec un spécimen dans son emballage.

#### C.2 Réponse du spécimen

Pour prévoir la réponse aux chocs d'un produit à l'intérieur de son emballage, les caractéristiques dynamiques de l'emballage peuvent être estimées comme étant celles d'un système à degré simple de liberté (SDOF). Si un tel système est excité par une impulsion de choc demi-sinus à sa base, sa réponse calculée peut être considérée comme celle du produit. Pour calculer les réponses du produit, quatre éléments d'information sont nécessaires, comme suit:

- 1) l'amplitude de l'impulsion de choc demi-sinus appliquée, comme illustré à la Figure C.1;
- 2) la durée  $\tau$  (s) de l'impulsion de choc demi-sinus appliquée, comme illustré à la Figure C.1;
- 3) la fréquence de résonance amortie  $f_n$  (Hz) des caractéristiques de transmissibilité, comme illustré à la Figure C.2;
- 4) l'amplification dynamique ( $Q$ ) de la caractéristique de transmissibilité, comme illustré à la Figure C.2.

#### C.3 Amplitudes de crête

La Figure C.3 est utilisée pour établir l'amplitude de crête de la première alternance de la réponse. Les informations de la Figure C.4 peuvent être utilisées pour déterminer si l'amplitude des alternances postérieures, telles que définies à la Figure C.5, est significative.

#### C.4 Calcul de l'amplitude de crête initiale

La procédure pour établir l'amplitude de crête de la première alternance de la réponse en utilisant la Figure C.3 est la suivante:

- (i) Calculer le paramètre  $(\tau \times f_n)$  qui est le produit de la durée de l'impulsion demi-sinus (s) et de la fréquence de résonance SDOF (Hz).
- (ii) A partir de la Figure C.3 obtenir la réponse d'accélération de crête appropriée due à une impulsion d'amplitude unitaire pour le paramètre  $(\tau \times f_n)$ . La valeur obtenue à partir de la Figure C.3 est pour une valeur  $Q$  de 5. Toutefois, la valeur obtenue à partir de la Figure C.3 ne sera pas, pour des raisons pratiques, différente pour les autres valeurs de  $Q$  sous réserve que  $Q$  ait une valeur supérieure à 2.

## Annex C (informative)

### Response of a single degree of freedom (SDOF) system to a half-sine shock pulse

#### C.1 General

In situations where the transportation impact environment needs to be simulated, but the packaging is not available and its performance is unknown, it is still possible to allow for this in a generalized way.

NOTE A specimen and packaging in combination may not respond as a simple single degree of freedom system. Therefore, caution should be exercised when employing this technique and it should not be used as a final qualification of the specimen. It is recommended that a final test be conducted with a specimen in its packaging.

#### C.2 Specimen response

To predict the shock response of a product within its packaging, the dynamic characteristics of the packaging may be assumed to be those of a single degree of freedom (SDOF) system. If such a system is excited by a half-sine shock pulse at its foundation, its computed response can be considered as that of the product. In order to compute the product's responses, four items of information are required, as follows:

- 1) amplitude of the applied half-sine shock pulse, as illustrated in Figure C.1;
- 2) duration  $\tau$  (s) of the applied half-sine shock pulse, as illustrated in Figure C.1;
- 3) damped resonance frequency  $f_n$  (Hz) of the transmissibility characteristic, as illustrated in Figure C.2;
- 4) dynamic magnification ( $Q$ ) of the transmissibility characteristic, as illustrated in Figure C.2

#### C.3 Peak amplitudes

Figure C.3 is used to establish the peak amplitude of the first half cycle of the response. Information from Figure C.4 can be used to determine whether the amplitude of subsequent half cycles, as defined in Figure C.5, are significant.

#### C.4 Calculation of initial peak amplitude

The procedure for establishing the peak amplitude of the first half cycle of the response using Figure C.3 is as follows:

- (i) Compute the parameter ( $\tau \times f_n$ ) that is the product of the half-sine pulse duration (s) and the SDOF resonance frequency (Hz).
- (ii) From Figure C.3 obtain the appropriate peak acceleration response due to a unity amplitude pulse for the parameter ( $\tau \times f_n$ ). The value obtained from Figure C.3 is for a  $Q$  value of 5. However, the value obtained from Figure C.3 will not, for practical purposes, be different for other values of  $Q$ , provided  $Q$  has a value greater than 2.

- (iii) L'amplitude de réponse exigée est calculée à partir du produit de la valeur obtenue à la Figure C.3 (qui est pour l'amplitude unitaire) et de l'amplitude de l'impulsion de choc à demi sinus appliquée. Les unités de l'amplitude de réponse exigée sont les mêmes que celles de l'impulsion de choc demi-sinus appliquée.

### C.5 Réponses secondaires

Un système SDOF lorsqu'il est excité avec une impulsion de choc à demi-sinus, présentera des réponses décroissantes à la suite de celles de la première alternance. De telles réponses secondaires sont illustrées à la Figure C.5. Des réponses secondaires sont normalement considérées comme ayant peu d'importance et elles sont supprimées dans l'essai de chocs d'impulsions unidirectionnelles classique. Elles ne peuvent être incluses que si des procédures d'essai alternatives, comme la méthode d'essai historique, sont adoptées. Le caractère significatif ou non des alternances qui interviennent après la première alternance dépendra de leur amplitude et de la sensibilité du spécimen en essai par rapport à elles. Si le paramètre  $(\tau \times f_n)$  est supérieur ou égal à 1,5, alors les amplitudes secondaires se trouvent dans les limites des bandes de tolérance de l'essai d'impulsion unidirectionnelle classique et elles peuvent être généralement ignorées. Si le paramètre  $(\tau \times f_n)$  est inférieur à 1,5, les réponses secondaires peuvent devoir être prises en compte et leur amplitude peut être déduite de la Figure C.4. La valeur des crêtes secondaires est sensible à la valeur de  $Q$ , qui est de 5 dans ce cas.

### C.6 Durée d'impulsion

Si le paramètre  $(\tau \times f_n)$  est inférieur à 0,5, la durée de la première alternance de la réponse est de  $1 / (2 \times f_n)$ . Si le paramètre  $(\tau \times f_n)$  est supérieur ou égal à 0,5, la durée de la première alternance de la réponse est  $\tau$ , c'est-à-dire, la durée de la première alternance positive qui est aussi la durée de l'impulsion d'excitation, voir aussi Figure C.3.

### C.7 Exemple chiffré

Exemple: Soit les hypothèses suivantes:

Amplitude d'impulsion demi-sinus = 10 g

Durée de l'impulsion demi-sinus = 10 ms, c'est-à-dire, 0,010 s

Fréquence de résonance SDOF = 20 Hz

Amplification dynamique SDOF = 5

Ensuite, à partir de l'Article C.4 (i), la valeur produit =  $0,010 \times 20 = 0,2$

à partir de C.4 (ii), la valeur obtenue à la Figure C.3 est, disons, 0,70

à partir de C.4 (iii), l'amplitude de réponse réelle =  $0,70 \times 10 \text{ g} = 7,0 \text{ g}$

à partir de C.6, la durée est  $1 / (2 \times 20) = 25 \text{ ms}$ , c'est-à-dire, 0,025 s

Ainsi, l'impulsion 10 g, 10 ms est devenue une impulsion 7 g, 25 ms (approximativement).

- (iii) The required response amplitude is computed from the product of the value obtained from Figure C.3 (which is for unity amplitude) and the amplitude of the applied half-sine shock pulse. The units of the required response amplitude are the same as those of the applied half-sine shock pulse.

### C.5 Secondary responses

A SDOF system, when excited with a half-sine shock pulse, will exhibit decaying responses following those of the first half cycle. Such secondary responses are illustrated in Figure C.5. Secondary responses are normally considered of little significance and are suppressed in the classical uni-directional pulse shock test. They can only be included if alternative test procedures, such as the time history test method, are adopted. Whether the half cycles occurring after the first half cycle are significant, will depend upon their amplitude and the sensitivity to them of the specimen under test. If the parameter  $(\tau \times f_n)$  is equal to or greater than 1,5, then secondary amplitudes are within the tolerance bands of the classical uni-directional pulse test and can generally be ignored. If the parameter  $(\tau \times f_n)$  is less than 1,5, the secondary responses may require consideration and their amplitude can be derived from Figure C.4. The value of the secondary peaks is sensitive to the value of  $Q$ , which is 5 in this case.

### C.6 Pulse duration

If the parameter  $(\tau \times f_n)$  is less than 0,5, the duration of the first half cycle of the response is  $1/(2f_n)$ . If the parameter  $(\tau \times f_n)$  is greater than or equal to 0,5, the duration of the first half cycle of the response is  $\tau$ , that is, the duration of the first positive half cycle which is also the duration of the excitation pulse, see also Figure C.3.

### C.7 Worked example

Example: Assume the following:

- Half-sine pulse amplitude = 10 g
- Half-sine pulse duration = 10 ms, that is, 0,010 s
- SDOF resonance frequency = 20 Hz
- SDOF dynamic magnification = 5

Then, from Clause C.4 (i), the product value =  $0,010 \times 20 = 0,2$

from C.4 (ii), the value obtained from Figure C.3 is, say, 0,70

from C.4 (iii), the actual response amplitude =  $0,70 \times 10 \text{ g} = 7,0 \text{ g}$

from C.6, the duration is  $1 / (2 \times 20) = 25 \text{ ms}$ , that is, 0,025 s

Thus, the 10 g, 10 ms pulse, has become a 7 g, 25 ms pulse (approximately).

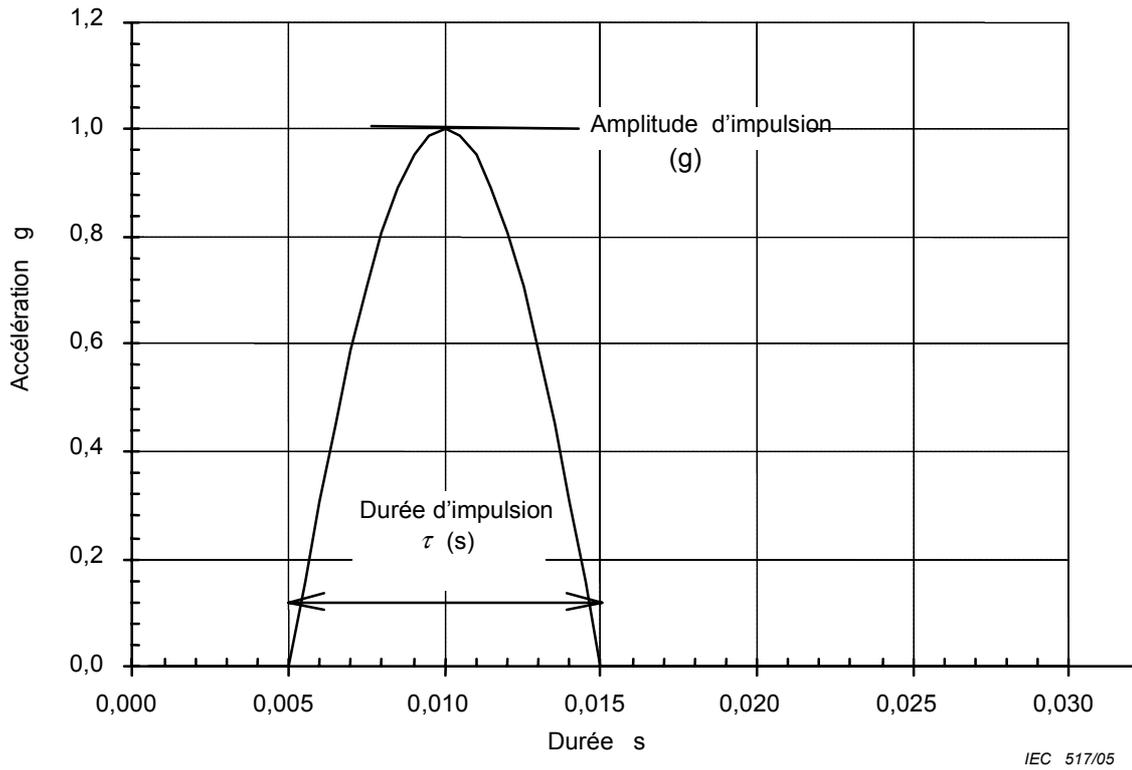


Figure C.1 – Caractéristiques types de l'impulsion demi sinus

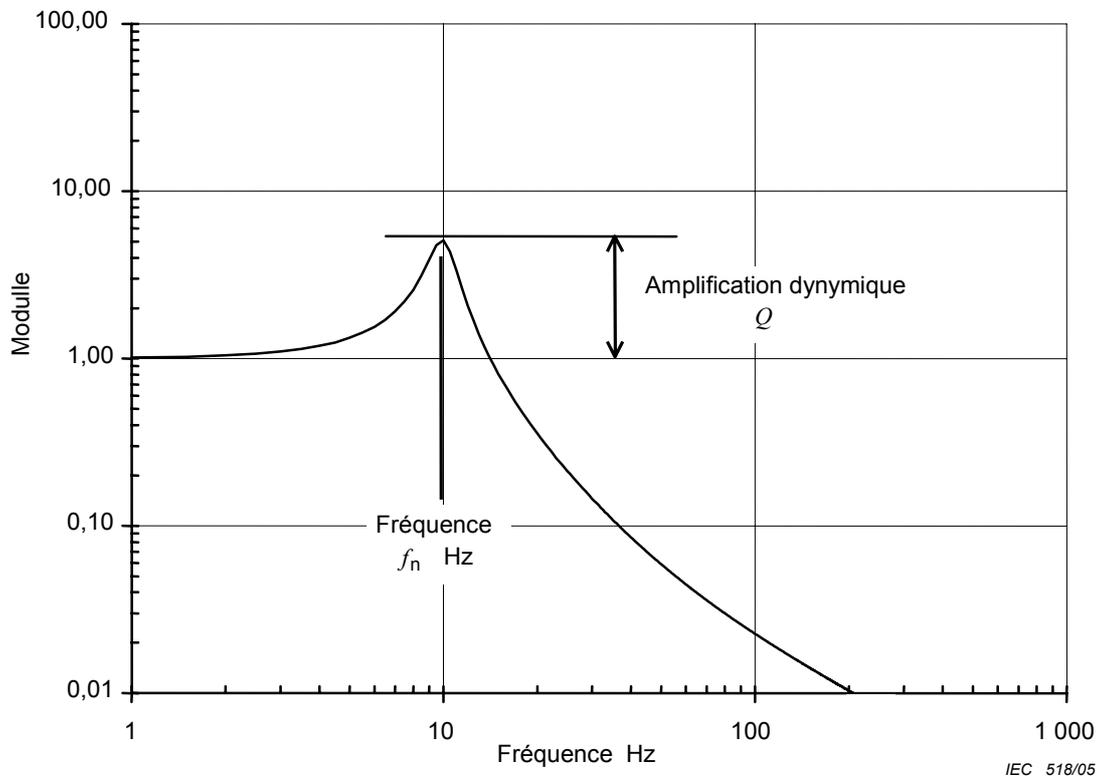


Figure C.2 – Caractéristiques de transmissibilité types, système à simple degré de liberté (SDOF)

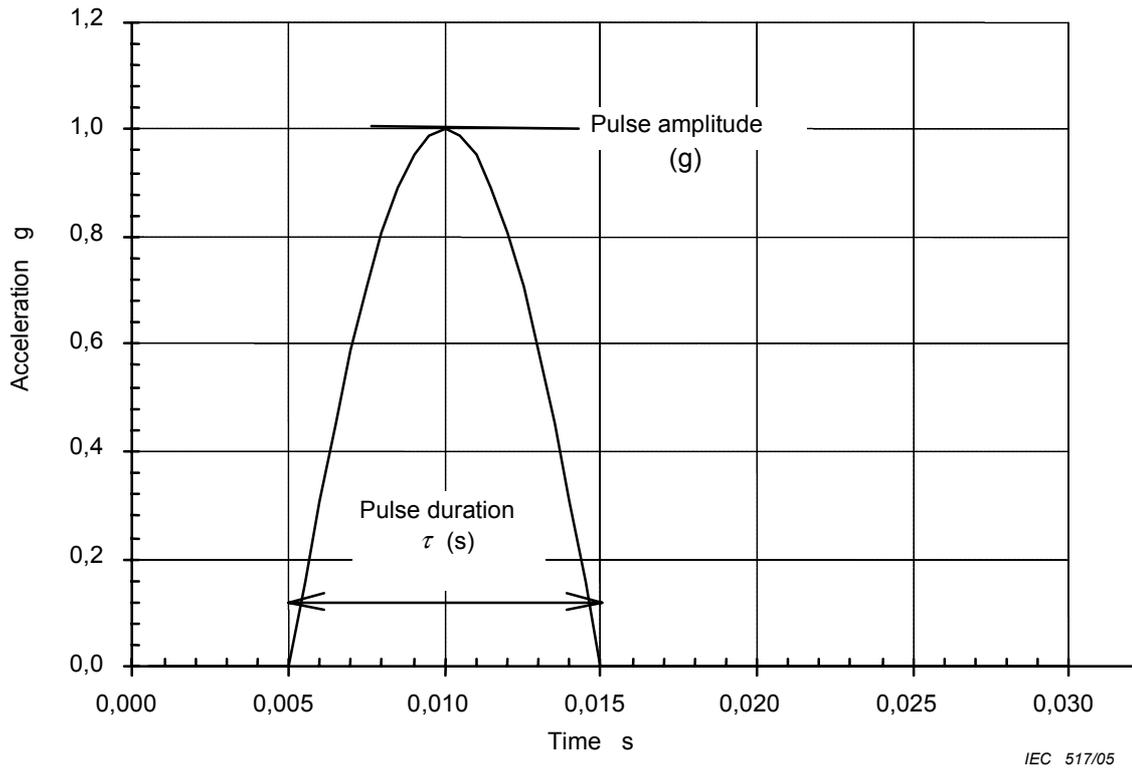


Figure C.1 – Typical characteristics of half sine pulse

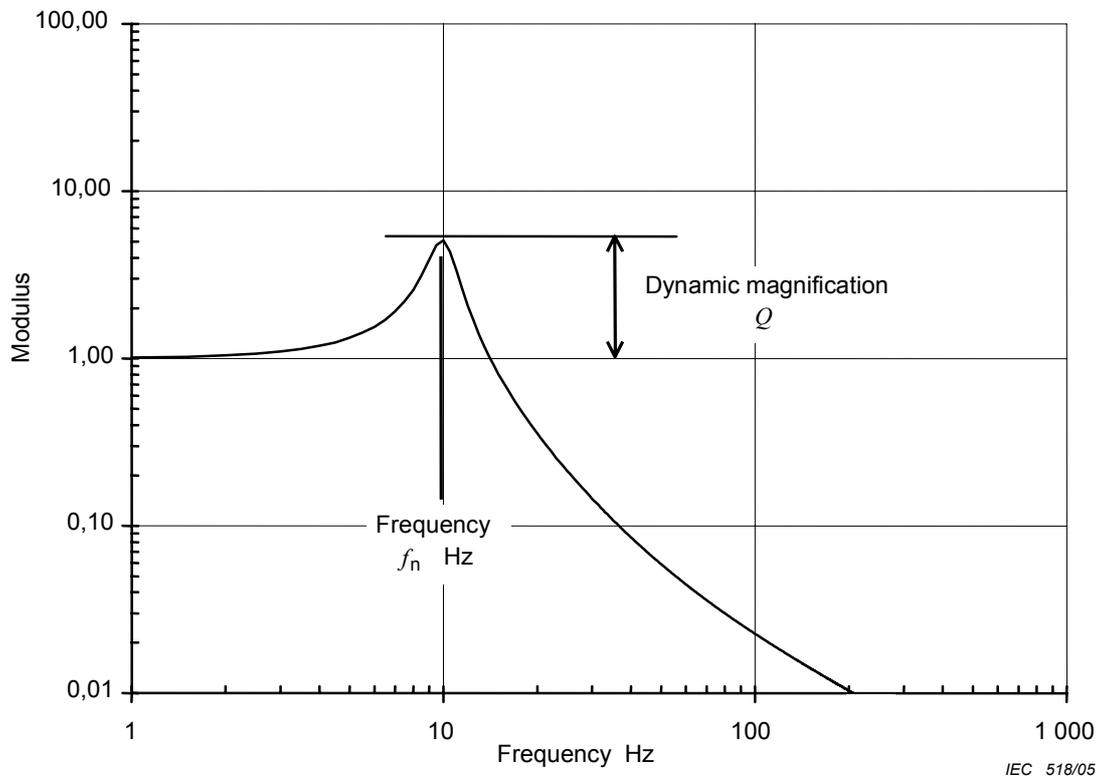
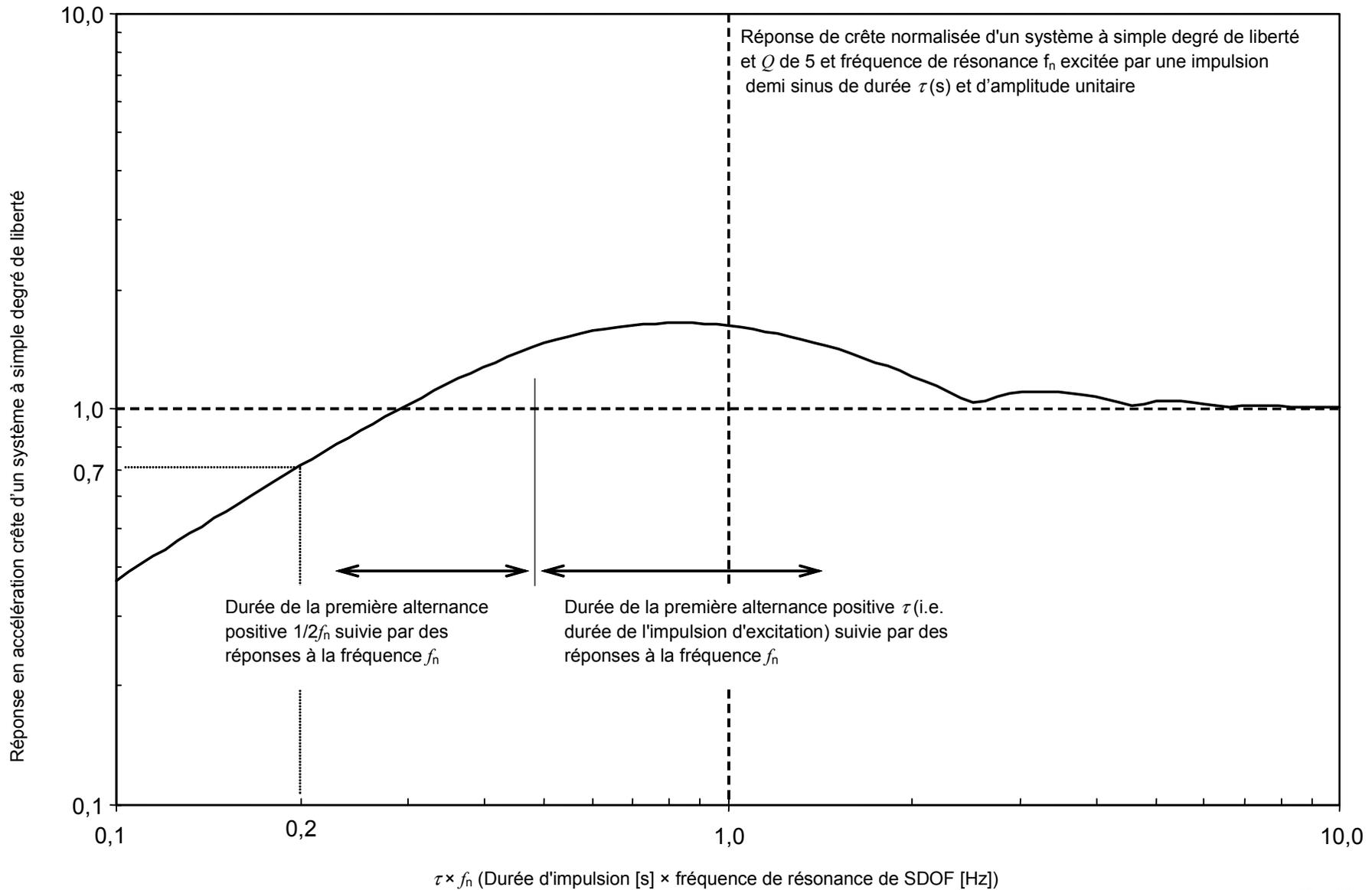


Figure C.2 – Typical single degree of freedom (SDOF) transmissibility characteristics



IEC 519/05

Figure C.3 – Réponses d'accélération crête SRS

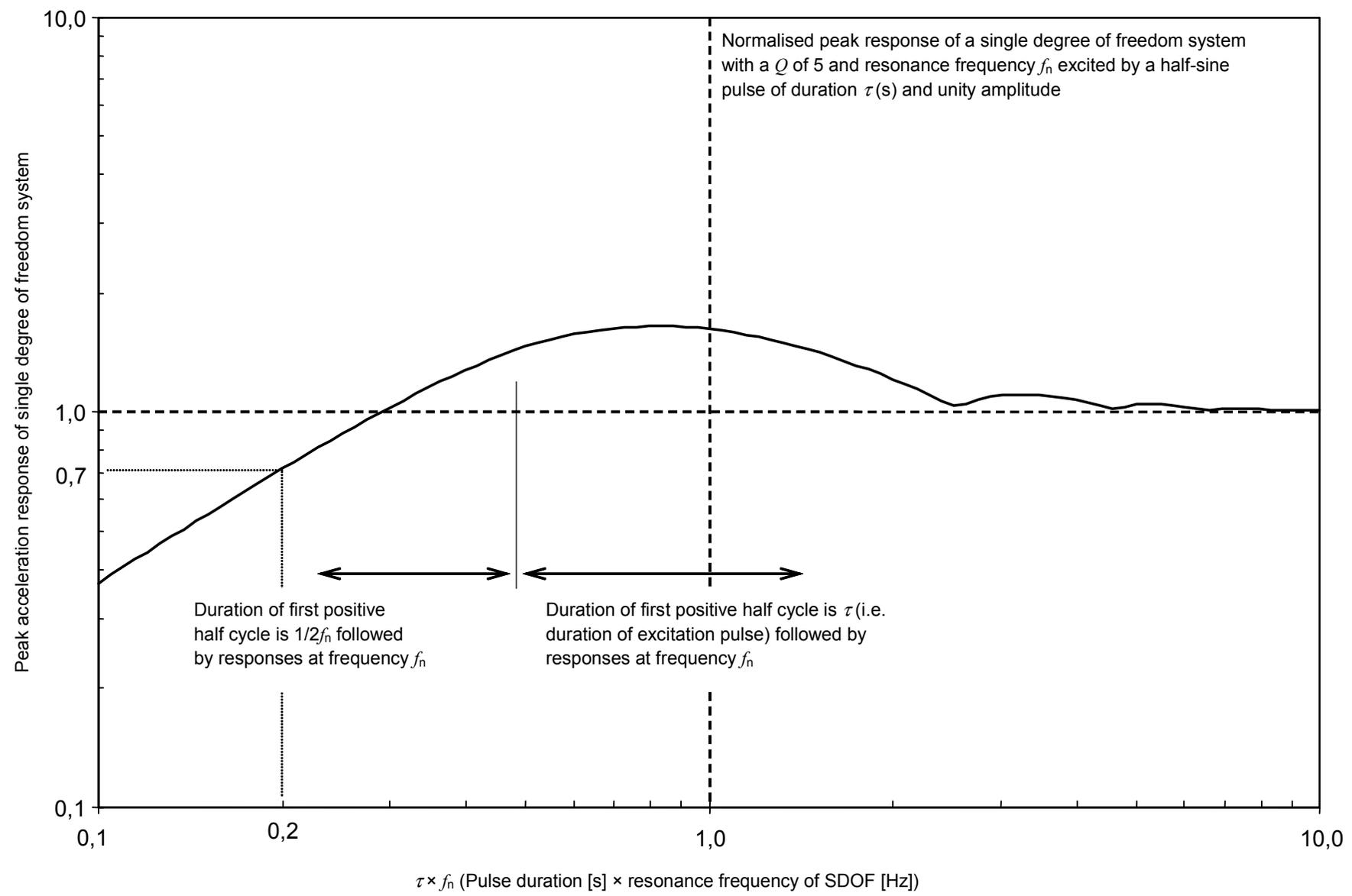


Figure C.3 – Peak Acceleration Responses SRS

IEC 519/05

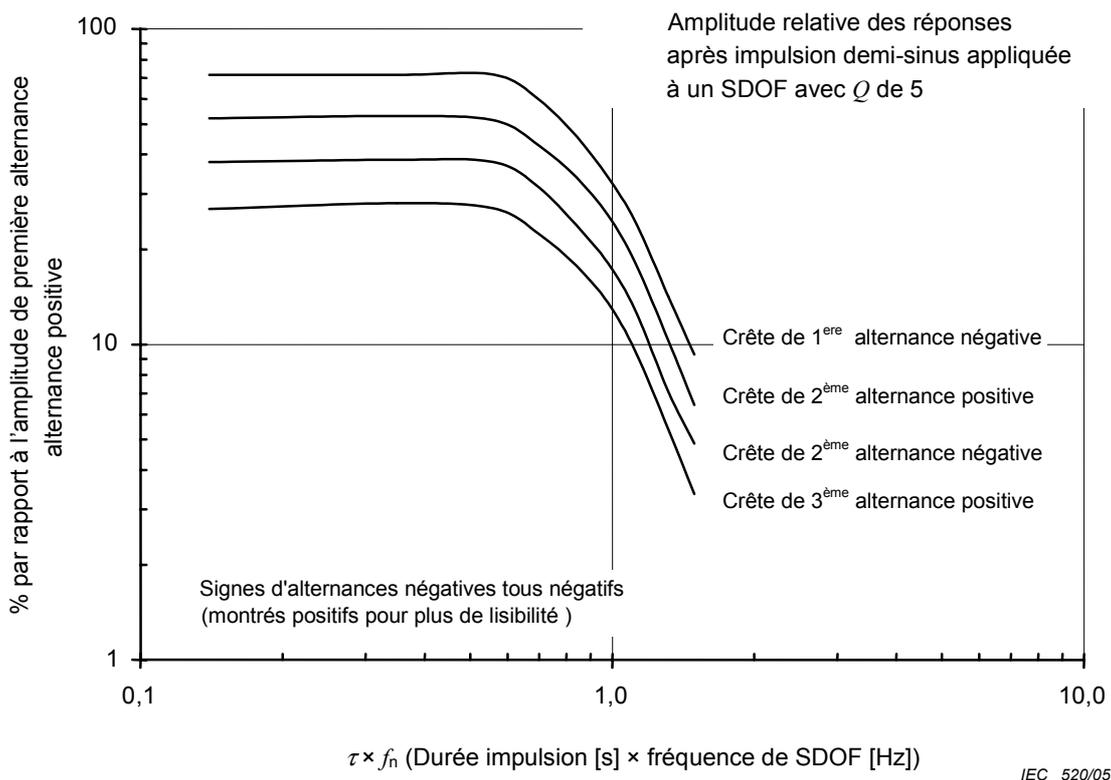


Figure C.4 – Amplitude relative de crêtes de réponses secondaires

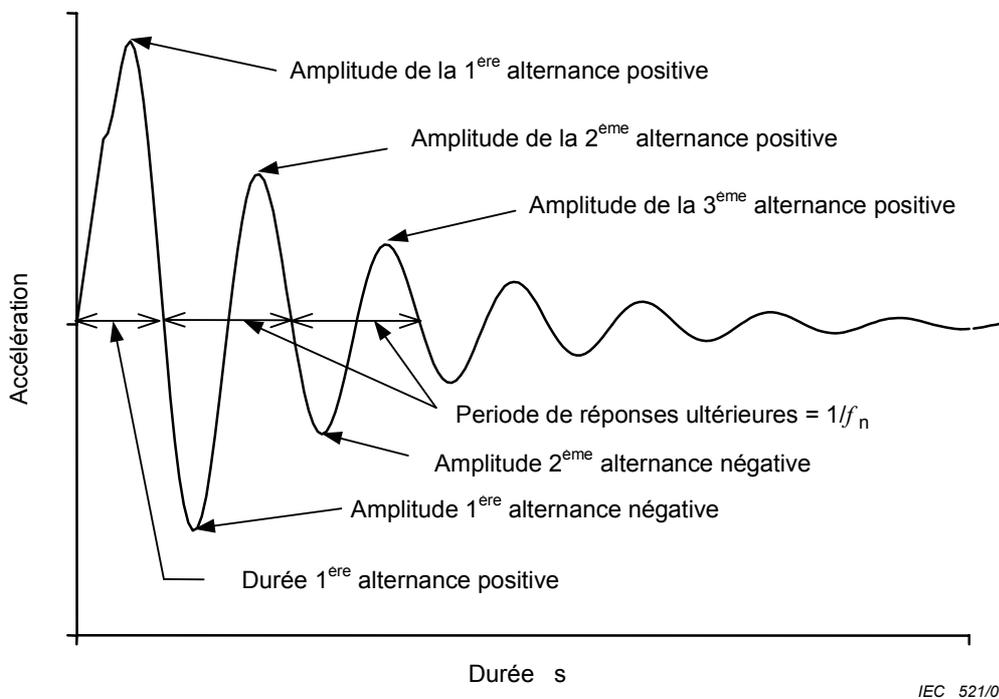
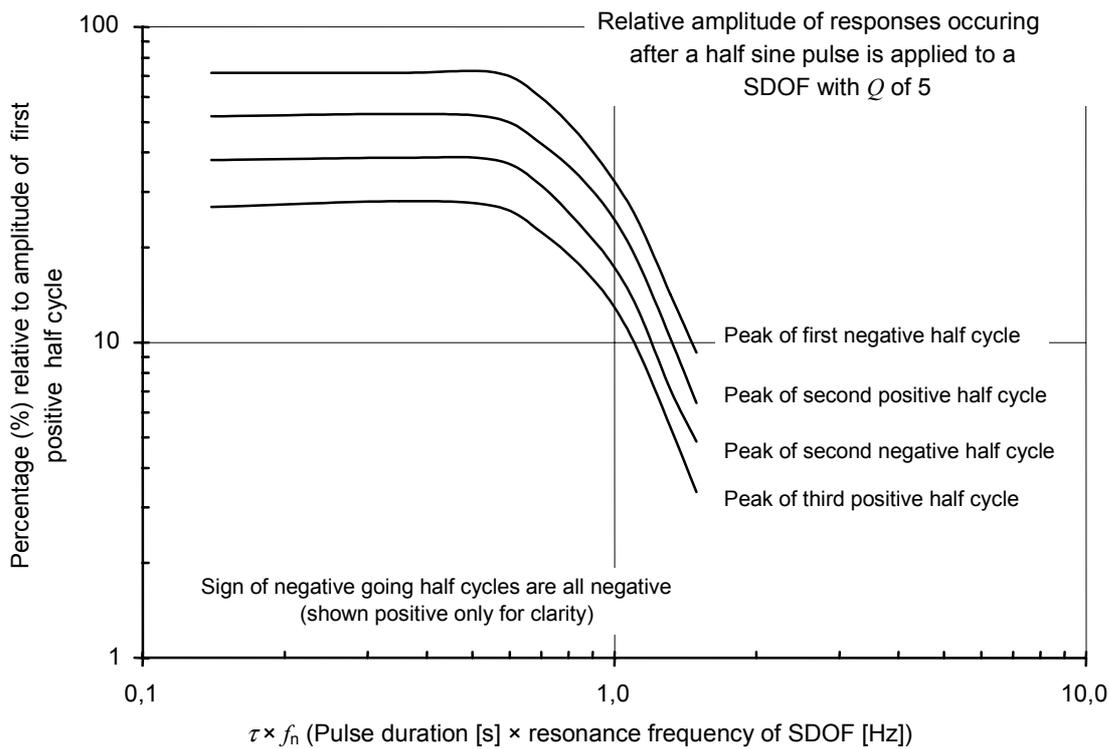
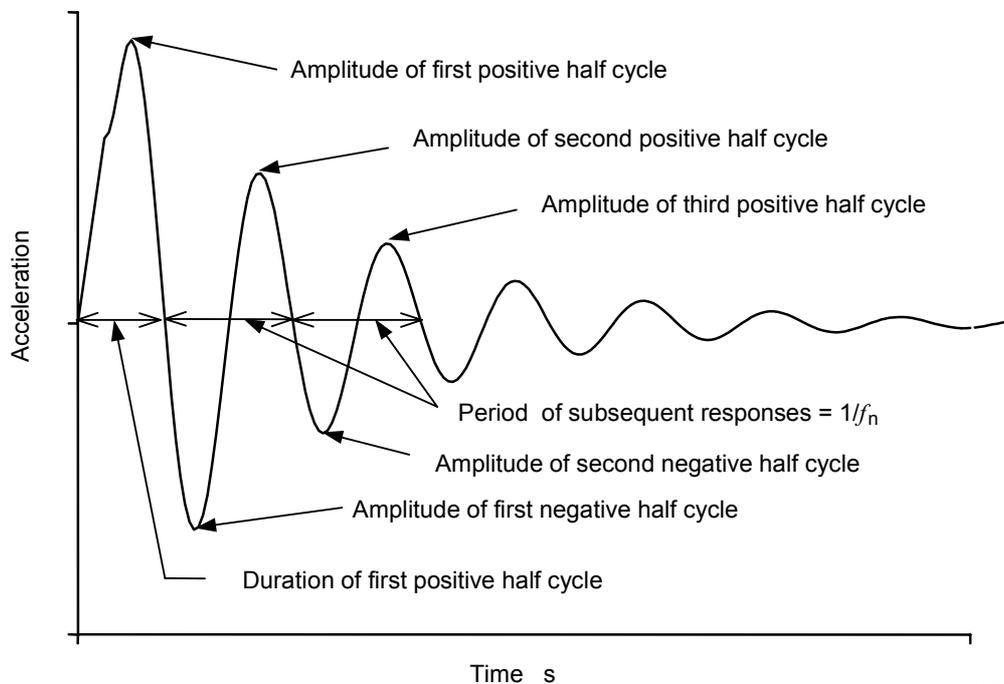


Figure C.5 – Notation des caractéristiques de réponse



IEC 520/05

**Figure C.4 – Relative Amplitude of Secondary Response Peaks**



IEC 521/05

**Figure C.5 – Notation of Response Characteristics**

## Bibliographie

CEI 60068-2-6:1995, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essais Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-7:1983, *Essais d'environnement – Partie 2-7: Essais – Essai Ga et guide: Accélération constante*

CEI 60068-2-21:1999, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

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

CEI 60068-2-29:1987, *Essais d'environnement – Partie 2-29: Essais – Essai Eb et guide: Secousses*

CEI 60068-2-31:1969, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 60068-2-32:1975, *Essais d'environnement – Partie 2-32: Essais – Essais Ed: Chute libre*

CEI 60068-2-57:1999, *Essais d'environnement – Partie 2-57: Essais – Essai: Ff: Vibrations – Méthode par accélérogrammes*

CEI 60068-2-59:1990, *Essais d'environnement – Partie 2-59: Méthodes d'essai – Essai Fe: Vibrations, méthodes par sinusoïdes modulées*

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

CEI 60068-2-65:1993, *Essais d'environnement – Partie 2-65: Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations, induites acoustiquement*

CEI 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

CEI 60068-2-81:2003, *Essais d'environnement – Partie 2-81: Essais – Essai Ei: Chocs – Synthèse du spectre de réponse au choc*

ISO 5348:1998, *Vibrations et chocs mécaniques – Fixation mécanique des accéléromètres*

## Bibliography

- IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*
- IEC 60068-2-7:1983, *Environmental testing – Part 2-7: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*
- IEC 60068-2-21:1999, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*
- IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2-7: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
- IEC 60068-2-29:1987, *Environmental testing – Part 2-29: Tests – Test Eb and guidance: Bump*
- IEC 60068-2-31:1969, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens*
- IEC 60068-2-32:1975, *Environmental testing – Part 2-32: Tests – Test Ed: Free fall*
- IEC 60068-2-57:1999, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Ff: Vibration – Time-history method*
- IEC 60068-2-59:1990, *Environmental testing – Part 2-57: Tests – Test Fe: Vibration – Sine-beat method*
- IEC 60068-2-64:1993, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband, random (digital control) and guidance*
- IEC 60068-2-65:1993, *Environmental testing – Part 2-65: Tests – Test Fg: Vibration, acoustically induced*
- IEC 60068-2-75:1997, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*
- IEC 60068-2-81:2003, *Environmental testing – Part 2-81: Tests – Test Ei: Shock – Shock response spectrum synthesis*
- ISO 5348:1998, *Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers*
-

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé  
1211 Genève 20  
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)  
**Commission Electrotechnique Internationale**  
3, rue de Varembé  
1211 GENÈVE 20  
Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
(ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?  
(cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/  
certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres  
(1) inacceptable,  
(2) au-dessous de la moyenne,  
(3) moyen,  
(4) au-dessus de la moyenne,  
(5) exceptionnel,  
(6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques,  
figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-7925-6



9 782831 879253

---

ICS 19.040

---