

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60068-2-65

Première édition
First edition
1993-11

**PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION**

Essais d'environnement –

**Partie 2-65:
Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations,
induites acoustiquement**

Environmental testing –

**Part 2-65:
Methods of tests – Test Fg: Vibration,
acoustically induced**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60068-2-65:1993



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 1993 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60068-2-65

Première édition
First edition
1993-11

BASIC SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Essais d'environnement –

Partie 2-65:

**Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations,
induites acoustiquement**

Environmental testing –

Part 2-65:

**Methods of tests – Test Fg: Vibration,
acoustically induced**



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

| | Pages |
|---|-------|
| AVANT-PROPOS | 4 |
| INTRODUCTION | 6 |
| Articles | |
| 1 Objet | 8 |
| 2 Références normatives | 8 |
| 3 Définitions, symboles et abréviations | 10 |
| 4 Environnements acoustiques et exigences pour l'essai | 16 |
| 5 Sévérités | 24 |
| 6 Préconditionnement | 26 |
| 7 Mesures initiales | 26 |
| 8 Epreuve | 26 |
| 9 Mesures intermédiaires | 28 |
| 10 Reprise | 28 |
| 11 Mesures finales | 28 |
| 12 Renseignements que doit donner la spécification particulière | 28 |
| Tableaux | |
| 1 Tolérances pour la mesure acoustique | 20 |
| 2 Niveau global de pression acoustique et durée d'exposition | 26 |
| A.1 Relation entre bande d'octave et volume de la salle | 40 |
| A.2 Rapports des dimensions de chambres réverbérantes | 42 |
| A.3 Exemples de sources acoustiques avec formes d'ondes et puissances de sortie typiques | 50 |
| A.4 Niveau global de pression acoustique et durées d'exposition typiques | 52 |
| Figures | |
| 1 Spectre de bande de tiers d'octave pour des applications aéronautiques | 32 |
| 2 Spectres de bande d'octave pour les ventilateurs | 32 |
| 3 Spectre de bande d'octave pour machinerie industrielle bruyante | 34 |
| 4 Emplacement typique de microphones autour d'un spécimen | 34 |
| 5 Points typiques de vérification microphonique (1-6) sur une surface fictive autour d'un spécimen | 36 |
| 6 Arrangement typique de microphones de vérification autour d'un spécimen cylindrique long | 38 |
| Annexes | |
| A Guide pour les exigences de l'essai | 40 |
| B Bibliographie | 56 |

CONTENTS

| | Page |
|--|------|
| FOREWORD | 5 |
| INTRODUCTION | 7 |
| Clause | |
| 1 Object | 9 |
| 2 Normative references | 9 |
| 3 Definitions, symbols and abbreviations | 11 |
| 4 Acoustic environments and requirements for testing | 17 |
| 5 Severities | 25 |
| 6 Pre-conditioning | 27 |
| 7 Initial measurements | 27 |
| 8 Testing | 27 |
| 9 Intermediate measurements | 29 |
| 10 Recovery | 29 |
| 11 Final measurements | 29 |
| 12 Information to be given in the relevant specification | 29 |
| Tables | |
| 1 Tolerances for acoustic measurement | 21 |
| 2 Overall sound-pressure level and duration of exposure | 27 |
| A.1 Octave band/room volume relationship | 41 |
| A.2 Reverberation room, ratios of dimensions | 43 |
| A.3 Examples of sound sources with waveforms and typical power outputs | 51 |
| A.4 Typical OASPL and exposure durations | 53 |
| Figures | |
| 1 Third-octave band spectrum for aeronautical applications | 33 |
| 2 Octave band spectra for fans | 33 |
| 3 Octave band spectrum for noisy industrial machinery | 35 |
| 4 Typical microphone arrangement around a specimen | 35 |
| 5 Typical locations of microphone check-points (1-6) on a fictitious surface around a specimen | 37 |
| 6 Typical microphone check-point arrangement around a long cylindrical specimen | 39 |
| Annexes | |
| A Guidance for the test requirements | 41 |
| B Bibliography | 57 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2: Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations, induites acoustiquement

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 68-2-65 a été établie par le sous-comité 50A: Essais de vibrations, de chocs et autres essais dynamiques, du comité d'études 50 de la CEI: Essais d'environnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| D/S | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 50A(BC)226 | 50A(BC)228 |

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité, conformément au Guide CEI 104.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

**Part 2: Methods of test –
Test Fg: Vibration, acoustically induced**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 68-2-65 has been prepared by subcommittee 50A: Vibration impact and other dynamic tests, of IEC technical committee 50: Environmental testing.

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

| DIS | Report on voting |
|------------|------------------|
| 50A(CO)226 | 50A(CO)228 |

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

Annexes A and B are for information only.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

INTRODUCTION

Un bruit acoustique peut produire des vibrations dans les composants et les matériels. Dans un champ de bruit acoustique, les fluctuations de pression frappent directement le spécimen et la réponse peut être significativement différente de celle produite par excitation mécanique.

Les dispositifs particulièrement sensibles au bruit acoustique incluent les unités relativement légères dont les dimensions sont comparables à la longueur d'onde acoustique dans la bande de fréquences d'intérêt et dont la masse surfacique est faible, tels que les antennes et les panneaux solaires, les appareils électroniques, les cartes de circuits imprimés, le câblage, les éléments d'optique, etc.

Cet essai est applicable aux composants, matériels et autres articles, dénommés ci-après «spécimens», qui sont susceptibles d'être exposés et/ou qui doivent fonctionner dans des conditions de fort niveau de pression acoustique. Il convient de noter que, dans les conditions de service, le spécimen peut être sujet à une excitation simultanée mécanique et acoustique.

De forts niveaux de pression acoustique peuvent être générés par des moteurs à réaction et d'autres systèmes de propulsion d'avions, des moteurs de fusées, des circulateurs de gaz de forte puissance, etc. Cette norme traite des essais acoustiques dans les gaz compressibles et peut aussi être utilisée pour simuler l'excitation provoquée par les turbulences résultant de la séparation d'écoulements gazeux de grande vitesse.

La réalisation d'essais pour connaître les effets de vibration provoqués par du bruit acoustique demande un certain degré de jugement technique et cela doit être reconnu à la fois par le fabricant/fournisseur et par l'acheteur du spécimen. En se basant sur le guide fourni dans cette partie de la CEI 68, le rédacteur de la spécification particulière choisit la méthode d'essai la plus appropriée ainsi que les valeurs des sévérités, en prenant en compte la nature du spécimen et son utilisation escomptée.

Etant donné que les niveaux de pression acoustique survenant pendant les essais sont suffisamment élevés pour être potentiellement dangereux pour l'audition de l'homme, il faut prendre des mesures appropriées afin de réduire l'exposition au bruit des opérateurs réalisant l'essai et les opérations préparatoires, à un niveau considéré comme autorisé du point de vue de la conservation de l'audition.

INTRODUCTION

Acoustic noise may produce significant vibration in components and equipment. In the acoustic noise field, pressure fluctuations impinge directly on the specimen and the response may be different to that produced by mechanical excitation.

Items particularly sensitive to acoustic noise include relatively lightweight items whose dimensions are comparable to an acoustic wavelength in the frequency range of interest and whose mass per unit area is low, such as dish antennas and solar panels, electronic devices, printed circuit boards, wiring, optical elements, etc.

This test is applicable to components, equipment and other products, herein after referred to as "specimens", which are liable to be exposed to and/or required to function in conditions of high sound-pressure levels. It should be noted that, under service conditions, the specimen may be subjected to simultaneous mechanical and acoustical excitation.

High sound-pressure levels may be generated by jet engines and other aircraft propulsion systems, rocket motors, high-powered gas circulators, etc. This standard deals with acoustic testing in compressible gases and can also be used to simulate the excitation response caused by turbulence resulting from high velocity separated gas flows.

Testing for the effects of vibration caused by acoustic noise demands a certain degree of engineering judgment and this should be recognized both by the manufacturer/supplier and the purchaser of the specimen. Based on the guidance provided in this part of IEC 68 the writer of the relevant specification is expected to select the most appropriate method of test and values of severity, taking account of the nature of the specimen and its intended use.

Since the acoustic levels occurring during testing are high enough to be potentially damaging to human hearing, appropriate measures need to be taken to reduce preparatory operation and the noise exposure of operators performing the test, to a level regarded as permissible from the standpoint of hearing conservation.

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2: Méthodes d'essais – Essai Fg: Vibrations, induites acoustiquement

1 Objet

Fournir des méthodes normalisées et un guide pour la conduite d'essais acoustiques afin de déterminer l'aptitude d'un spécimen à résister à des vibrations provoquées par un environnement de niveau de pression acoustique spécifié de forte intensité auquel il est, ou est susceptible d'être, exposé. Lorsque le niveau de pression acoustique de l'environnement est inférieur à 120 dB, des essais acoustiques ne sont normalement pas exigés.

Déterminer la faiblesse mécanique et/ou les détériorations ou dégradations des performances de spécimens et utiliser cette information, en liaison avec les spécifications particulières, pour décider s'ils sont acceptables. Dans quelques cas, les méthodes d'essai peuvent aussi être utilisées comme moyens pour établir la robustesse mécanique ou la résistance à la fatigue de spécimens.

Cette partie de la CEI 68 décrit la procédure pour conduire les essais et pour mesurer les niveaux de pression acoustique dans le champ acoustique, et examine le besoin de mesurer les réponses vibratoires en des points spécifiés sur le spécimen. Elle fournit aussi un guide pour la sélection de l'environnement acoustique, du spectre, du niveau de pression acoustique et de la durée d'exposition.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 68. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 68 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales en vigueur.

CEI 50(151): 1978: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 50(801): 1988, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 801: Acoustique et Electroacoustique*

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

CEI 651: 1979, *Sonomètres*

ISO 266: 1975, *Acoustique – Fréquences normales pour les mesurages acoustiques*

ENVIRONMENTAL TESTING

Part 2: Methods of test – Test Fg: Vibration, acoustically induced

1 Object

To provide standard procedures and guidance for conducting acoustic tests in order to determine the ability of a specimen to withstand vibration caused by a specified sound-pressure level environment to which it is, or is liable to be, subjected. For sound-pressure level environments of less than 120 dB acoustic tests are not normally required.

To determine mechanical weakness and/or degradation in the performance of specimens and to use this information, in conjunction with the relevant specification, to decide their acceptability. In some cases, the methods of test may also be used as a means of establishing the mechanical robustness or fatigue resistance of specimens.

This part of IEC 68 describes the procedures for conducting tests and for measurement of the sound-pressure levels within the acoustic noise field and considers the need for measurement of the vibration responses at specified points on the specimen. It also gives guidance for the selection of the acoustic noise environment, spectrum, sound-pressure level and duration of exposure.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 68. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 68 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents listed below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 50(801): 1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 801: Acoustics and electro-acoustics*

IEC 68-1: 1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 651: 1979, *Sound level meters*

ISO 266: 1975, *Acoustics – Preferred frequencies for measurements*

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

ISO 2671: 1982, *Essais en environnement pour les équipements aéronautiques – Partie 3.4: Vibrations acoustiques*

3 Définitions, symboles et abréviations

Les termes utilisés sont généralement définis dans l'ISO 2041, la CEI 68-1 et la CEI 50(801). Là où, pour la commodité du lecteur, une définition provenant d'une de ces sources est ici incluse, la provenance est indiquée. Les différences avec les définitions de ces sources sont de même indiquées (voir aussi 3.2). Les termes et définitions complémentaires suivants sont aussi applicables pour les besoins de la présente norme.

3.1 Définitions

3.1.1 pavillon acoustique (différent de 801-07-12): Conduit de section variant habituellement exponentiellement, plus grande à une extrémité qu'à l'autre, utilisé pour coupler une source acoustique au volume d'essai, par exemple à l'intérieur d'une salle réverbérante, réalisant ainsi le transfert d'énergie maximal.

NOTE - Chaque pavillon acoustique possède des caractéristiques de transfert propres qui influent sur le spectre acoustique.

3.1.2 temps d'intégration d'analyse: Durée sur laquelle un signal est moyenné (voir A.8).

3.1.3 largeur de bande (identique à B.19 de l'ISO 2041). Différence entre les fréquences de coupure supérieure et inférieure.

NOTE - Elle peut être exprimée:

- a) en hertz;
- b) en pourcentage de la fréquence centrale du filtre passe-bande; ou
- c) comme l'intervalle en octave entre les fréquences de coupure nominales haute et basse.

3.1.4 niveau global de pression acoustique: Valeur calculée à partir des niveaux de pression acoustique par bande d'octave ou de tiers d'octave:

$$L_G = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^m 10^{L_i/10}$$

où

L_G est le niveau global de pression acoustique en décibels

L_i est le niveau de pression acoustique dans la $i^{\text{ème}}$ bande d'octave ou de tiers d'octave, et

m est le nombre de bandes d'octave ou de tiers d'octave.

3.1.5 fréquence centrale (identique à B.31 de l'ISO 2041): Moyenne géométrique des fréquences de coupure nominales d'une bande passante.

NOTES

1 L'ISO 2041 définit les fréquences de coupure nominales hautes et basses d'un filtre passe-bande comme les fréquences au-dessus et en dessous de la réponse maximale du filtre auxquelles les réponses à un signal sinusoïdal sont de 3 dB au-dessous de la réponse maximale.

2 La moyenne géométrique est égale à $(f_1 \cdot f_2)^{1/2}$, où f_1 et f_2 sont les fréquences de coupure.

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

ISO 2671: 1982, *Environmental tests for aircraft equipment – Part 3.4: Acoustic vibration*

3 Definitions, symbols and abbreviations

The terms used are generally defined in ISO 2041, IEC 68-1 and IEC 50(801). Where, for the convenience of the reader, a definition from one of those sources is included here, the derivation is indicated. Departures from the definitions in those sources are also indicated (see also 3.2). The additional terms and definitions that follow are applicable for the purposes of this standard.

3.1 Definitions

3.1.1 acoustic horn (not identical to 801-07-12): Tube of generally exponentially varying section, larger at one end than at the other, used to couple an acoustic source to the test volume, for example the inside of a reverberation room, thus achieving the maximum transfer of energy.

NOTE - Each acoustic horn has individual transfer characteristics which affect the sound spectrum.

3.1.2 analysis integration time: Time duration over which a signal is averaged (see A.8).

3.1.3 bandwidth (identical to B.19 of ISO 2041): Difference between the nominal upper and lower cut-off frequencies.

NOTE - It may be expressed

- a) in hertz;
- b) as a percentage of the pass-band centre frequency; or
- c) as the interval between the upper and lower nominal cut-off frequencies in octaves.

3.1.4 overall sound-pressure level (OASPL): Value computed from the third-octave or octave band sound-pressure levels L_i

$$L_G = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^m 10^{L_i/10}$$

where

L_G is the overall sound-pressure level in dB

L_i is the sound-pressure level in the i th third-octave or octave band and

m is the number of third-octave or octave bands.

3.1.5 centre frequency (identical to B.31 of ISO 2041): Geometric mean of the nominal cut-off frequencies of a pass-band.

NOTES

1 ISO 2041 defines the nominal upper and lower cut-off frequencies of a filter pass-band as those frequencies above and below the frequency of maximum response of a filter at which the response to a sinusoidal signal is 3 dB below the maximum response.

2 The geometric mean is equal to $(f_1 \cdot f_2)^{1/2}$, where f_1 and f_2 are the cut-off frequencies.

3.1.6 filtre à largeur de bande constante (identique à B.21 de l'ISO 2041): Filtre qui a une largeur de bande constante quand elle est exprimée en hertz. La largeur de bande est indépendante de la valeur de la fréquence centrale du filtre.

3.1.7 fréquence de coupure (du pavillon acoustique): Fréquence au-dessous de laquelle un pavillon acoustique devient progressivement inefficace. C'est une caractéristique principale d'un pavillon acoustique.

3.1.8 champ acoustique diffus: (identique à 801-03-31). Champ acoustique qui, dans une région donnée, a une densité d'énergie statistiquement uniforme, dans lequel les directions de propagation en n'importe quel point sont distribuées de manière aléatoire.

NOTE - Dans un champ acoustique diffus, le niveau de pression acoustique mesuré avec un microphone directionnel donnerait les mêmes résultats quelle que soit son orientation.

3.1.9 générateur électropneumatique ou hydropneumatique: Source acoustique la plus généralement employée en laboratoire pour simuler les forts niveaux de pression acoustique rencontrés dans un environnement opérationnel à haut niveau de bruit. Elle est constituée par un générateur pneumatique alimenté en gaz comprimé et modulé par une valve électromagnétique ou hydraulique.

NOTE - Ce type de générateur fournit un spectre d'énergie continue sur une large bande de fréquences avec une distribution d'amplitude aléatoire, et il est en mesure de fournir un spectre acoustique donné pour satisfaire aux spécifications d'un essai acoustique (voir A.5).

3.1.10 intervalle de fréquence (identique à 801-10-07): Rapport de deux fréquences .

3.1.10.1 octave: Intervalle entre deux fréquences qui sont dans un rapport 2.

3.1.10.2 un tiers d'octave (1/3): Intervalle entre deux fréquences qui sont dans un rapport $2^{1/3}$.

NOTE - Les bandes de fréquence d'octave et de tiers d'octave sont définies par leur fréquence géométrique centrale dans l'ISO 266.

3.1.10.3 un douzième d'octave (1/12): Intervalle entre deux fréquences qui sont dans un rapport de $2^{1/12}$.

3.1.11 points de mesure: Points spécifiques où les données sont collectées pour la conduite de l'essai. Ces points sont de deux types principaux qui sont définis ci-après.

NOTE - Les mesures peuvent être faites en des points à l'intérieur du spécimen, dans le but d'évaluer son comportement, mais ceux-ci ne sont pas considérés comme des points de mesure au sens de cette norme.

3.1.11.1 points de contrôle: Points situés sur une surface fictive entourant le spécimen à une distance fixée de celui-ci.

3.1.11.2 points de vérification: Points choisis (parmi les points de contrôle) dont les signaux sont utilisés pour commander l'essai de façon que les exigences de cette norme soient satisfaites.

3.1.12 commande multi-points: Commande réalisée en utilisant la moyenne des signaux aux points de vérification (voir 3.1.11.2).

NOTE - Quand on utilise une commande multi-points, chaque signal microphonique traduit le niveau de pression acoustique où il est placé. Le niveau de pression acoustique moyen L_{AV} peut aussi être calculé selon la définition 801-11-36 de la CEI 50(801), selon laquelle

3.1.6 constant-bandwidth filter (identical to B.21 of ISO 2041): Filter which has a bandwidth of constant value when expressed in hertz. It is independent of the centre frequency of the filter.

3.1.7 cut-off frequency (of acoustic horn): Frequency below which an acoustic horn becomes progressively ineffective; it is a main characteristic of an acoustic horn.

3.1.8 diffuse sound field: (identical to 801-03-31). Sound field which, in a given region, has statistically uniform energy density, for which the directions of propagation at any point are randomly distributed.

NOTE - In a diffuse sound field, the sound-pressure level measured with a directional microphone would give the same results whatever its orientation.

3.1.9 electro or hydraulic-pneumatic transducer: The most generally employed laboratory source of acoustic noise to simulate sound-pressure levels encountered in a high operational ambient acoustic noise environment. It consists of a pneumatic transducer supplied with pressurized gas modulated by an electromagnetic or hydraulic valve.

NOTE - This type of transducer provides a continuous spectrum of energy over a wide frequency band with random amplitude distribution and is capable of providing a shaped sound spectrum to meet the specifications in acoustic testing (see A.5).

3.1.10 frequency interval (identical to 801-10-07): Ratio of two frequencies.

3.1.10.1 octave: Interval between two frequencies which have a ratio of two.

3.1.10.2 one-third octave (1/3): Interval between two frequencies which have a ratio equal to $2^{1/3}$.

NOTE - Octave and third-octave frequency bands are defined by their geometric centre frequencies in ISO 266.

3.1.10.3 one-twelfth octave (1/12): Interval between two frequencies which have a ratio equal to $2^{1/12}$.

3.1.11 measuring points: Specific points at which data are gathered for the conduct of the test. These points are of two main types which are defined below.

NOTE - Measurements may be made at points within the specimen in order to assess its behaviour but these are not considered as measuring points in the sense of this standard.

3.1.11.1 check-points: Points located on a fictitious surface surrounding the specimen and at a fixed distance from it.

3.1.11.2 reference points: Points chosen from the check-points, whose signals are used to control the test so that the requirements of this standard are satisfied.

3.1.12 multipoint control: Control achieved by using the average of the signals at the reference points (see 3.1.11.2).

NOTE - When using multipoint control, each microphone signal relates to the sound-pressure level at one position. The average sound-pressure level L_{AV} can be computed as given in IEC 50 (801), definition 801-11-36, when

$$L_{AV} = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

où

n est le nombre de points de vérification

L_i est le niveau de pression acoustique dans la $i^{\text{ème}}$ bande d'octave ou de tiers d'octave.

Quand les différences entre les niveaux de pression acoustique sont petites, la valeur moyenne du niveau de pression acoustique peut être prise égale à la valeur moyenne arithmétique. Par exemple, une différence de 6 dB produira une erreur d'environ 0,5 dB après moyennage arithmétique.

3.1.13 filtre de fréquence en bande étroite: Filtre passe-bande pour lequel la bande passante est généralement plus petite qu'un tiers d'octave.

3.1.14 filtre large bande: Filtre passe-bande pour lequel la bande passante est relativement large, en général plus grande qu'une octave.

3.1.15 tube à ondes progressives: Tube le long duquel les ondes acoustiques se propagent depuis la source acoustique, laquelle est couplée à la veine d'essai appropriée grâce à un pavillon acoustique.

NOTE - Une terminaison acoustique absorbante est placée à la fin de la veine d'essai afin de minimiser les réflexions des ondes acoustiques progressives dans la bande de fréquences concernée (voir A.2).

3.1.16 filtre à largeur de bande proportionnelle (identique à B.22 de l'ISO 2041): Filtre qui a une largeur de bande proportionnelle à la fréquence.

NOTE - Les largeurs de bande d'une octave, d'un tiers d'octave, etc. sont des largeurs de bandes typiques pour des filtres à largeur de bande proportionnelle.

3.1.17 salle réverbérante: (différent de 801-11-13). Salle qui possède des murs rigides et des surfaces hautement réfléchissantes de telle manière que le champ acoustique à l'intérieur soit diffus.

3.1.18 coefficient d'absorption acoustique (différent de 801-11-02): Pourcentage de la puissance acoustique incidente non réfléchi par la surface d'un matériau à une fréquence donnée et dans des conditions spécifiées.

NOTE - L'absorption acoustique est la propriété que possèdent les matériaux et les objets de convertir l'énergie acoustique en chaleur.

3.1.19 pression acoustique p : (identique à 801-01-20 sauf pour la note ci-dessous). Racine carrée de la moyenne quadratique des pressions acoustiques instantanées, calculée sur un intervalle de temps donné, sauf indication contraire.

NOTE - La pression acoustique caractérise la variation autour de la pression statique, de la pression produite par des ondes acoustiques qui sont les variations de pression provoquées par des perturbations dans un milieu gazeux.

3.1.19.1 Niveau de pression acoustique L_p : (identique à 801-02-07)

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \text{ dB réf. } p_0 \text{ où } p_0 = 20 \mu\text{Pa (voir 3.2)}$$

$$L_{AV} = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10}$$

where

n is the number of reference points

L_i is the sound-pressure level in the i th third-octave or octave band.

Alternatively, when differences in sound-pressure levels are small, the average sound-pressure level can be approximated by taking the arithmetically averaged value. For example, differences of 6 dB will result in an error of approximately 0,5 dB when averaged arithmetically.

3.1.13 narrow band frequency filter: Band-pass filter for which the pass-band is generally smaller than third-octave.

3.1.14 broad band frequency or wide band filter: Band-pass filter for which the pass-band is relatively wide or broad, in general larger than an octave.

3.1.15 progressive wave tube: Tube along which sound waves propagate from the acoustic source, which is coupled to a suitable test section by an acoustic horn.

NOTE - An acoustically absorptive termination is placed at the end of the test section to minimize reflection of the progressive acoustic waves in the frequency range of interest (see A.2).

3.1.16 proportional-bandwidth filter (identical to B.22 of ISO 2041): Filter which has a bandwidth that is proportional to the frequency.

NOTE - Octave bandwidth, third-octave bandwidth, etc. are typical bandwidths for proportional-bandwidth filters.

3.1.17 reverberation room: (not identical to 801-11-13). Room which has hard, highly reflective surfaces such that the sound field therein becomes diffuse.

3.1.18 sound absorption coefficient (not identical to 801-11-02): Fraction of incident sound power not reflected from the surface of a material at a given frequency and under specified conditions.

NOTE - Sound absorption is the property possessed by materials and objects for converting sound energy to heat.

3.1.19 sound-pressure p : (identical to 801-01-20 except for the note below). Root mean-square of instantaneous sound-pressures over a given time interval, unless specified otherwise.

NOTE - sound-pressure characterizes the variation of pressure about the static pressure, produced by acoustic waves, which are variations of pressure caused by disturbances in a gaseous medium.

3.1.19.1 sound-pressure level L_p : (identical to 801-02-07).

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \text{ dB réf. } p_0 \text{ where } p_0 = 20 \text{ } \mu\text{Pa (see 3.2)}$$

3.1.20 tube à ondes stationnaires: Tube dans lequel une onde acoustique périodique est générée avec une distribution spatiale fixe, laquelle est le résultat de l'addition d'ondes acoustiques incidentes et réfléchies de même fréquence.

NOTE - Les ondes acoustiques stationnaires sont caractérisées par l'existence de noeuds et de ventres de pression partielle ou totale qui sont fixes dans l'espace. La source acoustique est couplée au tube à ondes stationnaires par un pavillon acoustique. Le tube est terminé par une surface rigide acoustiquement, réglable longitudinalement pour accorder la fréquence fondamentale. Le tube fournit une méthode efficace pour générer des fréquences discrètes à haut niveau de pression acoustique (voir A.4).

3.2 Symboles et abréviations

Les symboles et les abréviations utilisés sont donnés ci-dessous, le cas échéant, avec une référence croisée à la définition.

OASPL : niveau global de pression acoustique (dérivé de 801-02-07, voir 3.1.14);

L_G : niveau global de pression acoustique en dB (voir 3.1.14);

L_i : niveau de pression acoustique dans la i ème bande d'octave ou tiers d'octave (voir 3.1.14);

L_p : niveau de pression acoustique (voir 3.1.19.1);

L_{AV} : niveau de pression acoustique moyen (voir 3.1.12);

p : valeur efficace de la pression acoustique en N/M^2 ou en Pa (voir 3.1.19);

p_0 : pression acoustique de référence internationale, normalisée à 2×10^{-5} Pa ou 20 μPa dans l'air (CEI 651) et à 1 μPa dans les autres milieux.

4 Environnements acoustiques et exigences pour l'essai

4.1 Environnement acoustique de l'épreuve

Un essai de vibration acoustique est réalisé pour déterminer l'aptitude d'un spécimen à fonctionner ou à survivre dans un champ spécifié de bruit acoustique à fort niveau spécifié. En pratique, l'environnement de pression fluctuante rencontré peut être une combinaison complexe d'ondes progressives et de champs acoustiques réverbérants. Les ondes stationnaires, créées à l'intérieur des structures et des cavités exposées au bruit, peuvent résonner et produire localement de très forts niveaux de pression acoustique. Il est donc nécessaire de choisir le type d'essai acoustique le plus approprié pour le spécimen. La sélection peut être basée sur les données réelles mesurées lors d'essais en vraie grandeur ou lors d'essais en vol ou bien être obtenue à partir de niveaux spécifiés pour des applications particulières de l'équipement, par exemple comme dans les figures 1, 2 et 3. Le spectre d'essai appliqué peut contenir de l'énergie au-dessus et au-dessous des fréquences données dans ces figures.

NOTE - Pour une information plus complète sur les niveaux de pression acoustique associés à l'environnement aéronautique, voir l'ISO 2671.

3.1.20 standing wave tube: Tube in which a periodic sound wave is generated having a fixed distribution in space which is the result of the addition of directly propagated and reflected sound waves of the same frequency.

NOTE - Standing acoustic waves are characterized by the existence of complete or partial pressure nodes and anti-nodes that are fixed in space. The acoustic source is coupled to the standing wave tube by an acoustic horn and is terminated by an acoustically hard, axially adjustable, reflecting surface for tuning of the fundamental frequency. The standing wave tube provides an effective method of generating discrete frequencies with high sound-pressure levels (see A.4).

3.2 Symbols and abbreviations

The following symbols and abbreviations are used. Where appropriate, a cross-reference to the definition is given.

OASPL : overall sound-pressure level (derived from 801-02-07, see 3.1.14).

L_G : overall sound-pressure level in dB (see 3.1.42);

L_i : sound-pressure level in i th third-octave or octave band (see 3.1.14);

L_p : sound-pressure level (see 3.1.19.1);

L_{AV} : average sound-pressure level (see 3.1.12);

p : r.m.s. sound-pressure in N/m^2 or Pa (see 3.1.19);

p_0 : international reference sound-pressure, standardized as 2×10^{-5} Pa or 20 μPa in air (IEC 651), 1 μPa in other media.

4 Acoustic environments and requirements for testing

4.1 Acoustic environment for testing

An acoustic vibration test is conducted in order to determine the ability of a specimen to operate or survive in a specified high intensity acoustic noise field. In practice, the fluctuating pressure environment experienced may be a complex combination of progressive waves and reverberant acoustic fields. Standing waves, formed within structures and cavities exposed to noise, may resonate and produce very high local sound-pressure levels. It is, therefore, necessary to select the most appropriate type of acoustic test for the specimen. The selection may be based upon real measured data from field tests or flight trials or be obtained from general levels specified for particular equipment applications, for example as in figures 1, 2 and 3. The applied test spectrum may contain energy above and below the frequencies given in the figures.

NOTE - For further information on sound-pressure levels associated with aircraft environments, see ISO 2671.

4.1.1 *Champ réverbérant*

Un champ réverbérant est généralement utilisé pour des équipements situés dans des volumes fermés quand les fluctuations de pression vues par l'équipement sont uniformément réparties. Cependant, il peut être aussi utilisé pour essayer les enceintes elles-mêmes, par exemple les coiffes des grandes fusées, etc., pour lesquels aucune autre simulation appropriée n'est possible. Des champs réverbérants peuvent s'établir dans des enceintes à partir de l'excitation des structures extérieures par un flux turbulent de gaz, ou par une séparation de flux sur une surface, par un bruit rayonné de propulsion, et à l'intérieur, par exemple, de volumes clos de réservoirs pressurisés de réacteurs refroidis par du gaz (voir A.1).

4.1.2 *Epreuve en ondes progressives*

L'épreuve en ondes progressives est utilisée quand l'énergie acoustique balaye la surface du spécimen. Des exemples d'exposition à cet environnement incluent des charges externes transportées sur avion, des protections thermiques des moteurs de fusée, des panneaux ou des surfaces de dérives d'avions (voir A.2).

4.1.3 *Résonance de cavité*

Ce type d'épreuve est utilisé pour simuler des situations dans lesquelles des niveaux de pression acoustique élevés sont produits dans la cavité par suite du flux turbulent sur la cavité ou lorsque celle-ci est exposée à l'excitation acoustique. Des exemples en sont les logements de train d'atterrissage d'avion lorsque les roues sont sorties pour l'atterrissage, les chambres de combustion (voir A.3).

4.1.4 *Ondes stationnaires*

L'épreuve en tube à ondes stationnaires peut être utilisée pour produire de très forts niveaux de pression acoustique à une fréquence pure. L'épreuve est généralement utilisée pour l'évaluation et le développement d'unités susceptibles d'être exposées à un bruit acoustique très fort dans des bandes de fréquences étroites (voir A.4).

4.2 *Sources de bruit*

Un guide pour la sélection d'une source acoustique appropriée pour l'essai est donné en A.5.

4.3 *Appareils de mesures*

Des appareils de mesures sont exigés pour surveiller le champ de pression acoustique autour du spécimen et, si nécessaire, pour mesurer les vibrations induites acoustiquement dans le spécimen. Ces mesures nécessitent d'être analysées en accord avec leurs contenus fréquentiels (voir 4.3.3).

4.3.1 *Mesures acoustiques*

La chaîne d'instrumentation de surveillance doit être capable de mesurer les niveaux de pression acoustique dans la bande de fréquences entre 22,4 Hz et 11 200 Hz, soit par bandes d'octave soit par bandes de tiers d'octave avec des fréquences centrales entre 31,5 Hz/25 Hz (octave/tiers d'octave) et 8 kHz/10 kHz.

4.1.1 *Reverberant field testing*

A reverberant field is generally used for specimens intended to be located in enclosed spaces, when the pressure fluctuations seen by the specimens are evenly distributed. However, it may also be used for testing the enclosures themselves, for example nose cone fairings of large launch vehicles, etc., where no other more suitable simulation is possible. Reverberant fields may arise in enclosures, from excitation of the boundary structures by turbulent gas flow or flow separation over a surface, radiated propulsion noise, and within, for example, gas-cooled reactor pressure vessels (see A.1).

4.1.2 *Progressive wave testing*

Progressive wave testing is used where the acoustic energy sweeps over the surface of the specimen. Examples of the occurrence of this environment include externally carried items on aircraft, rocket engine heat shields, aircraft panels or tail surfaces (see A.2).

4.1.3 *Cavity resonance testing*

This type of testing is used to simulate situations where high sound-pressure levels are produced in cavities resonating as a result of turbulent flow over the cavities or when exposed to acoustic excitation. Examples include aircraft landing gear wheel cavities when wheels are lowered for landing, combustion chambers (see A.3).

4.1.4 *Standing wave testing*

Standing wave tube testing may be used to produce very high pure tone sound-pressure levels. The test is generally used for the evaluation and development of items likely to be exposed to very high intensity noise in narrow frequency bands (see A.4).

4.2 *Sound sources*

Guidance on the selection of an appropriate sound source for testing is given in A.5.

4.3 *Measuring apparatus*

Measuring apparatus is required to monitor the sound-pressure field around the specimen and, if necessary, to measure the acoustically induced vibrations in the specimen. These measurements require to be analysed with respect to their frequency content (see 4.3.3).

4.3.1 *Acoustic measurements*

The monitoring instrumentation system shall be capable of measuring sound-pressure levels in the frequency range between 22,4 Hz and 11 200 Hz in either octave or third-octave bands, with centre frequencies between 31,5 Hz/25 Hz (octave/third-octave) and 8 kHz/10 kHz.

Cette chaîne d'instrumentation doit avoir une réponse en fréquence dans la bande de fréquences d'intérêt avec les tolérances données dans le tableau 1.

Tableau 1 - Tolérances pour la mesure acoustique

| Bandes de fréquences Hz | Tolérances dB |
|----------------------------|------------------|
| 22,4 – 125 | ± 1 |
| 126 – 2 500 | ± 2 |
| 2 501 – 11 200 | ± 3 |

Le microphone utilisé doit pouvoir faire des mesures en incidence aléatoire et être capable de mesurer des valeurs crêtes égales à au moins trois fois la valeur efficace maximale spécifiée.

L'instrumentation doit être capable de mesurer les niveaux de pression acoustique supérieurs d'au moins 10 dB au niveau d'essai spécifié. Cela s'applique à la fois au niveau global et aux niveaux individuels par bande de fréquences.

4.3.2 Mesures vibratoires de la réponse

La surveillance de la réponse vibratoire du spécimen, s'il y a lieu, peut être réalisée sur la base de mesures d'accélérations et/ou de contraintes (les réponses en déplacement ou vitesse peuvent être aussi surveillées, si nécessaire).

L'équipement de surveillance doit être capable de mesurer la réponse vibratoire globale au moins dans la gamme de fréquences entre 16 Hz et 2 000 Hz. Cette instrumentation doit posséder une réponse nominale en fréquence plate dans la bande de fréquences concernée et être adaptée à l'application et au type de mesures à effectuer.

4.3.3 Analyse des résultats

Les données mesurées obtenues en 4.3.1 et, s'il y a lieu, en 4.3.2, doivent être analysées pour connaître la composition spectrale.

- Les mesures acoustiques doivent être analysées avec une résolution d'au moins une bande d'octave ou, de préférence, une bande de tiers d'octave.
- Les mesures des réponses vibratoires nécessitent habituellement une analyse avec une résolution plus fine et sont généralement analysées en utilisant, soit des filtres à largeur de bande proportionnelle, par exemple en bande de 1/12 d'octave, soit des filtres à largeur de bande constante, par exemple, 10 Hz. Les largeurs des filtres doivent être prescrites par la spécification particulière pour une application spécifique.

4.4 Exigences pour l'essai

4.4.1 Type de moyen d'essai

Le comportement spatio-temporel du champ acoustique opérationnel devant être simulé influence le choix de l'épreuve. Le principal moyen d'essai couramment utilisé est la salle

This instrumentation system shall have a frequency response over the frequency range of interest within the tolerances given in table 1.

Table 1 - Tolerances for acoustic measurement

| Frequency range Hz | Tolerance dB |
|-----------------------|-----------------|
| 22,4 – 125 | ± 1 |
| 126 – 2 500 | ± 2 |
| 2 501 – 11 200 | ± 3 |

The microphones used shall be capable of random incidence measurements and be capable of measuring peak values of at least three times the maximum rated r.m.s. value.

The instrumentation shall be capable of measuring sound-pressure levels at least 10 dB higher than the specified test level. This refers both to the overall level and to individual frequency band levels.

4.3.2 *Vibration response measurements*

The monitoring of the vibration of the specimen, where appropriate, may be performed on the basis of acceleration and/or strain measurements (displacement or velocity response may also be monitored, if appropriate).

The monitoring equipment shall be capable of measuring overall vibration response at least in the frequency range between 16 Hz and 2 000 Hz. This instrumentation shall have a nominally flat frequency response over the frequency range of interest and be suitable for the application and the type of measurement.

4.3.3 *Analysis of results*

The measured data obtained from 4.3.1 and, if appropriate, 4.3.2 shall be analysed for frequency composition.

- a) Acoustic measurements shall be analysed with a resolution of at least octave or, preferably, third-octave, bands.
- b) Vibration response measurements usually require finer resolution analysis and are generally analysed by using either proportional-bandwidth filters, for example 1/12 octave band, or constant bandwidth filters of, for example, 10 Hz. Filter bandwidths shall be prescribed by the relevant specification for the particular application.

4.4 *Requirements for testing*

4.4.1 *Type of facility*

The service or operational space-time behaviour of the sound field to be simulated influences the choice of testing. The main facility currently used to provide the test volume is

ou chambre réverbérante, et les exigences suivantes de l'essai se réfèrent à ces conditions d'essai. D'autres types de moyens d'essais auxquels s'applique aussi cette norme sont décrits en annexe A. Les exigences relatives au moyen d'essai doivent être données dans la spécification particulière.

Si un essai combiné est demandé au cours duquel le spécimen est exposé simultanément à un environnement acoustique de forte intensité et à quelques autres agents d'environnement, par exemple des températures extrêmes, l'épreuve acoustique doit être en accord avec cette norme.

4.4.2 Montage

Le spécimen doit être placé au centre de la salle réverbérante, de manière à éviter, autant que possible, le parallélisme entre les parois de la salle (incluant le plancher et le plafond) et les surfaces principales du spécimen. Les spécimens doivent être supportés ou suspendus élastiquement à l'intérieur de la salle réverbérante. La spécification particulière doit prescrire, autant que nécessaire, les points de montage ou de fixation préférentiels.

La fréquence de résonance du spécimen sur sa suspension doit être inférieure à la plus petite des deux valeurs suivantes: 25 Hz ou le quart de la fréquence la plus basse concernée.

La distance entre les points de contrôle et la surface du spécimen doit être supérieure à la plus petite des deux longueurs suivantes: la demi-longueur d'onde de la fréquence concernée ou la demi-distance du spécimen aux parois. Si cela n'est pas possible et s'il est nécessaire de placer un microphone plus près qu'une demi-longueur d'onde, les niveaux de pression acoustique mesurés peuvent être sujets à de larges variations dues aux réflexions sur le spécimen et on doit en tenir compte quand on évalue les résultats des essais.

Si un adaptateur est requis, soit entre le spécimen et la suspension élastique, soit pour attacher la suspension élastique elle-même, on doit prendre soin d'éviter la distorsion du champ acoustique ou l'introduction d'une vibration étrangère.

Toutes les connexions au spécimen, telles que câbles, tuyaux, etc. doivent être disposées de manière qu'elles imposent les mêmes contraintes et la même masse que ce qui existe quand le spécimen est installé dans sa configuration opérationnelle. Afin de parvenir à cela, il peut être nécessaire d'attacher les câbles, les tuyaux ou autres au dispositif de fixation.

4.4.3 Instrumentation du spécimen

S'il y a lieu, la spécification particulière doit indiquer le nombre, le type et l'emplacement des capteurs (accéléromètres, microphones, jauges de contraintes, etc.) à poser sur le spécimen.

La preuve de l'étalonnage pour chaque capteur doit être disponible.

4.4.4 Préparation de la salle réverbérante

4.4.4.1 Nombre et emplacement des points de vérification

Il doit y avoir au moins trois microphones de commande pour mesurer les niveaux de pression acoustique sur une surface fictive entourant le spécimen. Le nombre et la position

the reverberation room or chamber and the following test requirements refer to this test condition. Other types of facility to which this standard also applies are described in annex A. Requirements for the type of facility shall be given in the relevant specification.

If a combined test is required in which the specimen is exposed simultaneously to a high intensity acoustic environment and some other environmental parameter, for example extreme temperatures, the acoustical testing shall be in accordance with this standard.

4.4.2 *Mounting*

The specimen shall be located in the centre of the reverberation room in such a way as to avoid, as far as possible, parallelism between walls (including floor and ceiling) and the main surfaces of the specimen. The specimen shall be supported or suspended elastically inside the reverberation room. The relevant specification shall prescribe, as necessary, the preferred points of mounting or attachment.

The resonance frequency of the specimen on its suspension shall be less than 25 Hz or a quarter of the lowest frequency of interest, whichever gives the lower value.

The distance between the check-points and the surface of the specimen shall be greater than half the wavelength of the lowest frequency of interest or half the distance of the specimen from the wall, whichever is the lesser. If this is not possible and it becomes necessary to position a microphone closer than half the wavelength, then the measured noise levels may be subject to large variations due to reflections from the specimen and this shall be considered when assessing the results of tests.

If a structural member is required, either between the specimen and the elastic suspension or for attaching the elastic suspension itself, care shall be taken to avoid distortion of the noise field or the introduction of extraneous vibration.

Any connections to the specimen such as cables, pipes, etc. shall be so arranged that they impose similar restraint and mass to that 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 mounting fixture.

4.4.3 *Specimen instrumentation*

Where appropriate, the relevant specification shall state the number, type and location of transducers (accelerometers, microphones, strain gauges, etc.) applied to the specimen.

The proof of calibration for each transducer shall be available.

4.4.4 *Preparation of reverberation room*

4.4.4.1 *Number and location of check-points*

There shall be at least three control microphones to measure the sound-pressure levels around the specimen. The number and position of the microphones, which shall be located

des microphones qui doivent être placés sur les axes principaux orthogonaux du matériel et de la surface fictive, doivent être prescrits par la spécification particulière (voir figure 5).

Si une maquette est utilisée pour la formation du spectre, les positions des microphones doivent être identiques à celles utilisées dans l'épreuve ultérieure.

4.4.4.2 Commande du spectre

Les réponses de chaque microphone de commande doivent être soumises à une analyse d'octave ou de tiers d'octave, comme exigé dans la spécification particulière. Le niveau moyen dans chaque bande doit alors être obtenu comme en 3.1.12. La valeur moyenne globale doit alors être calculée à partir des niveaux dans les bandes. Les niveaux dans les bandes et le niveau global du spectre moyenné doivent être situés dans les limites des niveaux spécifiés donnés dans les figures 1, 2 ou 3 ou de celles du spectre exigé par la spécification particulière. Les valeurs moyennes doivent rester dans les limites spécifiées pour la durée de l'épreuve.

Le temps d'intégration d'analyse, comme prescrit par la spécification particulière, doit être suffisamment grand pour assurer un niveau de confiance statistique dans les résultats (voir A.8).

Lorsque les durées d'essai sont de longueur suffisante, l'analyse en temps réel des réponses des microphones de commande doit être réalisée périodiquement durant l'essai pour s'assurer que les niveaux de pression acoustique sont dans les limites spécifiées.

NOTES

- 1 Les tolérances maximales sur le niveau global de pression acoustique et en bande mesuré par chaque microphone, peuvent être prescrites par la spécification particulière.
- 2 Si la spécification particulière spécifie l'analyse en bande de tiers d'octave, elle devra alors fournir le spectre en tiers d'octave.

4.4.4.3 Formation du spectre

Lorsqu'une surexposition du spécimen au champ acoustique doit être évitée, le champ acoustique doit être établi, soit avec une maquette mise à la place du spécimen soit, dans le cas de spécimens de volume faible comparé à celui de la salle, en utilisant une salle réverbérante vide.

5 Sévérités

Une sévérité acoustique est définie par le niveau global de pression acoustique (OASPL), la forme du spectre et la durée d'exposition. La spécification particulière doit sélectionner le niveau global de pression acoustique ainsi que la durée minimale d'exposition dans le tableau 2 et la forme du spectre dans les figures 1, 2 ou 3. Un guide d'application est donné en A.6.

on the major orthogonal axes of the specimen and of the fictitious surface, shall be prescribed by the relevant specification (see figure 5).

If a dummy model is used for spectrum shaping, identical microphone positions shall be used in the subsequent testing.

4.4.4.2 Control of spectrum

The responses from each control microphone shall be subjected to octave or third-octave analysis as prescribed in the relevant specification. The average level in each band shall be obtained as in 3.1.12. The overall average value shall then be calculated from the band levels. The band levels and overall level of the averaged spectrum shall be within the specified level limits given in figures 1, 2 or 3, or the spectrum prescribed by the relevant specification. The averaged values shall remain within the specified limits for the duration of the testing.

The analysis integration time, as prescribed by the relevant specification, shall be sufficiently long to ensure statistical confidence in the results (see A.8).

Where test durations are of sufficient length, real time analysis of the responses of the control microphones shall be carried out at intervals during the test in order to ensure that the sound-pressure levels are within the specified limits.

NOTES

- 1 The maximum allowable variation in band level and overall sound-pressure level measured by each microphone may be prescribed by the relevant specification.
- 2 If the relevant specification prescribes one-third octave analysis, then it will also need to provide the one-third octave spectrum.

4.4.4.3 Spectrum shaping

When over-exposure of the specimen to the sound field is to be avoided, the sound field shall be established, either with a dummy model substituted for the specimen or, in the case of specimens of small volume compared with that of the room, an empty reverberation room may be used.

5 Severities

An acoustic severity is defined by the overall sound-pressure level (OASPL), the spectrum shape and the duration of exposure. The relevant specification shall select the OASPL and its minimum duration of exposure from table 2 and the spectrum shape from figures 1, 2 or 3. Guidance as to their application is given in A.6.

Tableau 2 - Niveau global de pression acoustique et durée d'exposition

| Niveau global de pression acoustique dB | Durée d'exposition min |
|--|---------------------------|
| 120 ± 1 | 60 |
| 130 ± 1 | 60 |
| 140 ± 1 | 30 |
| 150 ± 1 | 30 |
| 160 ± 1 | 30 |
| 170 ± 1 | 2 |

6 Préconditionnement

Un preconditionnement dans des conditions atmosphériques ambiantes peut être prescrit par la spécification particulière pour permettre au spécimen d'atteindre l'équilibre (thermique, mécanique, etc.).

7 Mesures Initiales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

8 Epreuve

8.1 Epreuve normale

Le spécimen, avec les capteurs montés comme exigé par la spécification particulière, doit être fixé selon 4.4.2.

L'épreuve doit être réalisée en utilisant les points de contrôle localisés comme décrit en 4.4.4.1. La formation du spectre est décrite en 4.4.4.3 et la commande du spectre doit être effectuée conformément à 4.4.4.2. La sévérité doit être prescrite par la spécification particulière comme indiqué dans l'article 5.

Les signaux provenant des capteurs du spécimen et des microphones de commande peuvent être enregistrés pour analyse ultérieure, mais voir 4.4.4.2.

8.2 Epreuve accélérée

Lorsqu'il est exigé que la durée de vie opérationnelle d'un spécimen soit tellement longue que la procédure normale n'est pas appropriée, un essai accéléré peut être effectué. Cela implique une épreuve à des niveaux de pression acoustique supérieurs aux niveaux opérationnels nominaux auxquels le spécimen est exposé afin de réduire la durée de l'essai. Il n'existe pas de règles ou de procédures clairement définies pour les essais accélérés, et la procédure à adopter doit être prescrite par la spécification particulière. Des recommandations générales pour la procédure accélérée sont données en A.7.

Table 2 – Overall sound-pressure level and duration of exposure

| Overall sound-pressure level dB | Duration of exposure min |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 120 ± 1 | 60 |
| 130 ± 1 | 60 |
| 140 ± 1 | 30 |
| 150 ± 1 | 30 |
| 160 ± 1 | 30 |
| 170 ± 1 | 2 |

6 Pre-conditioning

Pre-conditioning under ambient atmospheric conditions may be required by the relevant specification in order to allow the specimen to reach stability (thermal, mechanical, etc.).

7 Initial measurements

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

8 Testing

8.1 Normal testing

The specimen, with transducers applied as required by the relevant specification, shall be mounted according to 4.4.2.

Testing shall be carried out using check-points located as described in 4.4.4.1. Spectrum shaping is described in 4.4.4.3 and control of the spectrum shall be as described in 4.4.4.2. The severity shall be prescribed by the relevant specification as indicated in clause 5.

The signals from the control microphones and any transducers on the specimen may be recorded for later analysis, but see 4.4.4.2.

8.2 Accelerated testing

Where the operational life of a specimen is required to be so long that normal testing is not appropriate, accelerated testing may be carried out. This involves testing at sound-pressure levels higher than the nominal operational levels to which the specimen is exposed, in order to reduce the time for testing. There are no clearly defined rules or procedures for accelerated testing and the procedure to be adopted shall be prescribed by the relevant specification. General recommendations for accelerated testing are given in A.7.

9 Mesures intermédiaires

Lorsque la spécification particulière l'exige, le spécimen doit être en fonctionnement durant l'essai et ses performances doivent être contrôlées.

10 Reprise

Il est quelquefois nécessaire, lorsque cela est prescrit par la spécification particulière, de prévoir un délai après la préparation et avant les mesures finales, pour permettre au spécimen d'atteindre les mêmes conditions, par exemple de température, que celles qui existaient lors des mesures initiales.

11 Mesures finales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

Les signaux transmis pendant le déroulement de l'essai par les microphones de commande et, lorsque c'est le cas, par les capteurs d'instrumentation, doivent être traités dans le but de vérifier que les exigences de cette norme et de la spécification particulière ont été remplies.

La spécification particulière doit donner les critères sur lesquels repose la décision d'acceptation ou de rejet du spécimen.

12 Renseignements que doit donner la spécification particulière

Quand cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés dans la mesure où ils sont applicables, en portant une attention toute particulière aux points repérés par un astérisque (*) car ces renseignements doivent toujours être donnés.

| | Articles et paragraphes |
|--|-------------------------|
| a) Largeurs des filtres * | 4.3.3 |
| b) Type de moyen d'essai * | 4.4.1 |
| c) Montage * | 4.4.2 |
| d) Capteurs d'instrumentation | 4.4.3 |
| e) Emplacement et nombre de points de vérification * | 4.4.4.1 |
| f) Analyse de bande d'octave ou de tiers d'octave * | 4.4.4.2 |
| g) Forme du spectre* | 4.4.4.2 et 5 |
| h) Temps d'intégration d'analyse* | 4.4.4.2 |
| i) Tolérances maximales sur le niveau de bande | 4.4.4.2 |
| j) Spectre pour l'analyse en bande de tiers d'octave | 4.4.4.2 |
| k) Niveau global de pression acoustique (OASPL)* | 5 |
| l) Durée minimale d'exposition* | 5 |

9 Intermediate measurements

When prescribed by the relevant specification the specimen shall be functioning during the test and its performance shall be checked.

10 Recovery

It is sometimes necessary, when prescribed by the relevant specification, to provide a period of time after conditioning and before final measurements, to allow the specimen to attain the same conditions, for example of temperature, as existed for the initial measurements.

11 Final measurements

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

Signals taken, during the course of the test, from control microphones and when appropriate, the specimen instrumentation transducers, shall be processed in order to check that the requirements of this standard and the relevant specification have been met.

The relevant specification shall prescribe the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

12 Information to be given in the relevant specification

When this test is included in a relevant specification, the following details shall be given in so far as they are applicable, paying particular attention to the items marked with an asterisk (*) as this information is always required.

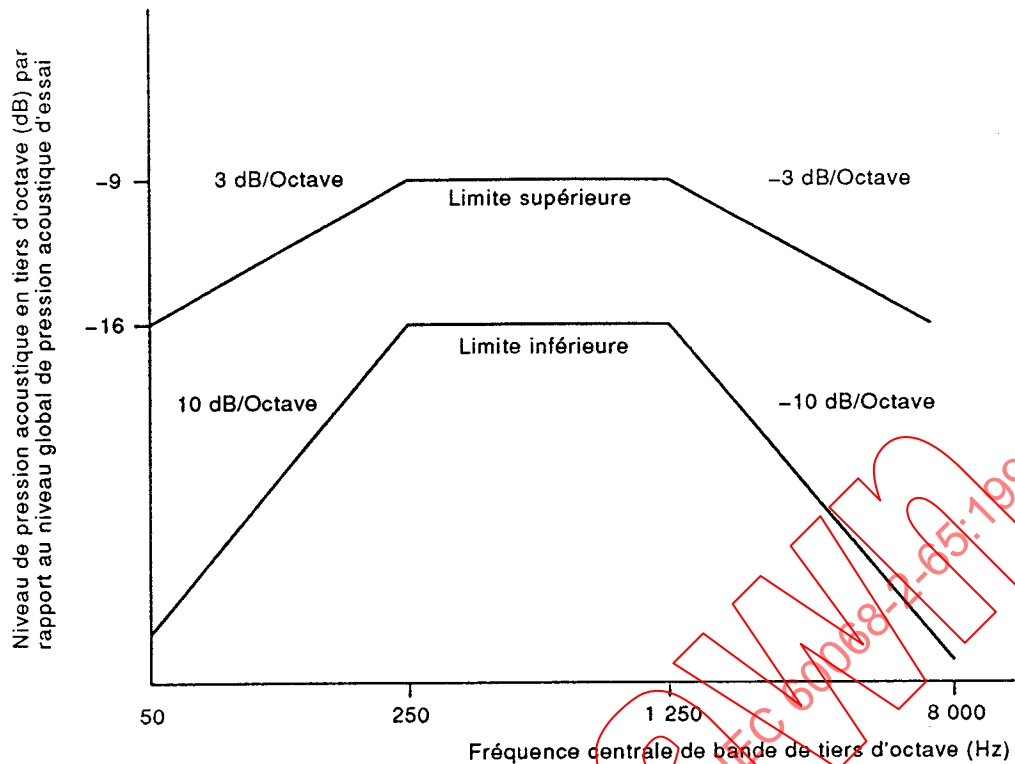
| | Clauses and sub-clauses |
|--|-------------------------|
| a) Filter bandwidths * | 4.3.3 |
| b) Type of facility * | 4.4.1 |
| c) Mounting * | 4.4.2 |
| d) Instrumentation transducers | 4.4.3 |
| e) Location and number of check-points * | 4.4.4.1 |
| f) Third- or octave band analysis * | 4.4.4.2 |
| g) Spectrum shape * | 4.4.4.2 and 5 |
| h) Analysis integration time * | 4.4.4.2 |
| i) Maximum allowable variation in band level | 4.4.4.2 |
| j) Spectrum for third-octave band analysis | 4.4.4.2 |
| k) OASPL * | 5 |
| l) Minimum duration of exposure * | 5 |

| | |
|---|-----|
| m) Préconditionnement | 6 |
| n) Mesures initiales* | 7 |
| o) Procédure lorsque l'épreuve est accélérée, si requis | 8.2 |
| p) Mesures intermédiaires | 9 |
| q) Reprise | 10 |
| r) Mesures finales * | 11 |
| s) Critères d'acceptation et de rejet* | 11 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-65:1993

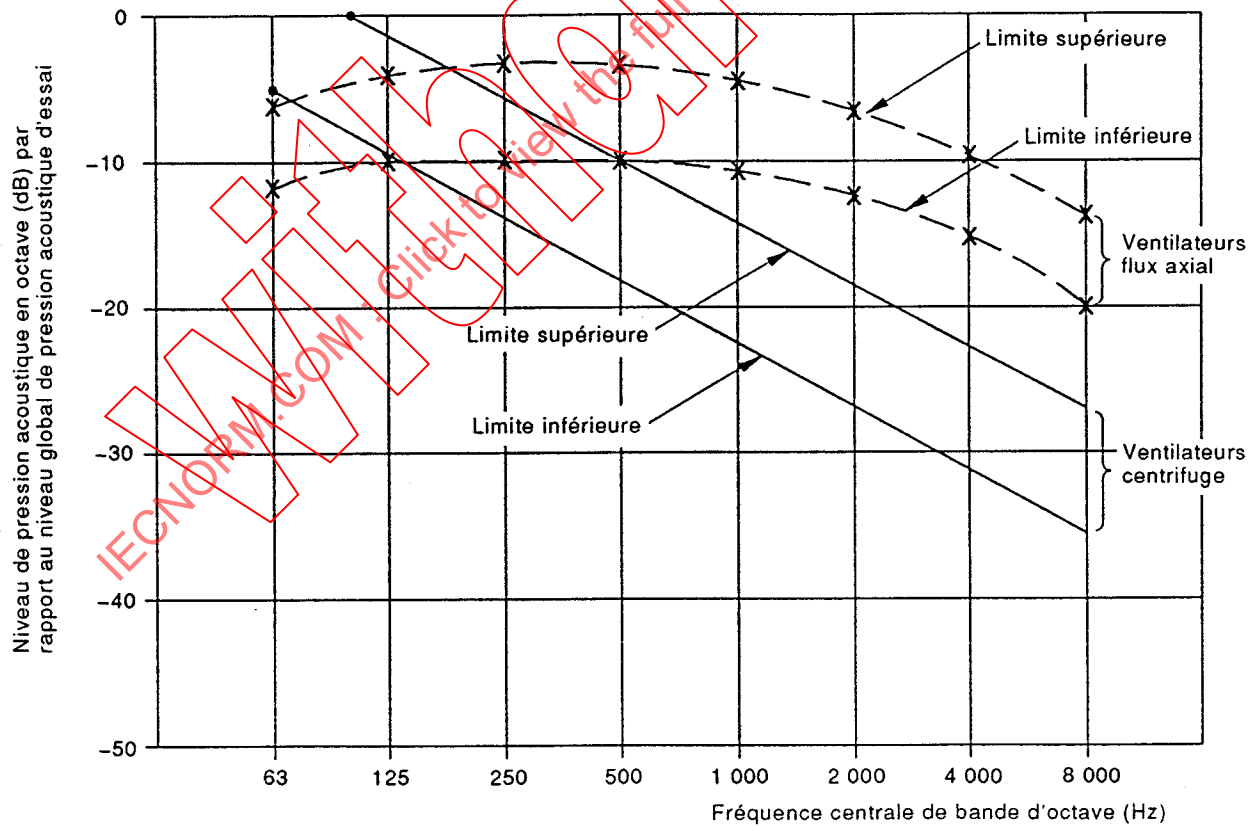
| | |
|---|-----|
| m) Pre-conditioning | 6 |
| n) Initial measurements * | 7 |
| o) Procedure for accelerated testing, if required | 8.2 |
| p) Intermediate measurements | 9 |
| q) Recovery | 10 |
| r) Final measurements * | 11 |
| s) Acceptance and rejection criteria * | 11 |

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-2-65:1993



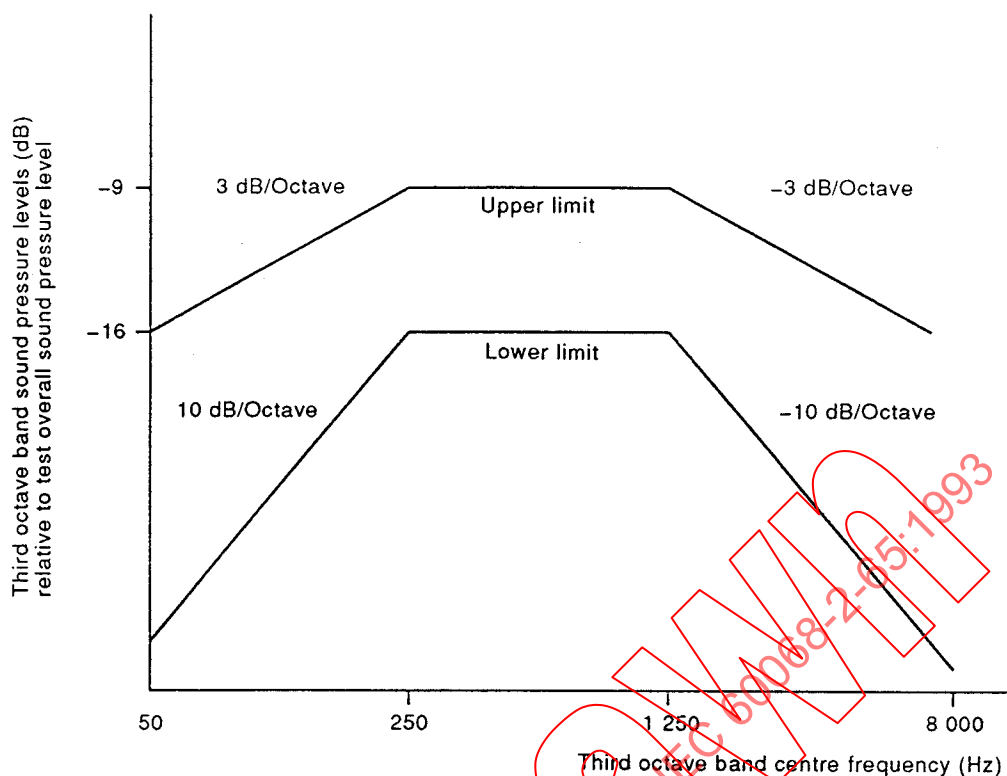
CEI 1 200/93

Figure 1 – Spectre de bande de tiers d'octave pour des applications aéronautiques



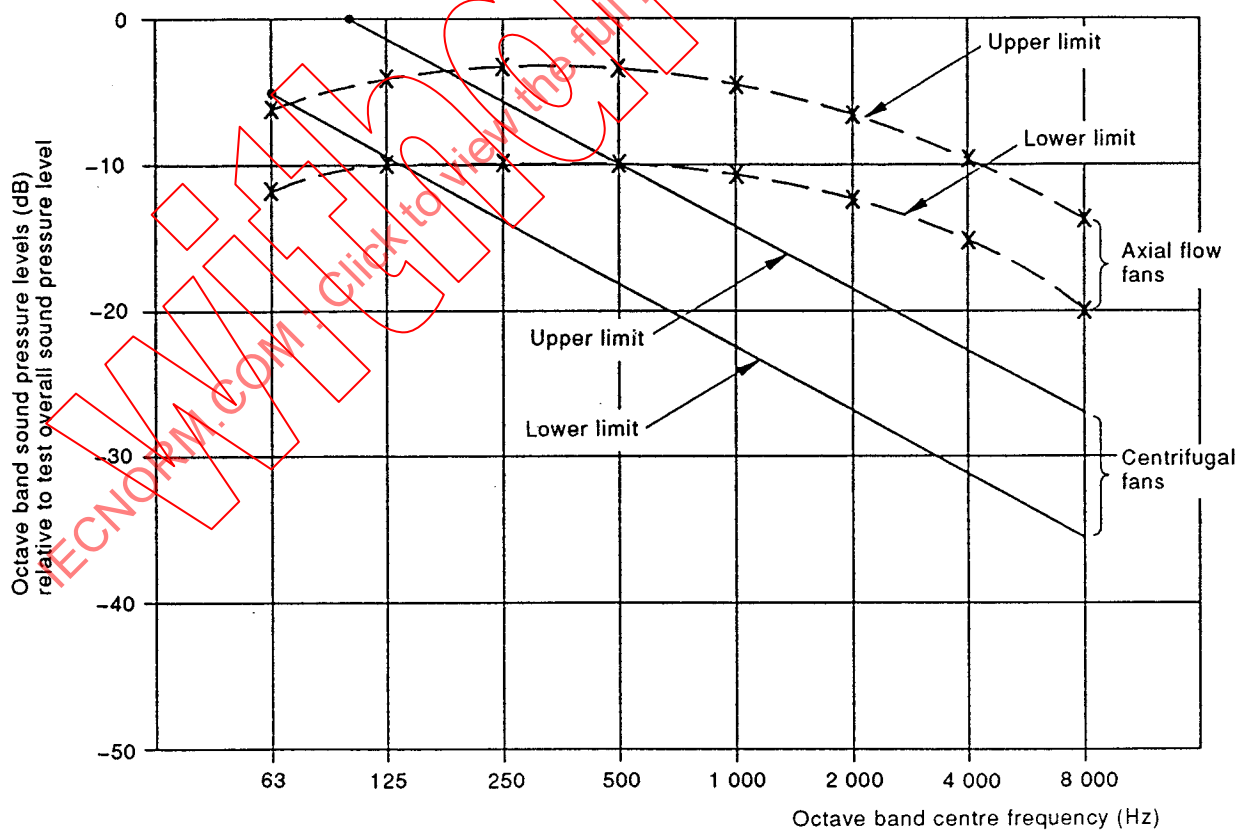
CEI 1 201/93

Figure 2 – Spectre de bande d'octave pour les ventilateurs (tiré de [4] dans l'annexe B)



IEC 1 200/93

Figure 1 – Third-octave band spectrum for aeronautical applications



IEC 1 201/93

Figure 2 – Octave band spectra for fans (derived from [4] in annex B)

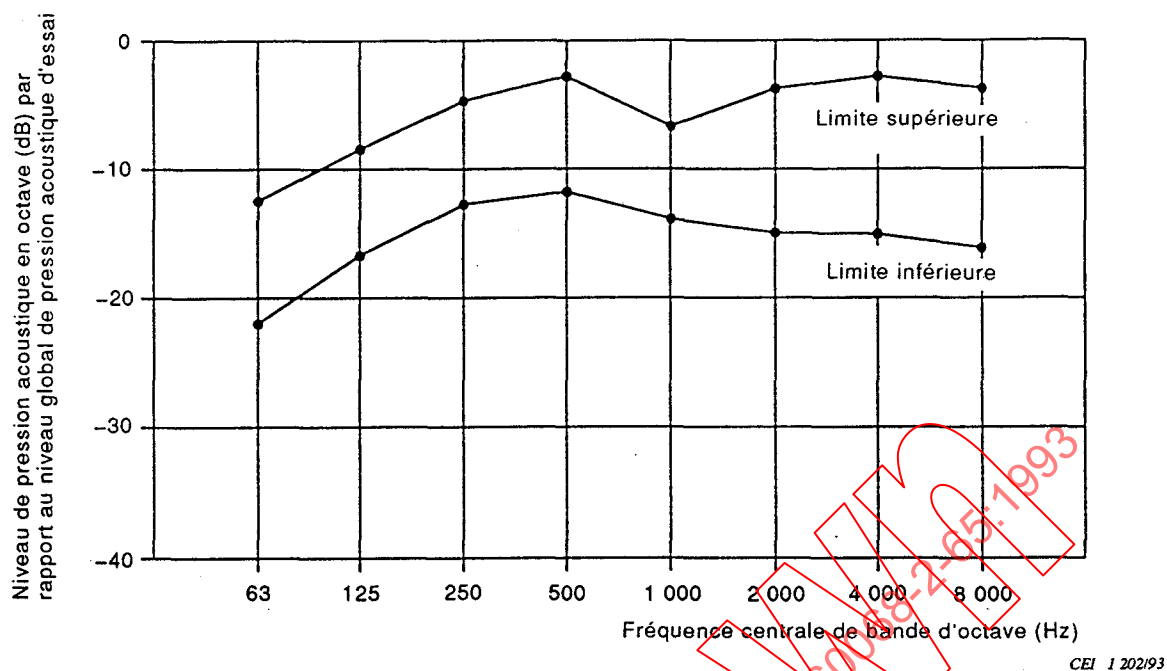


Figure 3 – Spectre de bande d'octave pour machinerie industrielle bruyante
(tiré de [4] dans l'annexe B)

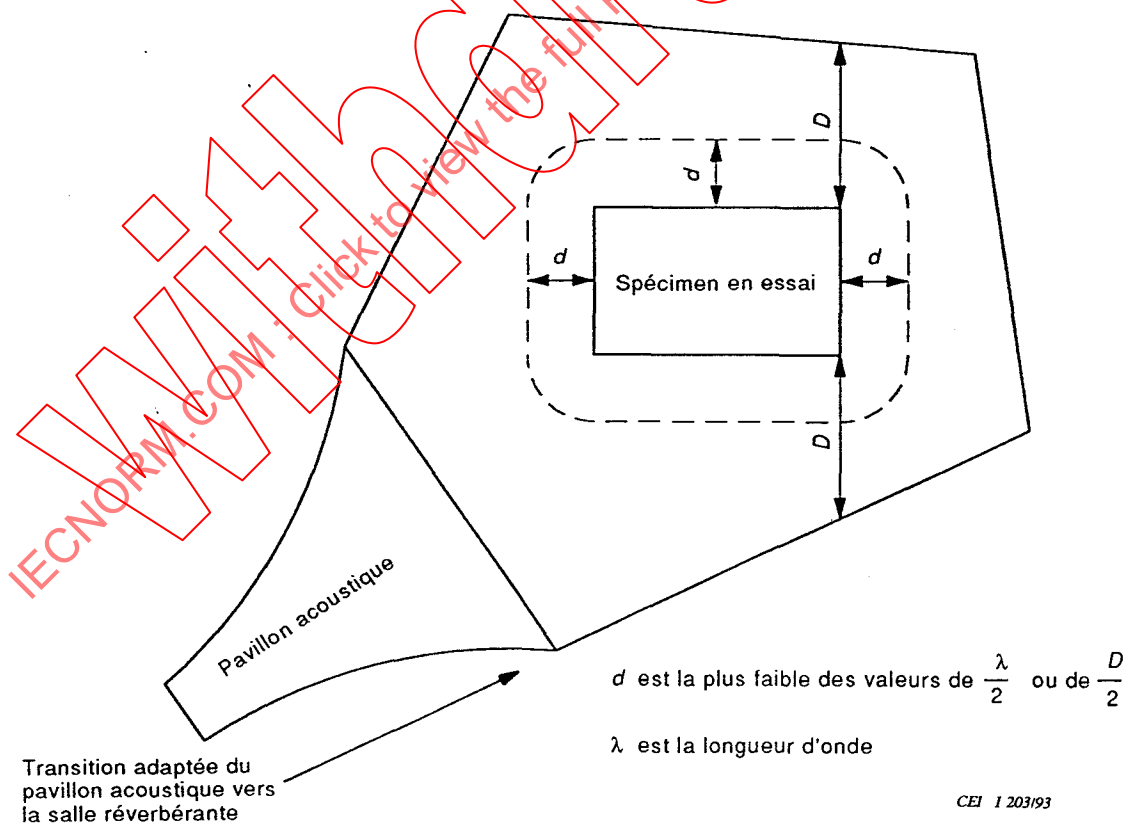
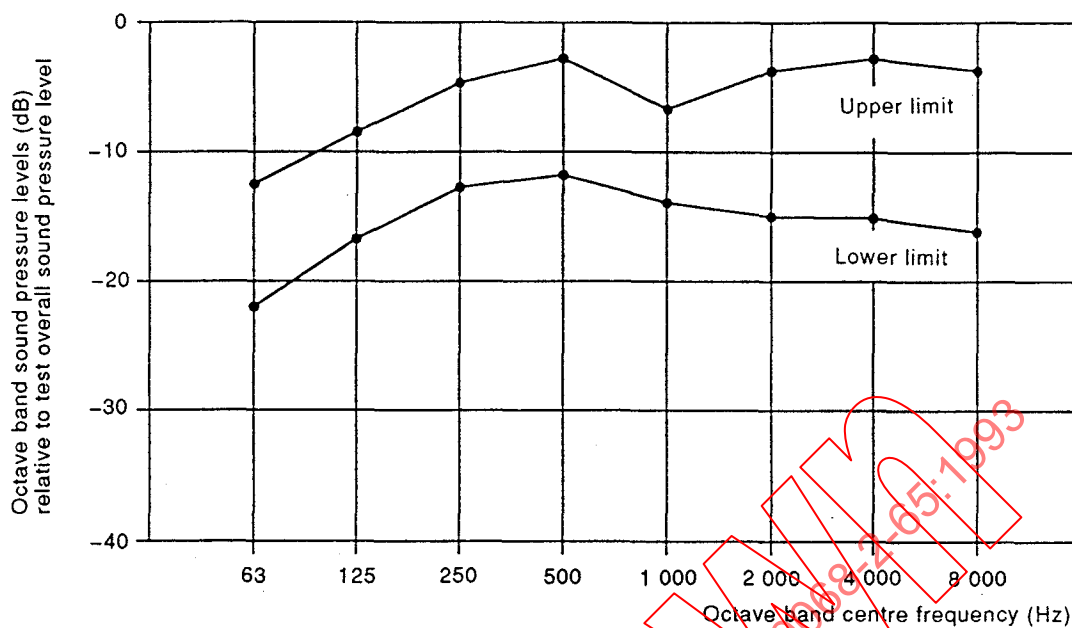
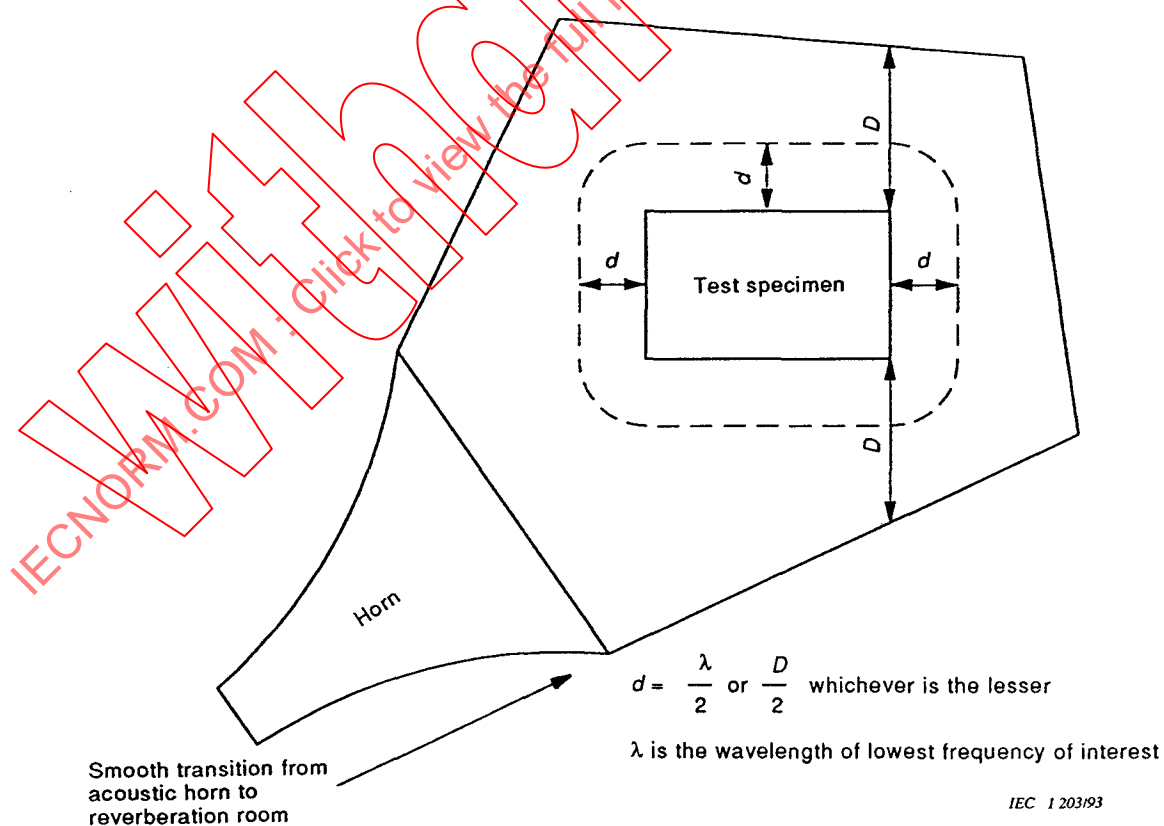


Figure 4 – Emplacement typique de microphones autour d'un spécimen



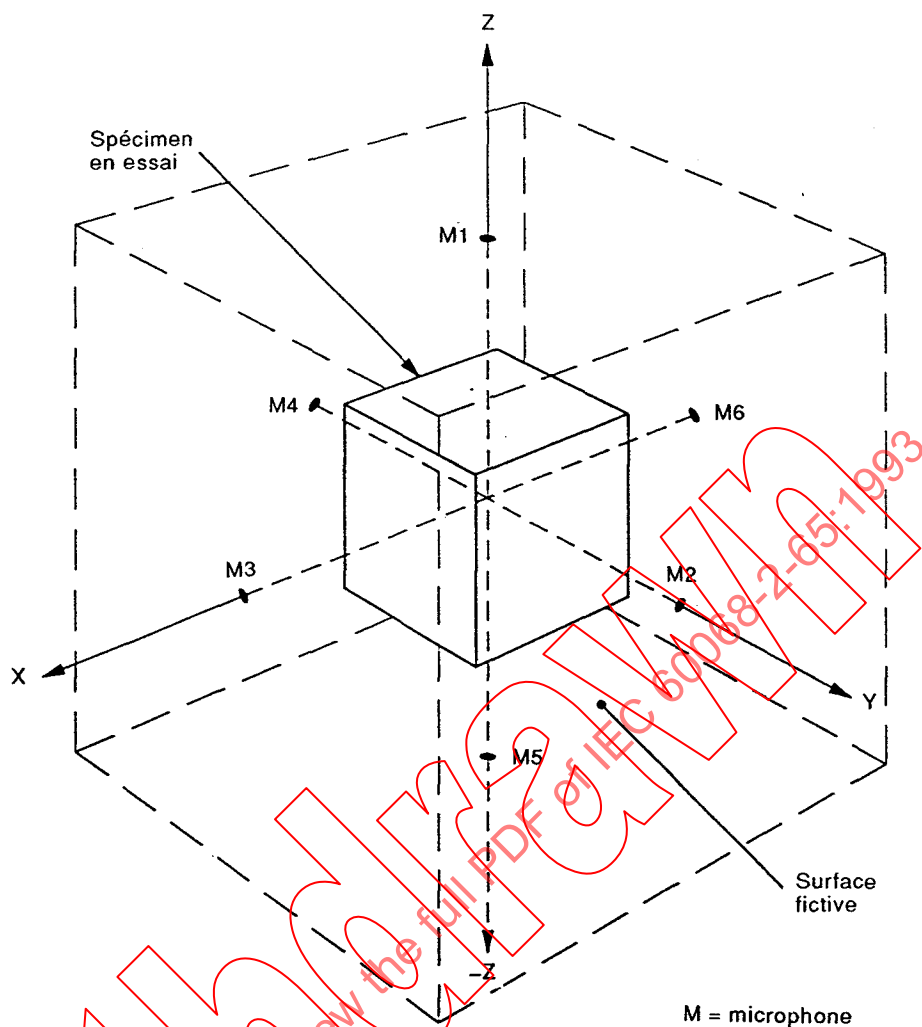
IEC 1202/93

Figure 3 – Octave band spectrum for noisy industrial machinery
(derived from [4] in annex B)



IEC 1203/93

Figure 4 – Typical microphone arrangement around a specimen



CEI 1204/93

Figure 5 – Points typiques de vérification microphonique (1-6) sur une surface fictive autour d'un spécimen

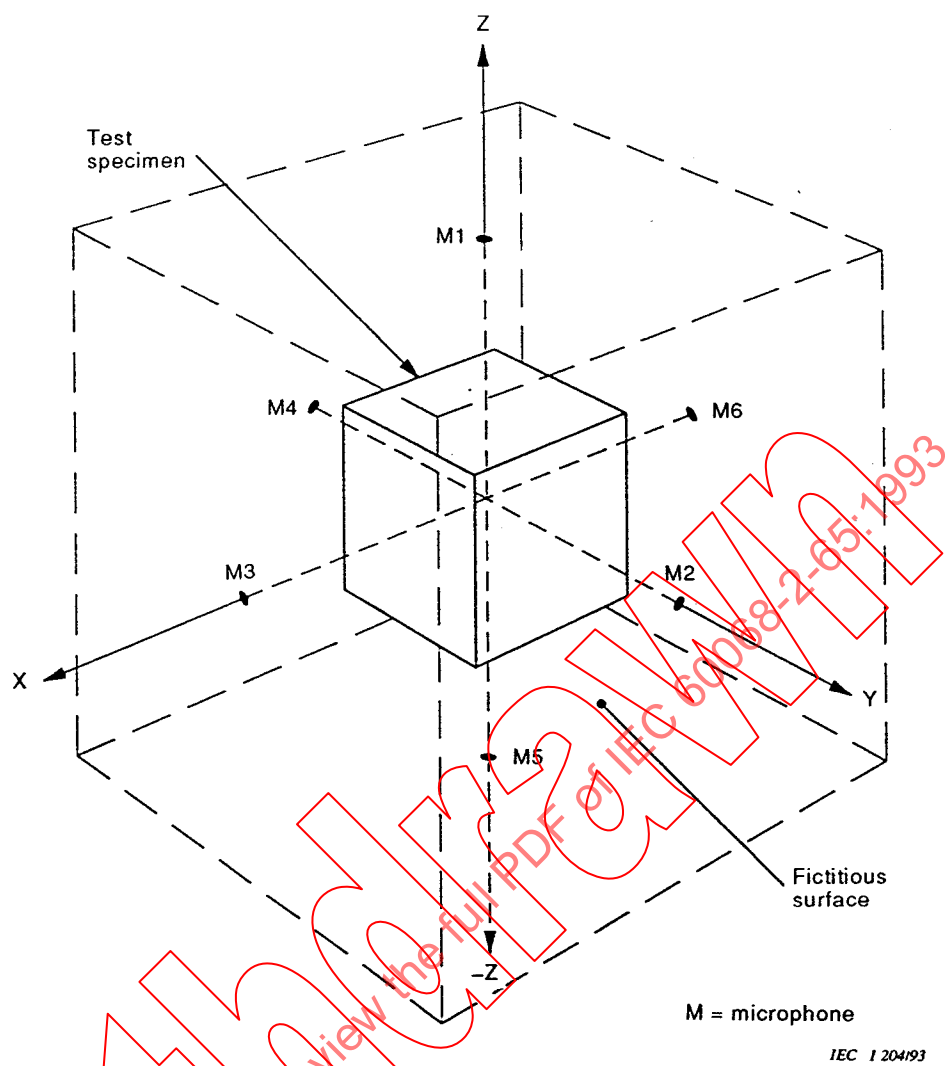
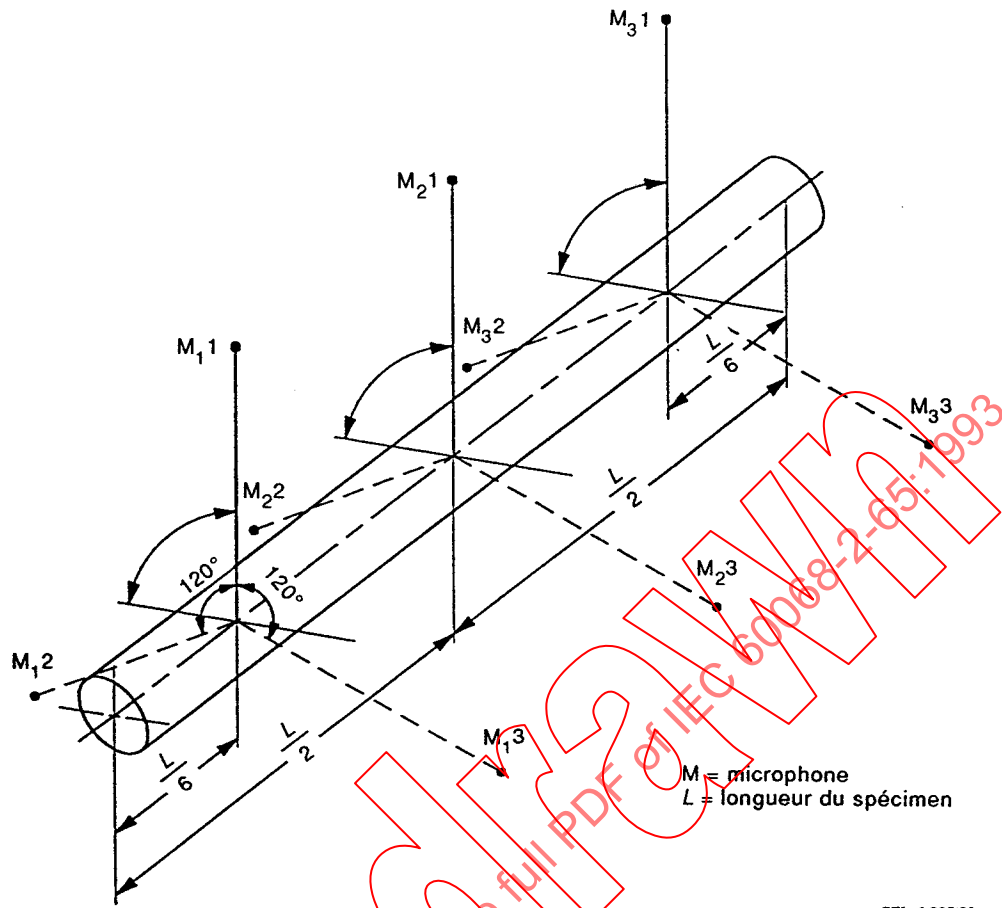
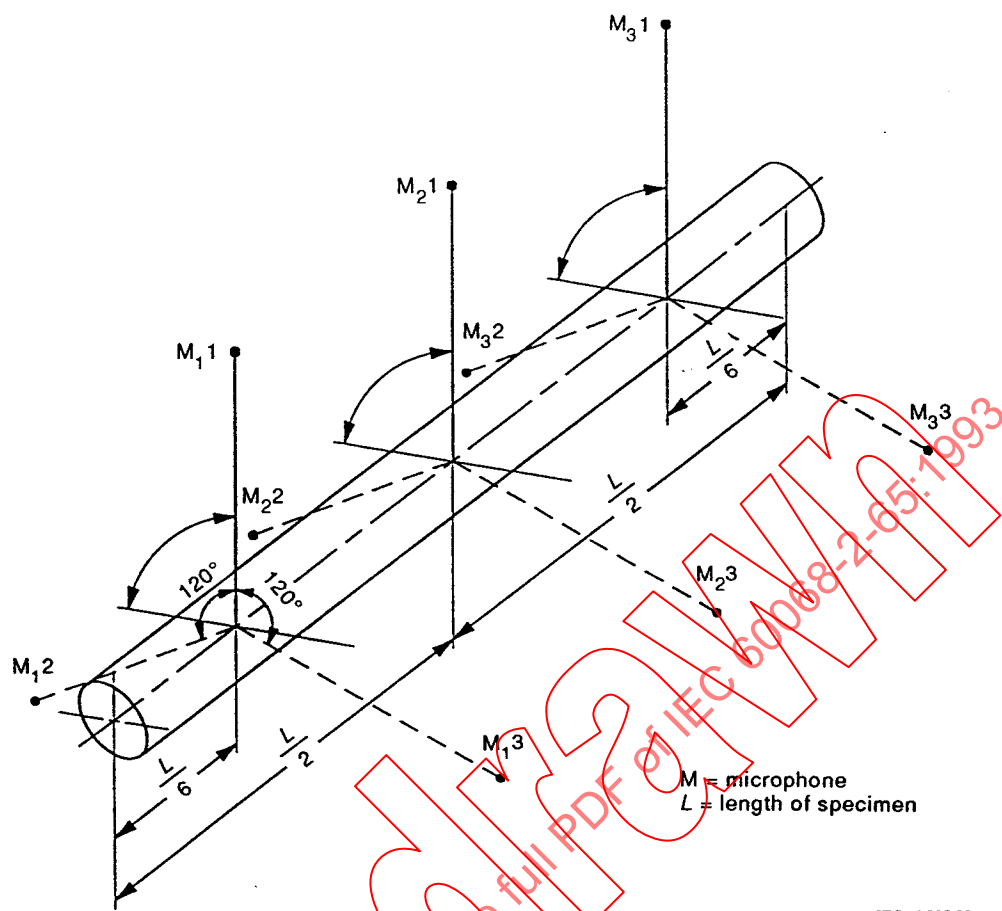


Figure 5 – Typical locations of microphone checkpoints (1-6) on a fictitious surface around a specimen



CEI 1205/93

Figure 6 – Arrangement typique de microphones de vérification autour d'un spécimen cylindrique long



IEC 1205/93

Figure 6 – Typical microphone checkpoint arrangement around a long cylindrical specimen

Annexe A (informative)

Guide pour les exigences de l'essai

A.1 Epreuve en salle réverbérante

A.1.1 Généralités

Une salle réverbérante idéale est une enceinte qui, lorsqu'elle est excitée par un bruit large bande, fournira un champ acoustique diffus dans lequel la valeur de la moyenne des carrés de la pression acoustique moyennée dans le temps, est la même partout. En pratique, cependant, certains écarts par rapport à l'idéal doivent être acceptés.

La nature du champ acoustique est telle que la contribution principale au niveau de pression acoustique est due à l'établissement des modes résonnants de la salle. L'exigence la plus importante est que les modes soient suffisamment nombreux et uniformément répartis en fréquence pour garantir que les résonances du spécimen sont excitées convenablement.

Il convient que les murs de la salle fournissent une faible transmission du bruit et que le rapport du volume de la salle à celui du spécimen ne soit pas, en général, inférieur à approximativement 10 sur 1. Sous certaines conditions, des rapports plus petits que 10 sur 1 peuvent être acceptables, mais il est nécessaire de faire très attention en évaluant les résultats de tels essais. Il convient que la distance entre un mur de la salle et le spécimen soit, si possible, plus grande que la moitié de la longueur d'onde de la plus basse fréquence considérée (voir figure 4).

A.1.2 Volume de la salle réverbérante

La relation entre la fréquence centrale de la bande d'octave la plus basse de l'épreuve et le volume exigé d'une salle réverbérante est donnée dans le tableau A.1. Si ces conditions sont satisfaites, des champs raisonnablement diffus sont obtenus, même dans la bande d'octave la plus basse pour l'essai.

Tableau A.1 - Relation entre bande d'octave et volume de la salle

| Fréquence centrale d'essai la plus basse (bande d'octave) Hz | Volume requis pour la salle m ³ |
|--|---|
| 31,5 | ≥ 1 000 |
| 125 | ≥ 200 |
| 250 | ≥ 70 |
| 500 | ≥ 5 |

Annex A (informative)

Guidance for the test requirements

A.1 Reverberation room testing

A.1.1 General

An ideal reverberation room is an enclosure which, when excited by broad band noise, will provide a diffuse sound field in which the time averaged mean square sound-pressure is the same everywhere. In practice, however, certain departures from the ideal have to be accepted.

The nature of the sound field is such that the major contribution to the sound-pressure level is from the build-up of resonant modes within the room. The most important requirement is that the modes should be sufficiently numerous and be distributed uniformly in frequency to ensure that specimen resonances are adequately excited.

The walls of the room should provide low noise transmission and the ratio of the volume of the room to that of the specimen should not generally be less than approximately 10 to 1. Under some circumstances, ratios smaller than 10 to 1 may be acceptable, but care is necessary in assessing the results from such tests. The distance between a wall of the room and the specimen should, if possible, be greater than half of the wavelength of the lowest frequency of interest (see figure 4).

A.1.2 Volume of reverberation room

The relationship between the lowest test octave band centre frequency and the required volume of a reverberation room is given in table A.1. If these conditions are satisfied, reasonably diffuse fields are obtained even in the lowest test octave band.

Table A.1 – Octave band/room volume relationship

| Lowest test centre frequency (octave band) Hz | Required room volume m ³ |
|---|--|
| 31,5 | ≥ 1 000 |
| 125 | ≥ 200 |
| 250 | ≥ 70 |
| 500 | ≥ 5 |

A.1.3 Forme de la salle réverbérante

Il est recommandé que la salle soit de forme irrégulière, c'est-à-dire qu'aucun mur ne soit parallèle à un autre, y compris le sol et le plafond. Une bonne densité modale peut être obtenue dans une salle ayant une section en forme de pentagone irrégulier avec un plafond incliné. Il convient que la source acoustique soit couplée à la salle au moyen d'un pavillon acoustique dont le débouché occupe la section d'un mur (voir figure 4). Il convient que toutes les surfaces des salles réverbérantes soient planes, sans concavités, afin de ne pas dégrader la diffusion de la salle.

Une forme rectangulaire peut être utilisée avec succès si les proportions sont choisies de telle sorte qu'une distribution spatiale et fréquentielle optimale des modes de la salle soit obtenue. Cette condition sera satisfaite si le rapport de n'importe lesquelles de deux dimensions n'égale pas ou n'est pas proche d'un entier. Les proportions $1 : 2^{1/3} : 4^{1/3}$ sont fréquemment utilisées. Les autres rapports des dimensions des salles rectangulaires qui ont été trouvés satisfaisants pour une salle de volume voisin ou supérieur à 200 m^3 sont donnés dans le tableau A.2 [voir l'annexe B, points 1) et 3)].

Tableau A.2 - Rapports des dimensions de chambres réverbérantes

| Exemple | L_y / L_x | L_z / L_x |
|---------|-------------|-------------|
| 1 | 0,83 | 0,47 |
| 2 | 0,83 | 0,65 |
| 3 | 0,79 | 0,63 |
| 4 | 0,68 | 0,42 |
| 5 | 0,70 | 0,59 |

L_x , L_y et L_z sont les dimensions de la salle réverbérante dans les directions x, y et z.

Le champ acoustique d'une petite salle réverbérante peut être rendu plus diffus par l'introduction de surfaces réfléchissantes, résistantes à la fatigue, suspendues dans la salle et qui en fait en accroissent la surface. Il convient de noter que la taille des panneaux devrait être relativement petite comparée aux dimensions des murs de la salle afin de ne pas dégrader les propriétés à basse fréquence de la salle en la divisant effectivement en volume plus petits. Une autre méthode pour améliorer la diffusion du champ acoustique est de suspendre un objet tournant de forme irrégulière dans la salle de manière à changer constamment les trajets de réflexion. Ces appareils sont particulièrement utiles lorsque l'essai à basse fréquence est requis.

Un autre point à noter est que cet essai à basse fréquence est souvent basé sur des données expérimentales qui peuvent avoir été obtenues par des mesures en quelques emplacements ponctuels et peuvent être sujettes à des écarts-types élevés. Il convient que ces réserves soient présentes à l'esprit lorsqu'on réalisera des essais acoustiques à basse fréquence et que l'on évaluera les résultats obtenus.

A.1.4 Absorption d'une salle réverbérante

Il convient que le coefficient d'absorption acoustique des surfaces d'une salle réverbérante soit assez petit pour assurer un long temps de réverbération qui permette au champ

A.1.3 Shape of reverberation room

It is recommended that the room should be irregularly shaped, that is with no walls, parallel to each other, including the floor and ceiling. A good modal density can be obtained from a room having an uneven pentagonal cross-section with a sloping ceiling. The noise source should be coupled to the room by means of an acoustic horn whose mouth preferably occupies one wall section (see figure 4). All the surfaces of reverberation rooms should be flat, without concavities, in order not to degrade the diffusion of the room.

A rectangular shape can be used successfully if the proportions are selected so that an optimum distribution, in frequency and space, of the room modes is obtained. This condition will be satisfied if the ratio of any two dimensions does not equal or is closely approximate to an integer. The proportions $1 : 2^{1/3} : 4^{1/3}$ are frequently used. Other ratios for the dimensions of rectangular rooms that have been found to be satisfactory for a room with a volume of about 200 m³ or more are given in table A.2 (see [1] and [3] in annex B).

Table A.2 – Reverberation room, ratios of dimensions

| Example | L_y / L_x | L_z / L_x |
|---|-------------|-------------|
| 1 | 0,83 | 0,47 |
| 2 | 0,83 | 0,65 |
| 3 | 0,79 | 0,63 |
| 4 | 0,68 | 0,42 |
| 5 | 0,70 | 0,59 |
| L_x , L_y and L_z are the reverberation room dimensions in the x, y and z axes. | | |

The sound field in a small reverberation room may be made more diffuse by the introduction of fatigue resistant reflecting surfaces suspended in the room, thereby effectively increasing the room surface area. It should be noted that panel sizes should be relatively small compared to the wall dimensions of the room, in order not to degrade the low frequency properties of the room by effectively dividing it into smaller volumes. Another method of improving the sound field diffusion in a small room is by suspending a rotating irregularly shaped object within the room so as to change constantly the reflective paths in the room. These devices are particularly useful where low frequency testing is required.

A further point to note is that low frequency testing is often based on experimental data which may have been obtained from measurements at only a few discrete locations and may be subject to large standard deviations. These reservations should be borne in mind when carrying out low frequency acoustic testing and assessing the results obtained.

A.1.4 Absorption of a reverberation room

The sound absorption coefficient of the surfaces of a reverberation room should be small enough to ensure a long reverberation time which allows a reverberant sound field to build

acoustique réverbérant de s'établir. Il convient que le coefficient d'absorption acoustique moyen de toutes les surfaces de la salle réverbérante ne dépasse pas 0,06 dans la gamme de fréquence concernée. Cela peut être atteint en concevant la salle avec des murs en métal ou en béton lisse, peint avec une résine époxyde ou une autre peinture non absorbante. Lorsque les murs sont métalliques, il convient qu'ils soient suffisamment massifs, rigides et fortement amortis de façon à ne pas résonner (sinon ils absorberaient de l'énergie) dans la bande de fréquence considérée.

A.1.5 Points de vérification

Il convient que la distance entre un point de contrôle et la surface du spécimen soit étudiée pour être plus grande que la plus petite des deux valeurs suivantes: la demi-longueur d'onde de la fréquence la plus basse considérée ou la demi-distance du spécimen en essai au mur de la chambre. S'il est nécessaire de positionner un microphone plus près qu'une demi-longueur d'onde, il conviendra, lors de l'évaluation des résultats, de veiller à tenir compte des effets de réflexion sur le spécimen.

La figure 4 illustre le cas général d'arrangement des microphones autour du spécimen. La figure 5 montre l'emplacement des points de contrôle sur une surface fictive entourant un spécimen. La figure 6 montre l'emplacement typique de microphones autour d'un spécimen cylindrique long. Dans tous les cas, il convient que les positions des microphones remplissent les exigences de l'essai.

Les exigences pour les microphones sont données en 4.3.1. Il convient que leurs surfaces sensibles aient un diamètre ne dépassant pas 20 % de la longueur d'onde correspondant à la limite de la fréquence supérieure. Pour 10 kHz, un microphone de «1/4 de pouce» (6,35 mm de diamètre) est approprié.

A.2 Epreuve en tube à ondes progressives

Dans un tube à ondes progressives, les ondes acoustiques se propagent le long du tube depuis la source acoustique. Si la surface de la section du tube est constante, le niveau de pression acoustique le long du tube est alors remarquablement constant, mis à part des effets d'absorption d'énergie par le spécimen ou par les parois du tube. Il convient que le tube à ondes progressives soit terminé par un milieu acoustiquement absorbant, par exemple des coins en fibre de verre, dans le but d'éviter des réflexions de l'onde progressive vers l'arrière du tube. Lorsqu'il est couplé à la chambre réverbérante principale, il convient que de telles réflexions soient aussi évitées.

Les spécimens peuvent être montés pour essais dans le tube, ou peuvent former le côté d'un tube à ondes progressives; ils sont ainsi exposés aux ondes progressives acoustiques sur un côté seulement. En alternative, ils peuvent être positionnés dans la veine d'essai du tube pour simuler une exposition simultanée sur les deux côtés.

Le niveau de pression acoustique réalisable dans un tube à ondes progressives est supérieur à celui que l'on peut obtenir dans une chambre réverbérante pour une puissance acoustique égale à l'entrée. Le niveau obtenu dépend de la puissance acoustique de la source et de la surface de la section ainsi que de la forme du tube. Typiquement, des niveaux d'au moins 10 dB supérieurs à ceux obtenus dans de grandes salles, peuvent être atteints.

up. The average sound absorption coefficient of all surfaces of the reverberation room should not exceed 0,06 over the frequency range of interest. This can be achieved by designing the room with metallic, or smooth concrete, walls and by coating them with epoxy resin or other non-absorbent paint coatings. Where the walls are metallic, they should be sufficiently massive, stiff and highly damped to avoid resonance (as this absorbs energy) in the frequency range of interest.

A.1.5 *check-points*

The distance between a check-point and the surface of the specimen should be arranged to be greater than a half wavelength of the lowest frequency of interest or half the distance from the specimen to the wall of the room, whichever is the lesser. If it is necessary to position a microphone closer than one-half wavelength, care should be taken in assessing the results to take account of the effects of reflection on the specimen.

Figure 4 illustrates the general case for the arrangement of microphones around a specimen. Figure 5 shows typical locations of check-points on a fictitious surface surrounding a specimen. Figure 6 shows the typical location of microphones around a slender cylindrical specimen. In any event, the microphone positions should fulfil the requirements of the test.

The requirements for the microphones are given in 4.3.1. Their sensitive surfaces should have a diameter not greater than 20 % of the wavelength corresponding to the upper limit of frequency. For 10 kHz, a "1/4-inch" microphone (6,35 mm diameter) is suitable.

A.2 **Progressive wave tube testing**

In a progressive wave tube, the sound waves propagate along the tube from the acoustic source. If the cross-sectional area of the tube is constant, then the sound-pressure level along the length of the tube is ostensibly constant, apart from any effects of energy absorption by the specimen or the walls of the tube. The progressive wave tube should be terminated by an absorbent acoustic medium, for example glass-fibre wedges, in order to avoid reflection of the progressive wave back along the tube. When coupling it to the main reverberation room such reflections should also be avoided.

Specimens may be mounted for test on, or may form, the side of a progressive wave tube and are thus exposed to travelling waves of noise on one side only. Alternatively, they may be positioned within the test section of the tube to simulate simultaneous exposure on both sides.

The achievable sound-pressure level in a progressive wave tube is higher than that obtainable in a reverberation room for equal input acoustic power. The level obtained depends on the acoustic power of the source and on the cross-sectional area and shape of the tube. Typically, levels at least 10 dB higher than those obtained in large rooms can be achieved.

A.3 Epreuve de résonance de cavité

Quelques types de cavités qui pourraient être choisis pour des essais de résonance de cavité sont donnés ci-après.

Les compartiments d'avions ou les soutes qui s'ouvrent durant le vol peuvent exposer les cavités au flux d'air. Les ondes stationnaires s'établissent souvent aux fréquences de résonance de la cavité. Un autre exemple est la chambre de combustion à centre évidé d'une fusée à propergol solide. Au fur et à mesure que la fusée brûle, la cavité change en taille, peut résonner et produire de très forts niveaux de pression acoustique qui exciteront la structure de la fusée.

Les essais de résonance de cavité sont effectués sur des parties spécifiques de matériels et il vaut mieux les faire en utilisant une excitation sinusoïdale ou aléatoire à bande étroite accordée à la résonance de la cavité. Les essais sont généralement réalisés dans des moyens d'essais acoustiques existants adaptés aux exigences.

Le spécimen peut être suspendu dans la chambre d'essai de façon que seules les cavités à essayer soient sujettes à l'impact direct de l'énergie acoustique. Il convient que les autres surfaces du spécimen soient protégées de manière que les niveaux de pression acoustique sur leurs surfaces soient au moins de 20 dB plus bas. Il est recommandé que la position du microphone soit définie dans la spécification particulière; elle dépendra de la forme et du volume de la cavité ainsi que des modes de résonance attendus.

A.4 Epreuve en tube à ondes stationnaires

Le tube à ondes stationnaires est un tube rigide et clos avec des dimensions latérales qui sont petites comparées à la longueur d'onde, si bien que des ondes stationnaires planes se produiront le long de l'axe. Dans un tube à ondes stationnaires, la source acoustique peut être couplée à une section d'essai par un pavillon acoustique. Le spécimen est monté à l'extrémité du tube opposée à la source acoustique. L'excitation est sinusoïdale et la fréquence est ajustée sur l'une des fréquences naturelles de la longueur du tube. Si des réglages de la fréquence du tube sont nécessaires, des dispositions devront être prises pour permettre de faire varier la longueur du tube.

Des exemples d'usage de tubes à ondes stationnaires sont:

- le développement d'absorbants acoustiques pour utilisation dans des réacteurs nucléaires refroidis au gaz, à de très forts niveaux de pression acoustique de l'ordre de 165 dB;
- l'évaluation de panneaux de fibre de carbone pour l'utilisation dans les protections d'entrée d'air de moteurs à réaction;
- la mesure des caractéristiques d'absorption d'absorbants à large bande ou accordés.

Il convient de noter que ces tubes sont en général de petits appareils pour essayer de petits échantillons de matériaux, pour développer des absorbants spéciaux ou autres.

A.5 Sélection des sources acoustiques

L'essai de fatigue induite acoustiquement a été tout d'abord étudié en utilisant le gaz d'échappement d'un moteur à réaction comme source d'énergie acoustique. Cela était très coûteux et très limitatif.

A.3 Cavity resonance testing

Some types of cavity which would be candidates for cavity resonance testing are given below.

Aircraft compartments or stores that open during flight can expose cavities to the airstream. Standing waves often become established at the resonance frequencies of the cavity. Another example is the hollow centre combustion chamber of a solid fuel rocket. As the rocket burns, the cavity changes in size and may resonate and produce very high sound-pressure levels which excite the rocket structure.

Cavity resonance testing is carried out on specific items of equipment and is best done using sinusoidal excitation or narrow band random excitation tuned to the cavity resonance. The tests are usually carried out in existing acoustic facilities adapted as required.

The specimen may be suspended in the test chamber so that only the cavities to be tested are subject to direct impingement of acoustic energy. Other surfaces of the specimen should be protected so that sound-pressure levels on their surfaces are at least 20 dB lower. The position of the microphone in the cavity will need to be defined in the relevant specification; it will depend on the shape and volume of the cavity and on the expected resonant modes.

A.4 Standing wave tube testing

The standing wave tube is a rigid, closed tube with lateral dimensions that are small compared with one wavelength, so that plane standing waves will occur along its length. In a standing wave tube, the acoustic source may be coupled to a test section by an acoustic horn. The specimen is mounted at the opposite end of the tube to the acoustic source. The excitation is with pure tone sound and the frequency is tuned to one of the natural frequencies of the tube length. If adjustments to the frequency of the tube are required, provision needs to be made for varying the length of the tube.

Examples of the use of standing wave tubes are:

- the development of sound absorbers for use in gas-cooled nuclear reactors at very high sound-pressure levels, of the order of 165 dB;
- the evaluation of carbon fibre panels for use in jet engine inlet fairings;
- the measurement of the absorptive characteristics of broad band and tuned absorbers.

It should be noted that these tubes are generally small devices for testing samples of materials, for development of special absorbers, etc.

A.5 The selection of sound sources

Acoustically induced fatigue testing was first studied by using the exhaust gas from a jet engine as the sound energy source. This was very expensive and very restrictive.