

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC  
1043**

Première édition  
First edition  
1993-12

---

---

**Electroacoustique – Instruments pour la mesure  
de l'intensité acoustique – Mesure au moyen  
d'une paire de microphones de pression**

**Electroacoustics – Instruments for the  
measurement of sound intensity –  
Measurement with pairs of pressure  
sensing microphones**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1043: 1993

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC  
1043

Première édition  
First edition  
1993-12

---

---

**Electroacoustique – Instruments pour la mesure  
de l'intensité acoustique – Mesure au moyen  
d'une paire de microphones de pression**

**Electroacoustics – Instruments for the  
measurement of sound intensity –  
Measurement with pairs of pressure  
sensing microphones**

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

V

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	6
INTRODUCTION .....	8
 Articles	
1 Domaine d'application .....	10
2 Références normatives .....	10
3 Définitions .....	12
4 Classes de précision .....	16
5 Conditions d'environnement de référence .....	18
6 Prescriptions concernant les calculateurs d'intensité acoustique .....	18
6.1 Domaine de fréquences .....	18
6.2 Filtrage .....	18
6.3 Pondération A .....	18
6.4 Exactitude de l'indicateur .....	20
6.5 Possibilités concernant l'espacement des microphones .....	20
6.6 Présentation des résultats .....	20
6.7 Durée d'intégration .....	20
6.8 Aptitude à la mesure des signaux impulsionnels .....	22
6.9 Ecart de champ résiduel .....	22
6.10 Possibilités de compensation de phase .....	22
6.11 Possibilités de sélection de gammes .....	22
6.12 Indication de surcharge .....	24
6.13 Possibilités de corrections en fonction de la pression atmosphérique et de la température .....	24
6.14 Conditions ambiantes de fonctionnement .....	24
7 Prescriptions concernant les sondes d'intensité acoustique .....	24
7.1 Construction mécanique .....	24
7.2 Réponse en pression .....	26
7.3 Réponse en intensité .....	26
7.4 Caractéristiques de réponse directionnelle .....	28
7.5 Caractéristiques en ondes stationnaires .....	30
7.6 Ecart de champ résiduel .....	30
7.7 Conditions d'environnement .....	32
8 Prescriptions concernant les instruments pour la mesure de l'intensité acoustique	32
9 Prescriptions concernant l'alimentation .....	32

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	7
INTRODUCTION .....	9
Clause	
1 Scope .....	11
2 Normative references .....	11
3 Definitions .....	13
4 Grades of accuracy .....	17
5 Reference environmental conditions .....	19
6 Sound intensity processors: requirements .....	19
6.1 Frequency range .....	19
6.2 Filtering .....	19
6.3 A-weighting .....	19
6.4 Indicator accuracy .....	21
6.5 Provision for microphone separation .....	21
6.6 Presentation of results .....	21
6.7 Time averaging .....	21
6.8 Crest factor handling .....	23
6.9 Pressure-residual intensity index .....	23
6.10 Provision for phase compensation .....	23
6.11 Provision for range setting .....	23
6.12 Provision for overload indication .....	25
6.13 Provision for corrections for atmospheric pressure and temperature .....	25
6.14 Operating environment .....	25
7 Sound intensity probes: requirements .....	25
7.1 Mechanical construction .....	25
7.2 Response to sound pressure .....	27
7.3 Response to sound intensity .....	27
7.4 Directional response characteristics .....	29
7.5 Performance in a standing wave field .....	31
7.6 Pressure-residual intensity index .....	31
7.7 Environmental conditions .....	33
8 Sound intensity instruments: requirements .....	33
9 Power supplies: requirements .....	33

Articles	Pages
10 Prescriptions concernant les calibreurs de sondes d'intensité acoustique .....	32
10.1 Calibreurs de pression acoustique .....	32
10.2 Dispositifs d'essai de l'intensité résiduelle .....	32
10.3 Calibreurs d'intensité acoustique .....	34
11 Vérification des caractéristiques des calculateurs d'intensité acoustique .....	34
11.1 Filtres d'octave et de tiers d'octave .....	34
11.2 Indication de l'intensité acoustique .....	36
11.3 Durée d'intégration .....	36
11.4 Aptitude à la mesure des signaux impulsionnels .....	38
11.5 Ecart de champ résiduel et domaine de fonctionnement .....	38
12 Vérification des caractéristiques des sondes d'intensité acoustique .....	40
12.1 Réponse en fréquence .....	40
12.2 Caractéristiques directionnelles .....	42
12.3 Caractéristiques dans un champ d'ondes stationnaires .....	42
12.4 Ecart de champ résiduel .....	42
13 Vérification des caractéristiques des calibreurs .....	44
13.1 Calibreurs de pression acoustique .....	44
13.2 Dispositifs d'essai de l'intensité résiduelle .....	44
13.3 Calibreurs d'intensité acoustique .....	44
14 Etalonnage et vérification <i>in situ</i> .....	46
15 Marquage et notices techniques .....	48
15.1 Marquage .....	48
15.2 Notices techniques .....	48
 Annexes	
A Procédures de vérification périodique .....	52
B Calculateurs d'intensité acoustique à sélection automatique .....	56
C Calculateurs d'intensité acoustique basés sur des analyseurs à transformée de Fourier discrète convertissant des bandes étroites en bandes d'octave ou de tiers d'octave .....	58
D Circuits RC pour produire des déphasages connus .....	64
E Indice de capacité dynamique .....	66

Clause	Page
10	Sound intensity probe calibrators: requirements ..... 33
10.1	Sound pressure calibrators ..... 33
10.2	Residual intensity testing devices ..... 33
10.3	Sound intensity calibrators ..... 35
11	Sound intensity processors: performance verification ..... 35
11.1	Octave and one-third octave filters ..... 35
11.2	Sound intensity indication ..... 37
11.3	Time averaging ..... 37
11.4	Crest factor handling ..... 39
11.5	Pressure-residual intensity index and operating range ..... 39
12	Sound intensity probes: performance verification ..... 41
12.1	Frequency response ..... 41
12.2	Directional response ..... 43
12.3	Performance in a standing wave field ..... 43
12.4	Pressure-residual intensity index ..... 43
13	Calibrators: performance verification ..... 45
13.1	Sound pressure calibrators ..... 45
13.2	Residual intensity testing devices ..... 45
13.3	Sound intensity calibrators ..... 45
14	Field calibration and checks ..... 47
15	Marking and instruction manuals ..... 49
15.1	Marking ..... 49
15.2	Instruction manuals ..... 49
 Annexes	
A	Periodic verification procedures ..... 53
B	Sound intensity processors employing autoranging ..... 57
C	Sound intensity processors based on DFT analysers converting narrow bands to one-octave or one-third octave ..... 59
D	RC networks for generating known phase shifts ..... 65
E	Dynamic capability index ..... 67

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROACOUSTIQUE –  
INSTRUMENTS POUR LA MESURE DE L'INTENSITÉ ACOUSTIQUE –  
MESURE AU MOYEN D'UNE PAIRE DE MICROPHONES DE PRESSION

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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 1043 a été établie par le comité d'études 29 de la CEI: Electroacoustique.

Cette norme complète la série des normes internationales déjà préparées ou en préparation par le sous-comité 1 du comité 43 de l'ISO: Acoustique/bruit, ISO/TC43/SC1.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
29(BC)185	29(BC)211

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B, C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

—————

**ELECTROACOUSTICS –  
INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF SOUND INTENSITY –  
MEASUREMENT WITH PAIRS OF PRESSURE SENSING MICROPHONES**

## 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 1043 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

This standard completes the series of International Standards already prepared or in preparation by subcommittee 1 of ISO committee 43: Acoustics/noise, ISO/TC 43/SC1.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
29(CO)185	29(CO)211

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B, C, D and E are for information only.

## INTRODUCTION

La présente Norme internationale spécifie les prescriptions concernant les instruments pour la mesure de l'intensité acoustique, comprenant les sondes et les dispositifs de traitement du signal, et qui mesurent l'intensité acoustique au moyen d'une paire de microphones de pression disposés à une certaine distance l'un de l'autre. Ces instruments, ainsi que d'autres qui utilisent des principes de mesure différents font encore l'objet d'études.

Les instruments pour la mesure de l'intensité acoustique ont deux applications principales. La première concerne l'étude du rayonnement des sources sonores. La seconde est la détermination de la puissance acoustique des sources, particulièrement *in situ* où la mesure de l'intensité acoustique permet de déterminer la puissance acoustique dans des conditions d'environnement qui ne permettent pas une telle détermination au moyen de mesures de pression acoustique.

La présente Norme internationale s'applique aux instruments qui sont utilisés pour la détermination de la puissance acoustique conformément aux prescriptions de l'ISO 9614-1 et garantit des caractéristiques bien définies pour les instruments qui sont utilisés pour d'autres applications.

Les prescriptions et les tolérances sont basées sur une technologie instrumentale existante et sur des prescriptions industrielles typiques en ce qui concerne l'indice de capacité dynamique.

Les prescriptions concernant la vérification des caractéristiques des sondes et des dispositifs de traitement du signal correspondent aux essais de type. On donne en annexe A un plan de vérification périodique, servant de base aux réétalonnages périodiques exigés dans beaucoup de pays.

Les sondes et les dispositifs de traitement de signal sont traités séparément et ensemble; dans ce dernier cas, ils sont dénommés «instruments».

## INTRODUCTION

This International Standard specifies the requirements for sound intensity instruments, comprising sound intensity probes and processors, which detect sound intensity by pairs of spatially separated pressure sensing microphones. These instruments, and others employing different detection methods, are still the subject of development.

Sound intensity instruments have two main applications. The first is the investigation of the radiation characteristics of sound sources. The second is the determination of the sound power of sources, especially *in situ*, where sound intensity measurement enables sound power determination to be made under acoustical conditions which render determination by sound pressure measurement impossible.

This International Standard applies to instruments to be used for the determination of sound power in accordance with the requirements of ISO 9614-1 and ensures well-defined performance for instruments used in other applications.

Specifications and tolerances are based on current instrument technology and on typical industrial requirements for dynamic capability index.

Requirements for the verification of performance of probes and processors are written in terms of type tests. A scheme for periodic verification, serving as the basis of the periodic recalibrations required in many countries, is given in annex A.

Probes and processors are treated separately and together; in the latter case they are called "instruments".

# ÉLECTROACOUSTIQUE – INSTRUMENTS POUR LA MESURE DE L'INTENSITÉ ACOUSTIQUE MESURE AU MOYEN D'UNE PAIRE DE MICROPHONES DE PRESSION

## 1 Domaine d'application

Le but essentiel de la présente norme est d'assurer l'exactitude des mesures de l'intensité acoustique, appliquées à la détermination de la puissance acoustique, conformément à l'ISO 9614-1. Pour satisfaire aux prescriptions de l'ISO 9614-1, les instruments doivent analyser l'intensité acoustique en bandes d'octave ou de tiers d'octave, et peuvent éventuellement indiquer des niveaux correspondant à la pondération fréquentielle A. Ils doivent également mesurer le niveau de pression acoustique en plus du niveau d'intensité acoustique de façon à faciliter l'utilisation des indicateurs de champ décrits dans l'ISO 9614-1.

La présente norme internationale s'applique uniquement aux instruments qui mesurent l'intensité acoustique au moyen d'une paire de microphones de pression séparés dans l'espace.

La présente norme internationale donne les prescriptions concernant les caractéristiques des instruments utilisés pour la mesure de l'intensité acoustique, ainsi que celles des calibres associés.

Ces prescriptions sont destinées à réduire au minimum toute différence pouvant apparaître dans des mesures équivalentes effectuées en utilisant des instruments différents, y compris des instruments comportant des sondes et des dispositifs de traitement du signal provenant de constructeurs différents.

## 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 norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale 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.

ISO 9614-1: 1993, *Acoustique – Détermination par mesurage de l'intensité acoustique, des niveaux de puissance acoustique des sources de bruit – Partie 1: Mesurage en des points discrets*

CEI 651: 1979, *Sonomètres*

CEI 942: 1988, *Calibres acoustiques*

CEI 1260: 19XX, *Spécifications de filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave* (en préparation). (Révision de la CEI 225: 1966).

# ELECTROACOUSTICS – INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF SOUND INTENSITY – MEASUREMENT WITH PAIRS OF PRESSURE SENSING MICROPHONES

## 1 Scope

The primary purpose of this Standard is to ensure the accuracy of measurements of sound intensity applied to the determination of sound power in accordance with ISO 9614-1. To meet the requirements of that standard, instruments are required to analyse the sound intensity in one-third octave or octave bands, and optionally to provide A-weighted band levels. They are also required to measure sound pressure level in addition to sound intensity level to facilitate the use of the field indicators described in ISO 9614-1.

This International Standard only applies to instruments which detect sound intensity by pairs of spatially separated pressure sensing microphones.

This International Standard specifies performance requirements for instruments used for the measurement of sound intensity, and their associated calibrators.

The requirements are intended to reduce to a practical minimum any differences in equivalent measurements made using different instruments, including instruments comprising probes and processors from different manufacturers.

## 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard 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.

ISO 9614-1: 1993, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*

IEC 651: 1979, *Sound level meters*

IEC 942: 1988, *Sound calibrators*

IEC 1260: 19XX, *Specification for octave-band and fractional octave-band filters* (under consideration). (Revision of IEC 225: 1966)

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 sonde intensimétrique:** Système de transducteurs dont les signaux peuvent être traités de façon à obtenir la composante de l'intensité acoustique dans une direction spécifiée.

**3.2 sonde p-p (appelée également sonde à deux microphones):** Sonde composée de deux microphones de pression placés à une distance fixe et connue l'un de l'autre, la valeur moyenne de la pression acoustique mesurée par les deux microphones étant considérée comme la pression acoustique existant au point de référence de la sonde, et le gradient de pression étant utilisé pour obtenir une valeur permettant de dériver la composante de la vitesse des particules.

#### NOTES

- 1 Une sonde p-p «parallèle» comporte deux microphones disposés comme représenté sur la figure 1.
- 2 Une sonde p-p «face à face» comporte deux microphones qui se font face et qui sont séparés par une entretoise comme représenté sur la figure 2.

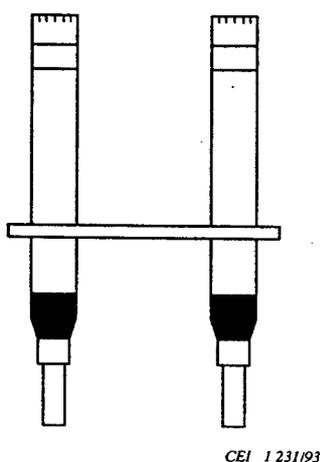


Figure 1 – Sonde p-p à microphones parallèles

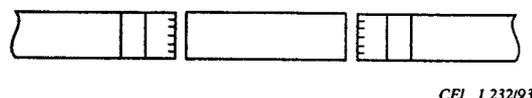


Figure 2 – Sonde p-p à microphones face à face

**3.3 point de référence de la sonde:** Point auquel l'intensité acoustique est censée être mesurée.

NOTE – Le point de référence d'une sonde n'est pas situé nécessairement au milieu géométrique, mais il se trouve à mi-chemin entre les centres effectifs des microphones.

**3.4 axe de la sonde:** Axe passant par le point de référence et le long duquel on détecte la composante de la vitesse des particules.

**3.5 direction de référence:** Direction de l'incidence des ondes progressives planes sur la sonde, parallèle à l'axe de la sonde, et pour laquelle on spécifie la réponse de la sonde en intensité acoustique.

### 3 Definitions

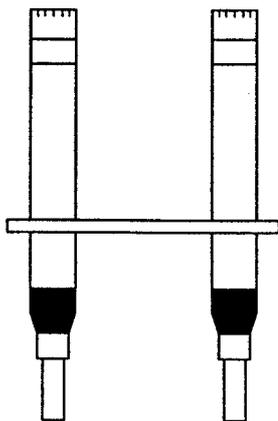
For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

**3.1 sound intensity probe:** Transducer system from which signals may be processed to obtain the sound intensity component in a specific direction.

**3.2 p-p probe (also known as a two microphone probe):** Probe composed of two pressure sensing microphones spaced apart by a fixed and known distance, in which the sound pressure component is measured by the two microphones and the mean value is considered as the sound pressure existing at the reference point of the probe, while the sound pressure differential is used for the purpose of deriving the sound particle velocity component.

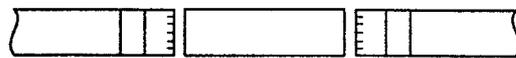
#### NOTES

- 1 A side-by-side p-p probe has the two microphones arranged as shown in figure 1.
- 2 A face-to-face p-p probe has the two microphones facing each other and separated by a spacer as shown in figure 2.



IEC 123103

Figure 1 – A side-by-side p-p probe



IEC 123203

Figure 2 – A face-to-face p-p probe

**3.3 reference point of a probe:** Point at which the sound intensity is deemed to be measured.

NOTE – The reference point of a probe is not necessarily the physical midpoint, but occurs halfway between the effective microphone centres.

**3.4 probe axis:** Axis passing through the reference point and along which a component of particle velocity is sensed.

**3.5 reference direction:** Direction of incidence of plane progressive waves on the probe, parallel to the probe axis, for which the sound intensity response of the probe is specified.

**3.6 différence de phase entre les canaux d'une sonde p-p:** Différence dans la réponse en phase entre les canaux d'une sonde p-p, comprenant les microphones, les préamplificateurs et les câbles de liaison (s'ils font partie intégrante de la sonde), lorsqu'ils sont soumis aux mêmes signaux d'entrée. Ce déphasage est fonction de la fréquence.

**3.7 espacement nominal d'une sonde p-p:** Valeur fixe d'espacement utilisée pour le calcul de l'intensité acoustique dans un instrument. Il correspond à la moyenne de l'espacement effectif des microphones dans un domaine spécifié de fréquences.

**3.8 dispositif de calcul de l'intensité acoustique:** Dispositif dont la fonction est la détermination de l'intensité acoustique en liaison avec une sonde spécifiée. Ce dispositif présente les résultats sous la forme d'intensité acoustique et de pression acoustique, ou de niveau d'intensité acoustique et de niveau de pression acoustique, dans des bandes d'octave ou de tiers d'octave. Dans la suite du texte ce dispositif est dénommé «calculateur».

**3.9 instrument pour la mesure de l'intensité acoustique:** Appareil comprenant la sonde intensimétrique et un dispositif de calcul de l'intensité acoustique associé compatible.

**3.10 intensité résiduelle:** Intensité erronée provenant de différences de phase entre les canaux de mesure et qui intervient lorsque le calculateur est soumis à des signaux d'entrée identiques pour les deux canaux, ou lorsque les transducteurs de la sonde reliée au calculateur sont soumis à des signaux de pression acoustique identiques.

**3.11 écart de champ résiduel:** Différence entre les niveaux de pression acoustique indiqués et les niveaux d'intensité résiduelle indiqués, calculée pour un air de masse volumique égale à  $1,2048 \text{ kg/m}^3$ , dans des bandes d'octave ou de tiers d'octave, lorsque le calculateur est soumis à des signaux d'entrée de bruit rose identiques pour les deux canaux, ou lorsque les transducteurs reliés à ces entrées sont soumis à des signaux de pression acoustique d'entrée de bruit rose identiques. Cet écart s'applique uniquement lorsqu'il est sensiblement indépendant du niveau de pression acoustique indiqué.

**3.12 indice de capacité dynamique:** Différence entre l'écart de champ résiduel trouvé dans un instrument et le facteur K décrit en tant que facteur d'erreur systématique dans l'ISO 9614. Il représente la différence maximale entre le niveau de pression acoustique et le niveau d'intensité acoustique à l'intérieur de laquelle les mesures peuvent être effectuées conformément à l'ISO 9614 pour différentes classes d'exactitude de mesure.

**3.13 domaine de fonctionnement:** Domaine de niveaux de pression acoustique, exprimés en décibels, entre le niveau le plus élevé et le niveau le plus bas de bruit rose indiqué par le calculateur ou l'instrument et à l'intérieur duquel l'écart de champ résiduel satisfait aux prescriptions de la présente norme.

**3.14 grille d'entraînement électrostatique:** Dispositif utilisé pour la mesure électrique de la réponse en fréquence des microphones à condensateur. Elle est constituée par une grille métallique qui est disposée à proximité et parallèlement à la membrane du microphone. Une tension d'essai alternative, habituellement superposée à une tension continue élevée est appliquée entre la grille et la membrane. Les forces d'origine électrostatique qui en résultent simulent une pression acoustique appliquée au microphone.

**3.15 fonctionnement en temps réel:** Mode de fonctionnement d'un calculateur tel que toutes les données utiles apparaissant à l'entrée pendant la durée d'intégration totale sont utilisées pour le calcul de la pression acoustique et de l'intensité acoustique.

**3.6 phase difference between probe channels for a p-p probe:** Difference in phase response between the channels in a p-p probe, including microphones, preamplifiers and cables, if they are an integral part of the probe, when subjected to the same input. It is a function of frequency.

**3.7 nominal separation of microphones in a p-p probe:** Fixed value of separation used for the purpose of computing sound intensity directly in an instrument. It is the mean value of the effective separation of the microphones in a specified frequency range.

**3.8 sound intensity processor:** Device whose function is the determination of sound intensity in conjunction with a specified probe. The processor presents results in one octave or one-third octave bands, in terms of sound intensity and sound pressure, or sound intensity level and sound pressure level.

**3.9 sound intensity instrument:** Comprises a sound intensity probe and a compatible sound intensity processor.

**3.10 residual intensity:** False intensity produced by phase differences between measurement channels, which occurs when the processor is subjected to identical electrical inputs to the two channels, or when the transducers in the probe connected to the processor are subjected to identical sound pressure inputs.

**3.11 pressure-residual intensity index:** Difference between the indicated sound pressure levels and the indicated residual intensity levels, calculated with air density of  $1,2048 \text{ kg/m}^3$ , in one octave or one-third octave bands, when the processor is subjected to identical electrical pink noise inputs to the two channels, or when the transducers connected to the inputs are subjected to identical pink noise sound pressure inputs. This index applies only where it is essentially independent of indicated sound pressure level.

**3.12 dynamic capability index:** Difference between pressure-residual intensity index found in an instrument and K factor, described as bias error factor, in ISO 9614. It signifies the maximum difference between sound pressure level and sound intensity level within which measurements according to ISO 9614 can be made for different grades of measurement accuracy.

**3.13 operating range:** Range of sound pressure levels, in decibels, between the highest and lowest levels of pink noise indicated by a processor or instrument, within which the pressure-residual intensity index meets the requirements of this standard.

**3.14 electrostatic actuator:** Device used for electrical measurements of the frequency response of condenser microphones. It is a metallic grid which is held close and parallel to the microphone diaphragm. An alternating test voltage, normally superimposed on a high static voltage, is applied between the actuator and the diaphragm. The resulting electrostatic forces mimic the effect of a sound pressure on the microphone.

**3.15 real time operation:** Mode of operation of a processor such that all pertinent data appearing at inputs within the total averaging time are used in computing sound pressure and sound intensity.

NOTE – Selon les caractéristiques particulières du calculateur, certaines données utiles peuvent être effectivement perdues ou prises en compte de façon incomplète, même dans un fonctionnement en temps réel, comme il est indiqué en annexe C.

**3.16 compensation du déphasage:** Fonction existant dans certains calculateurs qui permet, par l'application de corrections de déphasage, d'augmenter l'écart de champ résiduel trouvé pendant le processus d'étalonnage.

NOTE – L'application de cette fonction ne permet pas de réduire l'intensité résiduelle produite par le bruit électrique.

**3.17 sélection automatique:** Fonction existant dans certains calculateurs qui permet de choisir automatiquement le domaine optimal pour l'exactitude, la linéarité et l'écart de champ résiduel.

NOTE – L'utilisation de la fonction de sélection automatique est décrite dans l'annexe B.

**3.18 calibreur de pression acoustique:** Calibreur permettant l'étalonnage en pression des microphones ou des canaux de mesure ou d'analyse de la pression acoustique dans un instrument de mesure de l'intensité acoustique.

**3.19 dispositif d'essai de l'intensité résiduelle:** Dispositif qui permet, par l'application simultanée de deux pressions acoustiques identiques sur les microphones d'une sonde p-p, de calculer directement l'écart de champ résiduel dans une bande de fréquences et pour un ou plusieurs niveaux de pression acoustique.

**3.20 calibreur d'intensité acoustique:** Calibreur qui permet l'étalonnage direct de l'indication de l'intensité acoustique d'un instrument.

**3.21 essai de type:** Examen d'un ou de plusieurs instruments ou transducteurs de même type qui sont soumis à un service national de métrologie légale. Cet examen comprend les essais nécessaires à l'approbation de type.

**3.22 vérification:** Toute opération effectuée par un organisme d'un service national de métrologie légale (ou tout organisme légalement habilité) et ayant pour objet d'assurer et de confirmer que l'instrument satisfait entièrement aux prescriptions correspondant à la réglementation de vérification.

**3.23 vérification primitive:** Vérification qui s'applique à un instrument qui n'a jamais été vérifié antérieurement.

**3.24 vérification périodique:** Vérification que l'on effectue périodiquement sur un instrument, postérieurement à la vérification primitive et à des intervalles et selon des processus conformes à la réglementation.

#### 4 Classes de précision

Les instruments, les calculateurs et les sondes sont classés selon leur degré d'exactitude. Il existe deux degrés d'exactitude: la classe 1 et la classe 2. Les mêmes prescriptions s'appliquent aux deux classes, la différence portant uniquement sur les tolérances permises, et sur l'écart de champ résiduel, pour lequel les prescriptions pour la classe 2 sont moins strictes que pour la classe 1.

Il existe une classe supplémentaire, appelée 2X, qui s'applique aux calculateurs et aux

NOTE – Depending upon particular characteristics of the processor, even in real time operation some pertinent data can be effectively lost or not fully taken into account, as described in annex C.

**3.16 phase difference compensation:** Function provided in some processors which, by applying corrections for phase difference, offers an increase in the pressure-residual intensity index found during the process of calibration.

NOTE – Application of this function does not reduce the component of residual intensity caused by electrical noise.

**3.17 autoranging:** Function provided in some processors which automatically selects the optimum range for accuracy, linearity and pressure-residual intensity index.

NOTE – The use of an autoranging function is described in annex B.

**3.18 sound pressure calibrator:** Calibrator suitable for the pressure calibration of microphones or sound pressure measuring/analysing channels in a sound intensity instrument.

**3.19 residual intensity testing device:** Device which, by application of identical sound pressure simultaneously to the microphones of a p-p probe, allows direct computation of pressure-residual intensity index in a frequency band and at one or more sound pressure levels.

**3.20 sound intensity calibrator:** Calibrator which allows direct calibration of the sound intensity indication of an instrument.

**3.21 type test:** Examination of one or more measuring instruments or transducers of the same type which are submitted to a national service of legal metrology; this examination includes the tests necessary for the approval of the type.

**3.22 verification:** All the operations carried out by an organ of the national service of legal metrology (or other legally authorized organisation) having the object of ascertaining and confirming that the measuring instrument entirely satisfies the requirements of the regulations for verification.

**3.23 initial verification:** Verification of a measuring instrument which has not been verified previously.

**3.24 periodic verification:** Subsequent verification of a measuring instrument carried out periodically at intervals and according to the procedures laid down by regulations.

#### 4 Grades of accuracy

Instruments, processors and probes are classified according to the measurement accuracy achieved. There are two degrees of accuracy, designated as class 1 and class 2. The same requirements apply to both classes, the differences are only in the tolerances allowed, and in pressure-residual intensity indices, where class 2 requirements are less stringent than those for class 1.

There is an additional class, designated as 2X, which applies to processors and instru-

instruments qui, dans le domaine de fréquences prescrit par cette norme, ne fonctionnent pas en temps réel.

## 5 Conditions d'environnement de référence

Les conditions d'environnement de référence sont les suivantes:

- Température 20 °C
- Pression statique 101,325 kPa
- Taux d'humidité relative 65 %

NOTE – La différence entre le niveau de pression acoustique SPL et le niveau d'intensité acoustique SIL pour une onde progressive plane est donnée par la relation:

$$L_I = L_p + 10 \lg \left( \frac{400}{\rho c} \right) \quad \text{dB}$$

où

$\rho$  est la masse volumique de l'air, en kilogrammes par mètre cube;

$c$  est la célérité du son, en mètres par seconde.

Dans les conditions d'environnement de référence, on trouve:  $L_I = L_p - 0,15$  dB.

## 6 Prescriptions concernant les calculateurs d'intensité acoustique

### 6.1 Domaine de fréquences

Les calculateurs de classe 1 doivent couvrir au moins un domaine compris entre 45 Hz et 7,1 kHz par bandes de tiers d'octave. Les calculateurs de classe 2 doivent couvrir au moins un domaine compris entre 45 Hz et 7,1 kHz par bandes de tiers d'octave ou un domaine compris entre 45 Hz et 5,6 kHz par bandes d'octave.

### 6.2 Filtrage

Le filtrage doit être conforme aux prescriptions des tableaux 1 et 2. Les filtres peuvent être analogiques ou numériques et les bandes peuvent être synthétisées à partir d'une analyse en bandes plus étroites et doivent satisfaire aux spécifications de la CEI 1260 (en préparation).

Les calculateurs de classes 1 et 2 doivent fonctionner en temps réel. Un traitement du signal à entrelacement est prescrit pour les analyseurs à transformée de Fourier rapide (voir annexe C).

Les calculateurs qui ne fonctionnent pas en temps réel doivent être rangés dans la classe 2X et doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 1.

### 6.3 Pondération A

Les calculateurs peuvent fournir des résultats correspondant à la pondération A en bandes d'octave et de tiers d'octave. La pondération doit être conforme aux prescriptions de la CEI 651. Les tolérances sur la pondération doivent correspondre à 0,5 fois les limites de tolérance données dans le tableau V de la CEI 651 pour un sonomètre de classe 1.

ments which, in the frequency range required in this standard, do not operate in real time.

## 5 Reference environmental conditions

The reference environmental conditions are:

- Temperature            20 °C
- Static pressure        101,325 kPa
- Relative humidity    65 %

NOTE – The difference between the sound pressure level and sound intensity level in a plane progressive wave is given by

$$L_I = L_p + 10 \lg \left( \frac{400}{\rho c} \right) \quad \text{dB}$$

where

$\rho$  is the density of the air, in kilogrammes per cubic metre;

$c$  is the speed of sound, in metres per second.

At reference environmental conditions this relationship is  $L_I = L_p - 0,15$  dB.

## 6 Sound intensity processors: requirements

### 6.1 Frequency range

Class 1 processors shall, at least, cover the range from 45 Hz to 7,1 kHz in one-third octave bands. Class 2 processors shall, at least, cover the range from 45 Hz to 7,1 kHz in one-third octave bands, or the range from 45 Hz to 5,6 kHz in one octave bands.

### 6.2 Filtering

Filtering shall be in accordance with the requirements of table 1. Filters may be analogue or digital, or bands may be synthesized from narrower band analysis and shall meet the requirements of IEC 1260 (under consideration).

Processors class 1 and 2 shall operate in real time. Overlap signal processing (see annex C) is required for Fast Fourier Transform (FFT) analysers.

Processors not operating in real time shall be classified as class 2X and meet the requirements specified in table 1.

### 6.3 A-weighting

Processors may provide A-weighted octave and one-third octave band results. The weighting shall be in accordance with the requirements of IEC 651. The tolerance on the weighting shall be 0,5 times the tolerance limits given for a type 1 sound level meter in table V of IEC 651.

Tableau 1 – Spécifications et prescriptions pour les calculateurs d'intensité acoustique

Type de filtre	Classe 1	Classe 2	Classe 2X
	Tiers d'octave CEI 1260 Classe 1	Octave ou tiers d'octave CEI 1260 Classe 2	Octave ou tiers d'octave CEI 1260 Classe 2
Traitement du signal en temps réel	Obligatoire. Traitement du signal à entrelacement exigé si les bandes sont synthétisées à partir d'une analyse à transformée de Fourier rapide.		Renseignements complets exigés concernant les fenêtres temporelles, l'acquisition des données et le temps de calcul
Exactitude de l'indicateur	±0,2 dB	±0,3 dB	±0,3 dB
Exactitude dans le réglage d'espacement des microphones	±0,1 dB	±0,2 dB	±0,2 dB
Durée d'intégration	Réglable de façon continue entre 10 s et 180 s ou par pas de 1 s ou moins	Réglable de façon continue entre 10 s et 180 s ou par pas	30 s à 600 s
Possibilité du calcul de l'intensité acoustique dans les conditions ambiantes	Obligatoire	Facultatif	Facultatif

#### 6.4 Exactitude de l'indicateur

L'intensité acoustique ou le niveau d'intensité acoustique doivent être indiqués avec l'exactitude donnée dans le tableau 1.

#### 6.5 Possibilités concernant l'espacement des microphones

Le calculateur doit pouvoir calculer directement les résultats en fonction de l'espacement nominal des microphones utilisé dans la sonde. Il doit être possible de régler l'espacement nominal avec suffisamment de précision pour permettre d'effectuer le calcul avec l'exactitude donnée dans le tableau 1.

#### 6.6 Présentation des résultats

Le calculateur doit indiquer ou fournir un signal de sortie proportionnel à l'intensité acoustique et à la pression acoustique ou le niveau d'intensité acoustique et au niveau de pression acoustique.

Les calculateurs doivent avoir une résolution de 0,1 dB.

On doit pouvoir identifier les intensités positives et négatives. Il est recommandé que le calculateur indique l'écart de champ résiduel. Il est également recommandé que le calculateur possède un dispositif d'affichage et de reproduction du spectre.

#### 6.7 Durée d'intégration

Le calculateur doit indiquer la valeur intégrée dans le temps de l'intensité acoustique. La durée d'intégration doit être variable dans le domaine et avec la résolution donnés dans le tableau 1.

Table 1 – Specification and performance requirements for sound intensity processors

Filter type	Class 1	Class 2	Class 2X
	One-third octave IEC 1260, Class 1	Octave or one-third octave IEC 1260, Class 2	Octave or one-third octave IEC 1260, Class 2
Real time signal processing	Mandatory. Overlap processing required if bands are synthesized from FFT analysis.		Full information required on time windows, data acquisition and processing time.
Indicator accuracy	±0,2 dB	±0,3 dB	±0,3 dB
Microphone separation setting accuracy	±0,1 dB	±0,2 dB	±0,2 dB
Time averaging	10 s – 180 s continuous or in steps of 1 s or less	10 s – 180 s continuous or in steps	30 s to 600 s
Provision for calculation of sound intensity at ambient conditions	Mandatory	Optional	Optional

#### 6.4 Indicator accuracy

Sound intensity, or sound intensity level, shall be indicated with the accuracy given in table 1.

#### 6.5 Provision for microphone separation

Provision shall be made in the processors for direct computation of results according to the nominal microphone separation used in the probe. It shall be possible to set the nominal separation with sufficient precision to enable the calculation to be performed with the accuracy given in table 1.

#### 6.6 Presentation of results

The processor shall indicate or provide an output proportional to sound intensity and sound pressure, or to sound intensity level and sound pressure level.

Processors shall offer a resolution of 0,1 dB.

A means of identifying positive and negative intensity shall be provided. It is recommended that provision be made for the indication of the pressure-residual intensity index. Provision for spectrum display and hard copy facilities are also recommended.

#### 6.7 Time averaging

The processor shall provide the time averaged value of sound intensity. The integration time shall be variable in the range, and with the resolution, given in table 1.

6.8 *Aptitude à la mesure des signaux impulsionnels*

Le calculateur doit donner des indications correctes lorsqu'on mesure des signaux présentant un facteur de crête inférieur ou égal à 5 (14 dB).

6.9 *Ecart de champ résiduel*

Dans le domaine de fonctionnement, l'écart de champ résiduel du calculateur doit être égal ou supérieur aux valeurs données dans le tableau 2.

6.10 *Possibilités de compensation de phase*

Le calculateur peut comporter un dispositif de compensation de phase. Si un tel dispositif existe, les renseignements complets sur son utilisation et ses limitations doivent être donnés dans la notice technique.

6.11 *Possibilités de sélection de gammes*

La sélection de gammes de niveaux peut être manuelle ou automatique. Il doit être possible de verrouiller toute plage sélectionnée automatiquement indépendamment de toute autre fonction de commande, excepté la remise à zéro.

Tableau 2 – Prescriptions minimales, en décibels, concernant l'écart de champ résiduel pour les sondes, les calculateurs et les instruments correspondant à un espacement nominal des microphones de 25 mm

Fréquence médiane de la bande passante Hz	Sonde		Calculateur		Instrument	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
50	13	7	19	13	12	6
63	14	8	20	14	13	7
80	15	9	21	15	14	8
100	16	10	22	16	15	9
125	17	11	23	17	16	10
160	18	12	24	18	17	11
200	19	13	25	19	18	12
250	20	14	26	20	19	13
315	20	15	26	20	19	14
400	20	16	26	20	19	14,5
500	20	17	26	20	19	15
630	20	18	26	20	19	16
800	20	18	26	20	19	16
1 000	20	18	26	20	19	16
1 250	20	18	26	20	19	16
1 600	20	18	26	20	19	16
2 000	20	18	26	20	19	16
2 500	20	18	26	20	19	16
3 150	20	18	26	20	19	16
4 000	20	18	26	20	19	16
5 000	20	18	26	20	19	16
6 300	20	18	26	20	19	16

NOTES

1 Pour les prescriptions concernant l'écart de champ résiduel pour un espacement des microphones autre que 25 mm, on ajoutera aux valeurs données en décibels dans le tableau le terme  $10 \lg (x/25)$ , où  $x$  est l'espacement des microphones en millimètres.

### 6.8 Crest factor handling

The processor shall be capable of indicating correctly when signals with crest factors of up to 5 (14 dB) are measured.

### 6.9 Pressure-residual intensity index

In the operating range, the processor shall have pressure-residual intensity index equal to, or higher than, that shown in table 2.

### 6.10 Provision for phase compensation

Provision for phase compensation may be provided in a processor. If it is provided, full information on its use and limitations shall be included in the instruction manual.

### 6.11 Provision for range setting

Range setting may be manual or autoranged. It shall be possible to lock any automatically selected range independently of any other control function, except "reset".

Table 2 – Minimum pressure-residual intensity index requirements for probes, processors and instruments for 25 mm nominal microphone separation in decibels

Band centre frequency Hz	Probe		Processor		Instrument	
	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2	Class 1	Class 2
50	13	7	19	13	12	6
63	14	8	20	14	13	7
80	15	9	21	15	14	8
100	16	10	22	16	15	9
125	17	11	23	17	16	10
160	18	12	24	18	17	11
200	19	13	25	19	18	12
250	20	14	26	20	19	13
315	20	15	26	20	19	14
400	20	16	26	20	19	14,5
500	20	17	26	20	19	15
630	20	18	26	20	19	16
800	20	18	26	20	19	16
1 000	20	18	26	20	19	16
1 250	20	18	26	20	19	16
1 600	20	18	26	20	19	16
2 000	20	18	26	20	19	16
2 500	20	18	26	20	19	16
3 150	20	18	26	20	19	16
4 000	20	18	26	20	19	16
5 000	20	18	26	20	19	16
6 300	20	18	26	20	19	16

#### NOTES

- 1 For pressure-residual intensity requirements for microphone separations other than 25 mm, add  $10 \lg (x/25)$  where  $x$  is the microphone separation in millimetres, to the figures, in decibels, in the table.

2 Pour les calculateurs qui ne comportent qu'une analyse en bandes d'octaves, les prescriptions s'appliquent uniquement aux fréquences médianes des bandes d'octaves

#### 6.12 *Indication de surcharge*

Le calculateur doit être muni d'un indicateur de surcharge à verrouillage. L'indication de surcharge doit intervenir lorsque les signaux d'entrée du calculateur sont trop importants pour permettre un fonctionnement du calculateur conforme aux prescriptions de la présente norme.

#### 6.13 *Possibilité de corrections en fonction de la pression atmosphérique et de la température*

Les calculateurs de classe 1 doivent permettre l'introduction des valeurs de la pression atmosphérique et de la température ambiante ou de facteurs de correction déterminés d'après ces paramètres, de façon à les utiliser pour le calcul de l'intensité acoustique.

#### 6.14 *Conditions ambiantes de fonctionnement*

Les calculateurs doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 1 dans un domaine de températures ambiantes comprises entre 5 °C et 40 °C.

### 7 **Prescriptions concernant les sondes d'intensité acoustique**

#### 7.1 *Construction mécanique*

Les sondes d'intensité acoustique doivent être construites de façon à satisfaire aux prescriptions de la présente norme en utilisant les mêmes microphones et le même espacement sur trois bandes d'octaves consécutives au moins.

Lorsque le domaine complet de fréquences est couvert en utilisant différentes configurations de sondes, chaque configuration couvrant une partie du domaine, il est recommandé que les domaines de ces configurations se chevauchent sur une bande d'octave complète.

La construction des sondes doit conduire à une bonne stabilité mécanique, assurant une distance fixe et connue entre les microphones.

Les sondes doivent comporter une paire de microphones de même type, ce qui signifie de mêmes dimensions, de mêmes tensions de polarisation, de même fabrication, de mêmes caractéristiques de température, d'humidité et de durée de vie, et présentant une stabilité de phase élevée.

Les sondes doivent comporter des marquages afin de permettre l'identification des deux canaux de façon que la direction de l'intensité indiquée par le calculateur puisse être correctement interprétée.

Dans le cas de sondes à transducteurs amovibles, les transducteurs utilisés dans la sonde doivent comporter des marques d'identification, par exemple des numéros de série, afin de pouvoir identifier facilement les paires.

Pour toutes les sondes, on doit prévoir la possibilité d'application d'un calibreur de pression acoustique et d'un dispositif d'essai d'intensité résiduelle.

- 2 For processors with only octave analysis, the requirements apply only at the octave band centre frequencies.

#### 6.12 *Provision for overload indication*

Processors shall be equipped with latching overload indicators. The indication shall occur when the input signals to the processor are too large for the processor to operate within the requirements of this standard.

#### 6.13 *Provision for corrections for atmospheric pressure and temperature*

Class 1 processors shall have provision for entering values of ambient atmospheric pressure and temperature, or correction factors derived from these, for use in the calculation of sound intensity.

#### 6.14 *Operating environment*

Processors shall meet the requirements of table 1 in the ambient temperature range of 5 °C to 40 °C.

### **7 Sound intensity probes: requirements**

#### 7.1 *Mechanical construction*

Sound intensity probes shall be constructed to meet the requirements of this Standard over at least three consecutive octave bands with the same microphones and the same spacing.

When the full frequency range is covered by different probe configurations, each one covering part of the whole range, a full octave band overlap is recommended.

The construction of the probes shall give mechanical stability, with a known and fixed distance between the microphones.

Probes shall be constructed using pairs of microphones of the same type, which means the same physical dimensions, the same polarization requirements, the same design, the same temperature, humidity and ageing characteristics, and high phase stability.

Probes shall be marked to allow identification of the two channels so that the direction of the intensity indicated by the processor can be correctly interpreted.

In probes in which transducers can be removed, transducers used in the probe shall have identifying marks, e.g. serial numbers, so that (matched) pairs can be easily identified.

In all probes, provision shall be made for the application of a sound pressure calibrator and a residual intensity testing device.

### 7.2 Réponse en pression

Pour des ondes progressives planes se propageant dans la direction de référence, chacun des microphones de la sonde doit présenter une efficacité en pression par rapport à son efficacité à 250 Hz qui soit à l'intérieur des tolérances données dans le tableau 3.

NOTE – Les prescriptions sont données pour l'efficacité des microphones individuels plutôt que pour l'efficacité de la sonde, car cette dernière est fonction de la méthode de calcul utilisée par le calculateur et peut ainsi ne pas être uniquement définie par la sonde seule.

Tableau 3 – Tolérances pour les réponses en pression et en intensité acoustiques

Fréquence  Hz	Réponse du microphone		Réponse en intensité de la sonde		
	Tolérance classe 1  dB	Tolérance classe 2  dB	Tolérance classe 1  dB	Tolérance classe 2  dB	Nominale pour un espacement de 25 mm dB
50	±0,5	±0,7	±1,0	±1,5	0,0
63	±0,5	±0,7	±1,0	±1,4	0,0
80	±0,5	±0,7	±0,9	±1,3	0,0
100	±0,5	±0,7	±0,8	±1,2	0,0
125	±0,5	±0,7	±0,7	±1,1	0,0
160	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
200	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
250	référence	référence	référence	référence	référence
315	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
400	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
500	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
630	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
800	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
1 000	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
1 250	±0,5	±0,7	±0,8	±1,0	- 0,2
1 600	±0,6	±0,8	±0,9	±1,1	- 0,4
2 000	±0,7	±1,0	±1,0	±1,3	- 0,6
2 500	±0,8	±1,2	±1,1	±1,6	- 1,0
3 150	±0,9	±1,4	±1,2	±1,9	- 1,6
4 000	±1,0	±1,6	±1,3	±2,2	- 2,7
5 000	±1,2	±1,8	±1,6	±2,5	- 4,8
6 300	±1,4	±2,0	±1,9	±2,8	- 10,5

NOTE – Pour une réponse nominale d'intensité acoustique et des espacements de microphones différents de 25 mm, appliquer la formule indiquée en 7.3.

### 7.3 Réponse en intensité

Pour des ondes progressives planes se propageant dans la direction de référence, la sonde doit être capable de fournir à un calculateur satisfaisant aux prescriptions de la classe 1 des signaux tels que la réponse en intensité par rapport à la réponse correspondant à la fréquence de référence de 250 Hz puisse être calculée par le calculateur suivant la formule:

$$10 \lg \left| \frac{\theta_{ref} \sin \theta_f}{\theta_f \sin \theta_{ref}} \right|$$

### 7.2 Response to sound pressure

For plane progressive waves incident on the probe in the reference direction, the individual microphones located in the probe shall have frequency responses to sound pressure, relative to the response at 250 Hz, within the tolerances given in table 3.

NOTE – Requirements are given for the response of the individual microphones, rather than a pressure response of a probe, because the latter is dependant on the calculation method in a processor and cannot be uniquely defined for a probe alone.

Table 3 – Tolerances for sound pressure and sound intensity response

Frequency Hz	Microphone response		Probe intensity response		
	Tolerance class 1 dB	Tolerance class 2 dB	Tolerance class 1 dB	Tolerance class 2 dB	Nominal for 25 mm separation dB
50	±0,5	±0,7	±1,0	±1,5	0,0
63	±0,5	±0,7	±1,0	±1,4	0,0
80	±0,5	±0,7	±0,9	±1,3	0,0
100	±0,5	±0,7	±0,8	±1,2	0,0
125	±0,5	±0,7	±0,7	±1,1	0,0
160	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
200	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
250	reference	reference	reference	reference	reference
315	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
400	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
500	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	0,0
630	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
800	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
1 000	±0,5	±0,7	±0,7	±1,0	- 0,1
1 250	±0,5	±0,7	±0,8	±1,0	- 0,2
1 600	±0,6	±0,8	±0,9	±1,1	- 0,4
2 000	±0,7	±1,0	±1,0	±1,3	- 0,6
2 500	±0,8	±1,2	±1,1	±1,6	- 1,0
3 150	±0,9	±1,4	±1,2	±1,9	- 1,6
4 000	±1,0	±1,6	±1,3	±2,2	- 2,7
5 000	±1,2	±1,8	±1,6	±2,5	- 4,8
6 300	±1,4	±2,0	±1,9	±2,8	- 10,5

NOTE – For nominal sound intensity response with microphone separations other than 25 mm, apply the formula given in 7.3.

### 7.3 Response to sound intensity

For plane progressive waves incident in the reference direction, the probe shall be capable of providing signals to a processor meeting class 1 accuracy requirements so that intensity values may be computed in the processor resulting in an intensity response, relative to that at a reference frequency of 250 Hz, by the following formula:

$$10 \lg \left| \frac{\theta_{ref} \sin \theta_f}{\theta_f \sin \theta_{ref}} \right|$$

où

$$\theta_f = dr \times f \times 2 \times \pi / c \text{ radians}$$

$dr$  est l'espacement entre les microphones, en mètres

$f$  est la fréquence, en hertz

$c$  est la célérité du son dans les conditions de référence en mètres par seconde (343,37)

$\theta_{ref}$  est la valeur de  $\theta_f$  à la fréquence de référence.

Une sonde satisfait aux prescriptions de la présente norme dans le seul domaine de fréquences pour lequel la réponse relative nominale est de  $(0 \pm 1)$  dB par rapport à 250 Hz.

La réponse doit être à l'intérieur des tolérances données dans le tableau 3. Ce tableau donne également la réponse nominale d'une sonde comportant un espacement des microphones de 25 mm, calculée suivant la formule précédente.

#### 7.4 Caractéristiques de réponse directionnelle

Les caractéristiques de réponse directionnelle sont spécifiées dans trois plans perpendiculaires XY, YZ et ZX, comme indiqué dans les figures 3 et 4. Les réponses en intensité dans les plans ZX et ZY doivent suivre une loi en cosinus sur  $360^\circ$  à partir de la direction de référence.

La réponse positive maximale doit correspondre à  $0^\circ$  et la réponse négative maximale (direction de propagation opposée à la direction de référence) doit correspondre à  $180^\circ$ .

La réponse pour les angles  $270^\circ < \phi < 90^\circ$  doit être égale à la réponse à  $0^\circ$  plus  $10 \lg(\cos \phi)$  dB. La réponse pour les angles  $90^\circ < \phi < 270^\circ$  doit être égale à la réponse à  $180^\circ$  plus  $10 \lg(-\cos \phi)$  dB. La réponse minimale doit se produire pour des angles de  $90^\circ$  et  $270^\circ \pm 5^\circ$  pour la classe 1 et  $\pm 7^\circ$  pour la classe 2.  $\phi$  est l'angle formé entre la direction incidente et les axes de la sonde dans les plans ZX et ZY.

Les tolérances doivent être  $\pm 1,5$  dB pour une sonde de classe 1 et  $\pm 2$  dB pour une sonde de classe 2, pour des angles ne s'écartant pas de plus de  $60^\circ$  par rapport à la direction de référence, c'est-à-dire pour des angles compris respectivement entre  $300^\circ - 0^\circ - 60^\circ$  et  $120^\circ - 180^\circ - 240^\circ$  par rapport à la direction de référence.

NOTE – On ne donne pas de prescriptions pour les réponses correspondant à des angles compris entre  $60^\circ$  et  $90^\circ$  par rapport à la direction de référence, en raison de la difficulté de leur vérification.

where

$\theta_f = dr \times f \times 2 \times \pi / c$  radians;

$dr$  is the microphone separation, in metres

$f$  is the frequency, in hertz

$c$  is the speed of sound at reference conditions in metres per second (343,37)

$\theta_{ref}$  is the value of  $\theta_f$  at the reference frequency.

A probe only meets the requirements of this standard in the frequency range where the nominal response relative to 250 Hz is  $(0 \pm 1)$  dB.

The response shall be within the tolerances given in table 3. Table 3 also gives the nominal response of a probe with 25 mm microphone separation, calculated from the above formula.

#### 7.4 Directional response characteristics

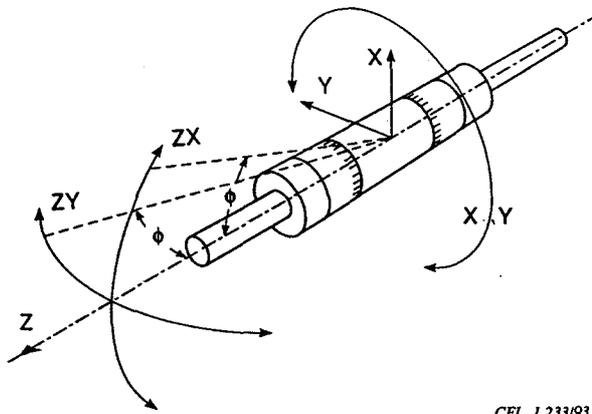
The directional response characteristics are specified in three mutually perpendicular planes XY, YZ and ZX, as shown in figures 3 and 4. The intensity response in the ZX and ZY planes shall follow the cosine law over 360° from the reference direction.

The maximum positive response shall be at 0° and the maximum negative response (flow opposite to reference direction) shall be at 180°.

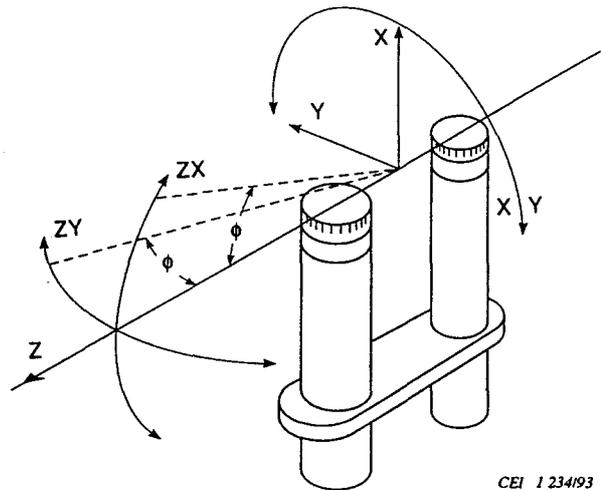
The response at angles  $270^\circ < \phi < 90^\circ$  shall be the response at 0° plus  $10 \lg(\cos \phi)$  dB. The response at angles  $90^\circ < \phi < 270^\circ$  shall be the response at 180° plus  $10 \lg(-\cos \phi)$  dB. The minimum response shall occur within  $\pm 5^\circ$  for Class 1 and  $\pm 7^\circ$  for Class 2 of 90° and 270°. The angle  $\phi$  is the angle between the direction of incidence and the probe axis in the ZX and ZY planes.

Tolerances shall be  $\pm 1,5$  dB for a class 1 probe and  $\pm 2$  dB for a class 2 probe within 60° of the reference direction, i.e. within angles  $300^\circ - 0^\circ - 60^\circ$  and  $120^\circ - 180^\circ - 240^\circ$ .

NOTE – Requirements for responses at angles between 60° and 90° from the reference direction are not given, due to difficulties in their verification.



CEI 1 233/93



CEI 1 234/93

Figure 3 – Axes de spécification de réponse directionnelle d'une sonde p-p à microphones face à face

Figure 4 – Axes de spécification de réponse directionnelle d'une sonde p-p à microphones parallèles

### 7.5 Caractéristiques en ondes stationnaires

Les sondes doivent être conçues pour assurer des mesures correctes de l'intensité acoustique dans un champ d'ondes stationnaires. Les prescriptions sont données uniquement dans la partie basse du domaine de fréquences où la faible atténuation de pression d'évent et le mauvais équilibre de phase entre les microphones sont susceptibles de conduire à des erreurs de mesure. Des erreurs provenant de sondes sensibles à la pression et à la vitesse des particules en des points différents seront également détectées dans ce domaine de fréquences.

Dans un champ d'ondes stationnaires existant dans un conduit ou dans un tube tel que le rapport d'ondes stationnaires (différence des niveaux de pression entre les ventres et les noeuds) est de 24 dB pour les sondes de classe 1 et de 20 dB pour les sondes de classe 2, l'intensité mesurée doit être correcte à +1,3 et -1,75 dB près pour les sondes de classe 1 et à +1,6 et -2,5 dB près pour les sondes de classe 2. Les tolérances s'appliquent à 125 Hz ou à la fréquence la plus basse spécifiée pour la sonde, si cette fréquence tombe entre 125 Hz et 400 Hz.

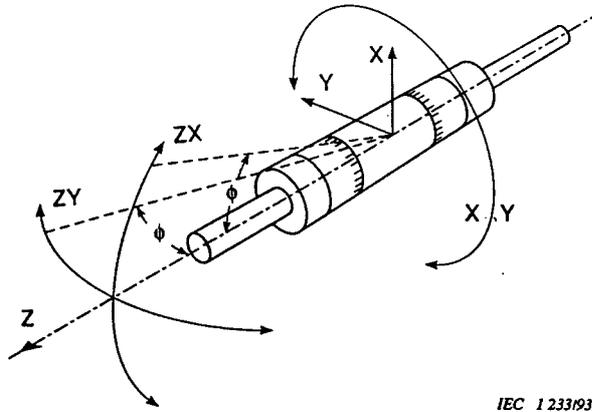
#### NOTES

1 La valeur correcte de l'intensité acoustique peut être calculée en soustrayant la moitié du rapport d'onde stationnaire du niveau de pression acoustique existant au noeud du champ d'ondes stationnaires et en appliquant la correction entre le niveau de pression acoustique et le niveau d'intensité acoustique donnée à l'article 5.

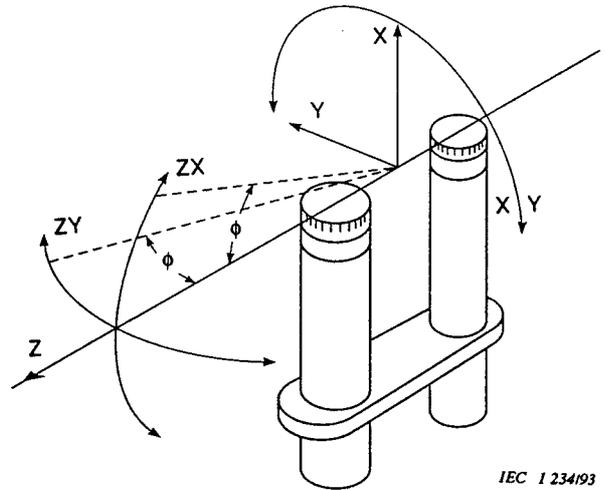
2 Pour satisfaire à ces prescriptions, une sonde peut nécessiter un espacement nominal des microphones supérieur aux 25 mm utilisés comme exemple dans le tableau 2.

### 7.6 Ecart de champ résiduel

Les sondes doivent satisfaire aux prescriptions données dans le tableau 2.



IEC 1233/93



IEC 1234/93

Figure 3 – Axes for specifying the directional response of a face to face p-p probe

Figure 4 – Axes for specifying the directional response of a side by side p-p probe

#### 7.5 Performance in a standing wave field

Probes shall be constructed to ensure the correct measurement of sound intensity in standing wave fields. Performance requirements are only specified in the low end of the audio frequency range where low vent pressure attenuation and poor phase matching between the microphones are known to lead to measurement errors. Errors due to the probe sensing the pressure and particle velocity at different points will also be detected in this frequency range.

In standing waves of 24 dB for class 1 probes and 20 dB for class 2 probes (difference between pressure maxima and minima) generated in a duct or a tube, the intensity measured with a probe shall be correct within +1,3 and - 1,75 dB for class 1 and within +1,6 and -2,5 dB for class 2 probes. The tolerances apply at 125 Hz, or the lowest specified frequency for the probe, if it falls between 125 Hz and 400 Hz.

#### NOTES

1 The correct value for the sound intensity level may be calculated by subtracting half the standing wave ratio from the sound pressure level at a node in the standing wave field and applying the correction between sound pressure level and sound intensity level given in clause 5 above.

2 To meet these requirements a probe may require a nominal microphone separation greater than the 25 mm used as an example in table 2.

#### 7.6 Pressure-residual intensity index

Probes shall meet the requirements given in table 2.

### 7.7 Conditions d'environnement

Les essais des sondes doivent être effectués dans les conditions d'environnement de référence, ou dans des conditions qui se rapprochent le plus possible de ces conditions. Les conditions d'environnement réelles doivent être indiquées.

## 8 Prescriptions concernant les Instruments pour la mesure de l'Intensité acoustique

Lorsque la sonde et le calculateur sont fournis ensemble en tant qu'instrument d'une classe spécifiée, l'instrument qui en résulte doit présenter des caractéristiques au moins aussi bonnes que la combinaison d'une sonde et d'un calculateur, tous deux étant de cette même classe spécifiée.

Lorsque la sonde et le calculateur sont fournis séparément, un instrument de classe 1 doit être composé d'un calculateur de classe 1 et d'une sonde de classe 1. Un instrument de classe 2 doit comporter soit un calculateur de classe 1 et une sonde de classe 2, soit un calculateur de classe 2 et une sonde de classe 1, soit un calculateur et une sonde de classe 2. Un instrument de classe 2X doit comporter soit un calculateur de classe 2X et une sonde de classe 1, soit un calculateur de classe 2X et une sonde de classe 2.

## 9 Prescriptions concernant l'alimentation

L'alimentation, qu'elle soit extérieure ou incorporée dans le calculateur, doit assurer une alimentation permettant un fonctionnement correct de l'appareillage, dans un domaine de températures ambiantes compris entre 5 °C et 40 °C au moins, et, s'il s'agit d'une alimentation secteur, pour des variations de la tension d'alimentation de  $\pm 10\%$  autour de la valeur nominale.

Dans le cas d'une alimentation sur batteries, l'alimentation doit être munie d'un indicateur permettant de montrer que la tension de batterie est suffisante pour assurer un fonctionnement correct de l'appareillage.

## 10 Prescriptions concernant les calibreurs de sondes d'intensité acoustique

Les calibreurs destinés à être utilisés avec des types particuliers de sondes doivent comporter des marquages à cet effet ou des renseignements complets doivent être donnés dans la notice technique.

### 10.1 Calibreurs de pression acoustique

Les calibreurs de pression acoustique doivent satisfaire aux prescriptions de la CEI 942 pour les calibreurs de classes 0, 1 ou 2.

### 10.2 Dispositifs d'essai de l'intensité résiduelle

Les dispositifs d'essai de l'intensité résiduelle doivent produire un bruit blanc ou rose dans tout ou partie du domaine de fréquences compris entre 45 Hz et 7,1 kHz.

### 7.7 *Environmental conditions*

Probe testing shall be done at reference environmental conditions, or as close to the reference environmental conditions as is practical. The actual environmental conditions during the test shall be stated.

## 8 **Sound intensity instruments: requirements**

When a probe and processor are supplied together as an instrument of a specified class, the resulting instrument shall perform at least as well as the combination of a probe and processor, both of that same specified class.

When a probe and processor are supplied separately, a class 1 instrument shall consist of a class 1 processor and a class 1 probe. A class 2 instrument shall consist of either a class 1 processor and a class 2 probe, a class 2 processor and a class 1 probe, or a class 2 processor and a class 2 probe. A class 2X instrument shall consist of either a class 2X processor and a class 1 probe, or a class 2X processor and a class 2 probe.

## 9 **Power supplies: requirements**

Power supplies, whether external or incorporated in the processor, shall ensure adequate supplies for the correct operation of the equipment, for operation within an ambient temperature range of at least 5 °C to 40 °C and, if mains operated, for mains voltage variations of 10 % around nominal.

Battery operated power supplies shall be equipped with an indicator to show that the battery voltage is sufficient for the correct operation of the equipment.

## 10 **Sound intensity probe calibrators: requirements**

Calibrators intended for use with specific types of probes shall have markings to that effect or full information shall be given in the instruction manual.

### 10.1 *Sound pressure calibrators*

Sound pressure calibrators shall meet the requirements of IEC 942 for class 0, 1 or 2 calibrators.

### 10.2 *Residual intensity testing devices*

Residual intensity testing devices shall operate over the whole or part of the frequency range from 45 Hz to 7,1 kHz, providing pink or white noise.

Le dispositif d'essai doit permettre d'appliquer des pressions acoustiques de même niveau à  $\pm 0,1$  dB près sur les deux microphones dans un domaine de fréquences s'étendant entre 45 Hz et 1 000 Hz au moins et le déphasage angulaire, exprimé en degrés, entre les deux signaux acoustiques doit être à l'intérieur de

$$54,2^\circ \times \frac{f \times 10^{-6}}{1 \text{ Hz}}$$

où

$f$  est la fréquence, en hertz.

### 10.3 Calibreurs d'intensité acoustique

Les calibreurs pour un étalonnage direct en intensité acoustique doivent fournir aux microphones de la sonde les intensités acoustiques simulées spécifiées par le constructeur avec une tolérance de  $\pm 0,5$  dB pour une température, une pression atmosphérique et un espacement nominal des microphones spécifiés.

Les influences de la pression atmosphérique, de la température et de l'humidité doivent être indiquées par le constructeur.

## 11 Vérification des caractéristiques des calculateurs d'intensité acoustique

### 11.1 Filtres d'octave et de tiers d'octave

On doit vérifier la conformité des caractéristiques d'atténuation des filtres des deux canaux du calculateur aux prescriptions de la CEI 1260 (en préparation). Il convient de procéder aux essais du calculateur en mode pression avec des signaux d'entrée sinusoïdaux. Les essais doivent porter sur les bandes de tiers d'octaves dont les fréquences médianes sont comprises entre 50 Hz et 6,3 kHz. Si l'appareil ne comporte qu'un filtrage par bandes d'octave, les essais doivent porter sur les bandes d'octave dont les fréquences médianes sont comprises entre 63 Hz et 4 kHz. Les tolérances s'appliquent au voisinage de l'atténuation ou de la tension d'entrée de référence (si par exemple le calculateur comporte un dispositif de lecture directe de la tension, une tension d'entrée de 1 V devient la valeur de référence).

Les essais de linéarité doivent être effectués dans chacune de ces bandes en appliquant des signaux d'entrée sinusoïdaux au calculateur dans le mode pression. On règle le calculateur pour des efficacités de microphone de 12 mV/Pa ou pour la valeur la plus proche possible. On règle le calculateur sur l'indication 100 dB pleine échelle ou sur l'indication pleine échelle la plus grande possible si celle-ci est inférieure à 100 dB. On règle le niveau d'entrée de façon à obtenir un niveau de sortie inférieur de 22 dB au niveau correspondant à une indication de surcharge du calculateur. On note le niveau de pression acoustique indiqué par le calculateur pour ce point de référence. On augmente le niveau d'entrée du calculateur de quatre pas de 5 dB et on note chaque fois le niveau de pression acoustique indiqué par le calculateur. Pour les instruments de classe 1, on réduit le niveau d'entrée du calculateur de quatre pas de 5 dB à partir du niveau de référence et on note chaque fois le niveau de pression acoustique indiqué par le calculateur. Pour les instruments de classe 2, on réduit le niveau d'entrée du calculateur de deux pas de 5 dB à partir du niveau de référence et on note le niveau de pression acoustique indiqué chaque fois par le calculateur. Dans tous les cas l'indication de l'instrument doit être correcte à  $\pm 0,2$  dB près.

At least in the frequency range of 45 Hz to 1 000 Hz, the testing device shall apply sound pressure to the two microphones at the same level within  $\pm 0,1$  dB and the phase angle difference, in degrees, between the two acoustic signals shall be less than

$$54,2^\circ \times \frac{f \times 10^{-6}}{1 \text{ Hz}}$$

where

$f$  is the frequency, in hertz.

### 10.3 *Sound intensity calibrators*

Calibrators for direct sound intensity calibration shall deliver to the probe microphones the simulated sound intensities specified by the manufacturer within a tolerance of  $\pm 0,5$  dB at a specified temperature, atmospheric pressure and nominal microphone separation.

Dependence on atmospheric pressure, temperature and humidity shall be stated by the manufacturer.

## 11 **Sound intensity processors: performance verification**

### 11.1 *Octave and one-third octave filters*

The filter attenuation characteristics of both channels of the processor shall be tested for compliance with the requirements of IEC 1260 (under consideration). The processor should be tested in pressure mode with sinusoidal input signals. One-third octave filter bands between 50 Hz and 6,3 kHz shall be tested. If only octave band filtering is implemented, octave bands from 63 Hz to 4 kHz shall be tested. Tolerances apply around reference attenuation or input (if, for example, the processor has a direct voltage reading facility, 1 V input becomes the reference value).

Linearity shall be tested in each of these bands by applying sinusoidal input signals to the processor in pressure mode. Set the processor for microphone sensitivities of 12 mV/Pa, or the nearest available setting. Set the processor to indicate 100 dB full-scale indication, or the highest full-scale range available if this is lower than 100 dB. Adjust the input to the processor to give an output 22 dB lower than that which causes an overload indication in the processor. Record the sound pressure level indicated by the processor at this reference point. Increase the input to the processor in four steps of 5 dB and record the sound pressure level indicated by the processor after each step. For class 1 instruments reduce the input to the processor in four steps of 5 dB from the reference point and record the sound pressure level indicated by the processor after each step. For class 2 instruments reduce the input to the processor in two steps of 5 dB from the reference point and record the sound pressure level indicated by the processor after each step. The indication of the instrument shall be correct within  $\pm 0,2$  dB at each step.

Si l'instrument comporte une pondération A, la conformité de celle-ci aux prescriptions de 6.3 doit être vérifiée pour les fréquences médianes des bandes.

### 11.2 Indication de l'intensité acoustique

Les essais sont effectués électriquement, en envoyant simultanément dans les deux canaux des signaux sinusoïdaux produits par un bi-générateur, la différence de phase entre les deux signaux étant connue avec précision. Les niveaux des signaux d'essai doivent être identiques à  $\pm 0,1$  dB près et choisis de façon à représenter des niveaux de pression acoustique inférieurs de 20 dB à l'indication pleine échelle du domaine approprié. Les essais sont effectués aux fréquences 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz et 4 kHz. On place l'instrument en mode pression et on note les indications moyennes des niveaux de pression acoustique dans les bandes d'octave ou de tiers d'octave. On place le calculateur en mode intensité et on calcule l'intensité pour un espacement de sonde de 10 mm à 100 mm, et si possible pour une pression atmosphérique de 101,3 kPa et une température de 20 °C. On règle l'angle de phase  $\alpha$ , en degrés, entre les signaux d'entrée à la valeur

$$\alpha = \frac{dr \times f \times 360^\circ}{c \times 10^{1,2}}$$

où

$dr$  est l'espacement des microphones, en mètres;

$f$  est la fréquence, en hertz;

$c$  est la célérité du son dans les conditions de référence, en mètres par seconde (343,37).

Le déphasage angulaire entre les deux signaux d'entrée doit être connu à  $\pm 2$  % près lorsqu'on vérifie des instruments de classe 1 et à  $\pm 3,5$  % près lorsqu'on vérifie des instruments de classe 2. On note l'intensité indiquée par le calculateur. On échange les deux entrées du calculateur et on note la nouvelle intensité indiquée. La moyenne  $\overline{L_1}$  des deux niveaux d'intensité indiqués doit être donnée par  $\overline{L_1} = L_p - 12,15$  dB, à l'intérieur des tolérances données au tableau 1 sous la rubrique «exactitude de l'indicateur».

Avec le même signal d'entrée, une modification dans le réglage de l'espacement des microphones doit entraîner une modification de l'indication en décibels de l'intensité acoustique de  $10 \lg (dr_1/dr_2)$  où  $dr_1$  et  $dr_2$  correspondent aux espacements primitif et final des microphones. La modification de l'indication doit se trouver à l'intérieur des tolérances données dans le tableau 1 sous la rubrique «exactitude dans le réglage d'espacement des microphones».

NOTE – Les signaux électriques comportant un déphasage angulaire exactement connu peuvent être produits par un générateur à un canal et un circuit RC décrit dans l'annexe D.

### 11.3 Durée d'intégration

Le calculateur étant en mode pression, on applique simultanément aux deux entrées un signal sinusoïdal de 6,3 kHz (ou de 4 kHz si le calculateur ne dispose que d'une analyse par octave). On intègre le signal pendant une durée  $T$ , égale à la durée maximale prescrite par la présente norme et indiquée dans le tableau 1 pour la classe de calculateur concernée et on note l'indication en décibels  $L_1$ . On applique ensuite le même signal pendant une durée égale à  $T/10$ , tout en continuant à intégrer le signal pendant la durée  $T$ . On note le résultat  $L_2$ . On doit avoir  $L_2 = L_1 - 10$  dB à  $\pm 0,3$  dB près pour les calculateurs de classe 1 et à  $\pm 0,5$  dB près pour les calculateurs de classe 2 et 2X.

A-weighting, if provided, shall be verified at the band centre frequencies for compliance with 6.3 above.

### 11.2 *Sound intensity indication*

Test the processor electrically, with sinusoidal signals fed into the two channels simultaneously from a generator system which provides an accurately known phase difference between the two signals. The test signal levels shall be the same ( $\pm 0,1$  dB), and chosen to represent sound pressure levels 20 dB below full-scale indication of a convenient range. Use test frequencies of 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz and 4 kHz. Set the instrument to read sound pressure level in octave or one-third octave bands, average the signal and record this reading. Set the processor to intensity mode, calculating intensity for a probe separation of 10 mm to 100 mm, and, if possible, calculating for an atmospheric pressure of 101,3 kPa and a temperature of 20 °C. Set the phase angle  $\alpha$ , in degrees, between the input signals to be

$$\alpha = \frac{dr \times f \times 360^\circ}{c \times 10^{1,2}}$$

where

$dr$  is the microphone separation, in metres;

$f$  is the frequency, in hertz; and

$c$  is the speed of sound at reference conditions, in metres per second (343,37).

The phase angle between the two inputs shall be accurately known to  $\pm 2$  % when verifying class 1 instruments and  $\pm 3,5$  % when verifying class 2 instruments. Record the intensity indicated by the processor. Interchange the two inputs to the processor and record the new intensity indicated by the processor. The mean of the two recorded intensity levels shall be  $\overline{L}_1 = L_p - 12,15$  dB within the tolerance in table 1 for "indicator accuracy".

With the same input signal, a change in the probe microphone separation setting shall result in a change of sound intensity reading of  $10 \lg (dr_1/dr_2)$  dB where  $dr_1$  and  $dr_2$  are the original and subsequent microphone separation settings. The change of reading shall be within the tolerances for "microphone separation setting accuracy" in table 1.

NOTE – Electrical signals with accurately known phase differences can be generated by a single channel generator and the RC networks described in annex D.

### 11.3 *Time averaging*

With the processor in pressure mode, apply a 6,3 kHz sinusoidal signal (or 4 kHz if the processor only has one octave analysis) simultaneously to both inputs. Average the signal for a time  $T$ , equal to the longest averaging time required by this Standard for the class of processor (see table 1), and record the result  $L_1$ . Then apply the signal for a time  $T/10$  while still averaging for a time  $T$  and record the result  $L_2$ . The two results shall be related by  $L_2 = L_1 - 10$  dB within  $\pm 0,3$  dB for class 1 processors and  $\pm 0,5$  dB for class 2 and 2X processors.

On applique le signal précédent pendant une durée égale à  $T/10$  et on intègre pendant une durée  $T/4$ . Le nouveau résultat  $L_3$  doit être relié à  $L_1$  par:  $L_3 = L_1 - 4$  à l'intérieur des tolérances ci-dessus.

#### 11.4 *Aptitude à la mesure des signaux impulsionnels*

Le calculateur étant en mode pression, on applique un signal sinusoïdal permanent de 2 kHz que l'on intègre pendant une durée  $T$  telle que  $30 \text{ s} \leq T \leq 36 \text{ s}$  et on note le résultat en décibels  $L_1$ . On applique ensuite une série de salves de signaux de 24 kHz et 4 ms de durée avec une fréquence de récurrence des salves de 20 Hz. Chaque salve doit commencer et se terminer au passage du signal par zéro et comprendre huit périodes complètes, l'amplitude crête des signaux étant la même que celle du signal permanent. On intègre le signal pendant la durée  $T$  et on note le résultat  $L_2$  dans la bande d'octave centrée sur 2 kHz.

On doit avoir:  $L_2 = L_1 - 11 \text{ dB}$  à  $\pm 0,3 \text{ dB}$  près pour les calculateurs de classe 1 et à  $\pm 0,5 \text{ dB}$  près pour les calculateurs de classe 2.

On répète l'essai avec des salves de 8 ms de durée (16 périodes complètes) et une fréquence de récurrence de 10 Hz. On doit retrouver la même relation entre les résultats.

Si le calculateur ne dispose pas de filtre d'octave centré sur 2 kHz, l'essai précédent doit être effectué avec la bande de tiers d'octave centrée sur 2 kHz. Dans ce cas, on doit avoir:  $L_2 = L_1 - 11,3$  à l'intérieur des tolérances indiquées ci-dessus.

#### 11.5 *Ecart de champ résiduel et domaine de fonctionnement*

On place le calculateur en mode pression et intensité acoustique, le calcul de l'intensité étant effectué pour un espacement de sonde de 25 mm (ou la valeur la plus proche possible) et si possible pour une pression atmosphérique de 101,3 kPa et une température de 20 °C. On règle le calculateur pour une efficacité des microphones de 12 mV/Pa ou pour la valeur la plus proche possible.

On applique aux deux canaux du calculateur par l'intermédiaire d'un atténuateur étalonné un signal électrique de bruit rose présentant un facteur de crête au moins égal à 4. Le signal peut être limité à une bande de fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz. On règle le calculateur sur l'indication pleine échelle de 140 dB ou sur l'indication pleine échelle la plus élevée possible si celle-ci est inférieure à 140 dB. On ajuste le niveau du signal d'entrée du calculateur de manière à obtenir un signal de sortie inférieur de 2 dB au niveau correspondant à l'indication de surcharge.

On détermine l'écart de champ résiduel en intégrant le signal pendant une durée de 60 s au minimum et en calculant cet écart d'après les indications de pression et d'intensité acoustique données par le calculateur.

On réduit le niveau d'entrée des signaux de 10 dB, et sans changer la gamme de sensibilité du calculateur, on détermine l'écart de champ résiduel.

On réduit l'indication pleine échelle du calculateur de 10 dB et sans changer le niveau du signal d'entrée, on détermine l'écart de champ résiduel.

Apply the signal for a time  $T/10$  and average for a time  $T/4$ , record the result  $L_3$ .  $L_1$  and  $L_3$  shall be related by  $L_3 = L_1 - 4$  dB within the above tolerances.

#### 11.4 Crest factor handling

With the processor in pressure mode, apply a steady 2 kHz sinusoidal signal, average for a time  $T$ , where  $30 \text{ s} \leq T \leq 36 \text{ s}$ , and record the result in decibels  $L_1$ . Then apply a series of 2 kHz tone bursts, of 4 ms duration, with a burst repetition rate of 20 Hz. Each burst shall start and end at zero, include eight complete cycles, and have the same peak amplitude as the steady signal. Average this signal for a time  $T$  and record the result  $L_2$  for the 2 kHz octave band.

$L_1$  and  $L_2$  shall be related by  $L_2 = L_1 - 11$  dB within  $\pm 0,3$  dB for class 1 processors and  $\pm 0,5$  dB for class 2 processors.

Repeat the test with tone burst durations of 8 ms (16 complete cycles) and a burst repetition rate of 10 Hz where the same relationship exists.

If a 2 kHz octave band filter is not available in the processor, tests shall be made with the 2 kHz one-third octave band filter. In which case  $L_1$  and  $L_2$  shall be related by  $L_2 = L_1 - 11,3$  dB within the above tolerances.

#### 11.5 Pressure-residual intensity index and operating range

Set the processor to indicate sound pressure and sound intensity, calculating intensity for a probe separation of 25 mm (or nearest available), and, if possible, calculating for an atmospheric pressure of 101,3 kPa and a temperature of 20 °C. Set the processor for microphone sensitivities of 12 mV/Pa, or the nearest available setting.

Apply a pink noise electrical signal with a peak to rms ratio of at least 4, into both channels of the processor, through a calibrated step attenuator. The signal may be band limited from 20 Hz to 20 kHz. Set the processor to indicate 140 dB full-scale indication or the highest full-scale range available if this is lower than 140 dB. Adjust the input to the processor to give an output 2 dB lower than that which causes an overload indication in the processor.

Determine the pressure-residual intensity index by averaging the signal for at least 60 s and calculating it from the pressure and intensity indications on the processor.

Reduce the input signal by 10 dB, and without changing the processor range, determine the pressure-residual intensity index.

Reduce the full-scale indication of the processor by 10 dB and without changing the input signal, determine the pressure-residual intensity index.

On répète la procédure en réduisant successivement le niveau des signaux d'entrée et l'indication pleine échelle du calculateur, en notant chaque fois l'écart de champ résiduel, jusqu'au moment où cet écart ne satisfait plus aux prescriptions du tableau 2 dans n'importe quelle bande de fréquences.

Le domaine de fonctionnement du calculateur est donné par la différence entre la moyenne arithmétique de l'ensemble des niveaux de pression acoustique par bandes, mesurés avec le signal d'entrée le plus élevé possible et la moyenne arithmétique de l'ensemble des niveaux de pression acoustique par bandes, mesurés avec le plus faible signal d'entrée pour lequel les prescriptions concernant l'écart de champ résiduel sont satisfaites.

## 12 Vérification des caractéristiques des sondes d'intensité acoustique

En ce qui concerne ces essais, on entend par «sonde» l'ensemble du dispositif de sonde qui permet le positionnement mécanique des microphones, ainsi que tous les éléments essentiels au fonctionnement de la sonde.

Pour les essais suivants, s'il n'existe pas de calculateur de classe 1 susceptible d'être utilisé avec une sonde particulière de classe 2, on peut utiliser un calculateur de classe 2.

### 12.1 Réponse en fréquence

On relie la sonde à un calculateur de classe 1 convenant à la sonde, et on ajuste la sensibilité du système complet à l'aide du dispositif d'étalonnage spécifié par le constructeur de la sonde, conformément aux indications du constructeur.

On oriente la sonde dans un champ acoustique de façon que les ondes progressives planes se propagent suivant la direction de référence. On détermine la réponse en intensité acoustique en champ libre et la réponse de chacun des microphones par comparaison avec un microphone dont la réponse en champ libre est connue.

On détermine les réponses, pour chaque configuration de la sonde, à des intervalles de tiers d'octave, dans le domaine des fréquences comprises entre 500 Hz et 6,3 kHz, en excluant les fréquences situées en dehors du domaine de fréquences indiqué par le constructeur. Les réponses doivent satisfaire aux prescriptions du tableau 3.

Etant donné que la réponse en intensité acoustique de la sonde n'est pas mesurée à 250 Hz, la formule de 7.3 peut être utilisée pour calculer la réponse nominale correspondant à une fréquence située dans le domaine de mesure. Les tolérances du tableau 3 sont toujours valables.

#### NOTES

1 Les essais peuvent être effectués en utilisant des signaux sinusoïdaux permanents ou des salves obtenues au moyen de portes électroniques. L'utilisation de signaux sinusoïdaux continus exige une qualité très grande de la salle anéchoïque dans laquelle les essais sont effectués, et peut se révéler impossible. Les essais peuvent également être effectués en bruit rose, auquel cas les exigences sur la qualité de la salle anéchoïque sont moins sévères. Il convient que la source soit petite par rapport à la distance de mesure. Par exemple pour un diamètre de source de 25 mm, la distance optimale entre la source et la sonde est de 250 mm à 350 mm.

2 Si les sondes de ce type sont soumises à la procédure de vérification périodique décrite dans l'annexe A, il peut être nécessaire de déterminer la différence entre les réponses de microphones mesurées dans cet essai et celles qui sont déterminées à l'aide d'une grille d'entraînement ou un calibre de pression acoustique utilisés pour les essais décrits en A2.2.

Repeat the procedure of reducing the input signal, determining the pressure-residual intensity index reducing the full-scale indication, determining the pressure-residual intensity index etc. until a pressure-residual intensity index determination, in any band, fails to meet the requirements of table 2.

The difference between the arithmetic mean of the set of band sound pressure levels, measured with the highest input signal, and the arithmetic mean of the set of band sound pressure levels measured with the lowest input signal where the requirements for pressure-residual intensity were met, is the operating range of the processor.

## 12 Sound intensity probes: performance verification

For the purpose of these tests, "the probe" means that part of the probe assembly which mechanically locates the microphones, together with any components essential to the probe operation.

In the following tests, if no class 1 processor suitable for use with a particular class 2 probe exists, then a class 2 processor may be used.

### 12.1 Frequency response

Connect the probe to a class 1 processor appropriate to the probe and adjust the sensitivity of the complete system using the calibration device specified by the probe manufacturer, in accordance with the manufacturer's instructions.

Align the probe in a sound field so that plane progressive waves are incident on it from the reference direction. Determine the free-field sound intensity response of the probe and the responses of the individual microphones, by comparison with a microphone of known free-field response.

Determine the responses, for each configuration of the probe, at one-third octave intervals in the frequency range 500 Hz to 6,3 kHz excluding any frequencies outside the range of operation claimed by the manufacturer. The responses shall comply with the requirements of table 3.

As the sound intensity response of the probe is not measured at 250 Hz, the formula in 7.3 above may be used to calculate the nominal response relative to a frequency which is in the measurement range. The tolerances of table 3 will still apply.

#### NOTES

1 Testing may be carried out using continuous sinusoidal signals, or tone bursts gated electronically into the processor. The use of continuous sinusoidal signals places extreme demands on the quality of the free-field chamber in which testing is carried out, and may not be practicable. Alternatively, testing may be carried out using pink noise, in which case the demands on the quality of the free-field room are less severe. The source should be small compared to the measurement distance, e.g. for a source diameter of 25 mm the optimum distance between the source and the probe is 250 mm to 350 mm.

2 If probes of this type will be the subject of the periodic verification procedures in annex A, then it may be necessary to determine the difference between the microphone responses measured in this test and those determined by any actuator or sound pressure calibrator to be used for the test in A2.2

### 12.2 *Caractéristiques directionnelles*

La caractéristique directionnelle est obtenue en mesurant la réponse en intensité acoustique de la sonde par la méthode décrite précédemment, mais pour des ondes qui se propagent dans des directions autres que la direction de référence.

On détermine la réponse directionnelle en intensité acoustique dans les plans ZX et ZY (tels qu'ils sont définis dans les figures 3 et 4) en mesurant ces réponses pour des angles de  $\pm 30^\circ$  et  $\pm 60^\circ$  par rapport à la direction de référence.

On détermine les angles correspondant à la réponse minimale, soit en faisant tourner la sonde dans le champ soit en effectuant des mesures pour des angles situés autour de  $90^\circ$  et  $270^\circ$  et en interpolant.

La sonde doit satisfaire aux prescriptions de 7.4.

### 12.3 *Caractéristiques dans un champ d'ondes stationnaires*

Cet essai ne concerne que les sondes destinées à fonctionner à des fréquences inférieures à 400 Hz.

On relie la sonde à un calculateur de classe 1 convenant à la sonde et on ajuste la sensibilité du système complet en utilisant le dispositif d'étalonnage spécifié par le constructeur de la sonde, conformément aux indications du constructeur.

L'essai s'effectue dans un champ d'ondes stationnaires planes. On utilise un champ qui présente un rapport d'ondes stationnaires de  $24 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  pour les sondes de classe 1 et de  $20 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  pour les sondes de classe 2, à la fréquence de 125 Hz ou à la fréquence de fonctionnement la plus basse indiquée par le constructeur, si celle-ci est supérieure à 125 Hz et inférieure à 400 Hz. On oriente la sonde de façon que son axe soit perpendiculaire au front d'onde et on la déplace dans le champ acoustique dans une direction parallèle à son axe sur une distance de  $0,75 \lambda$  au moins, où  $\lambda$  est la longueur d'onde du son. On note l'intensité acoustique indiquée par le calculateur tous les  $0,05 \lambda$  ou moins. L'intensité acoustique indiquée doit rester constante à l'intérieur des tolérances données en 7.5.

NOTE – L'essai peut être effectué dans un tube à ondes stationnaires dont la longueur n'est pas inférieure à  $0,8 \lambda$ , en utilisant la portion de tube qui se trouve la plus proche du fond. Le rapport d'onde stationnaire nécessaire peut être obtenu en utilisant un fond rigide recouvert d'une couche de matériau absorbant comme la fibre de verre. Pour assurer la propagation en ondes uniquement planes, le diamètre du tube ne devra pas excéder  $0,35 \lambda$ , mais en même temps, l'aire de la section droite du tube devra être au moins 10 fois plus grande que l'aire maximale de la coupe transversale de la sonde soumise aux essais. Il y a lieu de minimiser les vibrations des parois du tube pour éviter de perturber le champ et de prendre des précautions pour empêcher un couplage vibratoire avec la sonde.

### 12.4 *Ecart de champ résiduel*

On relie la sonde à un calculateur de classe 1 convenant à la sonde et on ajuste la sensibilité du système complet à l'aide du dispositif d'étalonnage spécifié par le constructeur de la sonde, conformément aux indications du constructeur.

On détermine l'écart de champ résiduel à des intervalles de tiers d'octave dans le domaine des fréquences comprises entre 50 Hz et 6,3 kHz, en excluant les fréquences situées en dehors du domaine de fonctionnement indiqué par le constructeur. L'essai peut

## 12.2 *Directional response*

The directional response is found by measuring the intensity response of the probe by the above method, but with the sound incident from directions other than the reference direction.

Determine the sound intensity directional response in the ZX and ZY planes (as defined in figures 3 and 4) by measuring the response at angles of  $\pm 30^\circ$ , and  $\pm 60^\circ$  from the reference direction.

Determine the angles of minimum response, either by observation as the probe is rotated in the field, or making measurements around  $90^\circ$  and  $270^\circ$  and interpolating.

The probe shall comply with the requirements of 7.4 above.

## 12.3 *Performance in a standing wave field*

This test is only required for probes designed to operate at frequencies below 400 Hz.

Connect the probe to a class 1 processor appropriate to the probe and adjust the sensitivity of the complete system using the calibration device specified by the probe manufacturer, in accordance with the manufacturer's instructions.

Test the performance of the probe in a plane standing wave field. Use a standing wave ratio of  $24 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  for class 1 probes and a standing wave ratio of  $20 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  for class 2 probes, at a frequency of 125 Hz, or the lowest frequency of operation claimed by the manufacturer, if this is higher than 125 Hz and lower than 400 Hz. Align the probe so that its axis is perpendicular to the wave fronts and move it, relative to the sound field, in a direction parallel to its axis for a distance of at least  $0,75 \lambda$ , where  $\lambda$  is the wavelength of the sound. Record the sound intensity indicated by the processor at increments of  $0,05 \lambda$  or less. The indicated sound intensity shall be constant within the tolerances given in 7.5 above.

NOTE – This test may be carried out in a standing wave tube of length not less than  $0,8 \lambda$ , using the section of the tube closest to the termination. The necessary standing wave ratio may be achieved by using a hard termination covered by an appropriate layer of damping material such as glass fibre. To ensure plane wave propagation only, the diameter of the tube should not exceed  $0,35 \lambda$ , but at the same time the cross-sectional area of the tube should be at least 10 times greater than the maximum cross-sectional area of the probe under test. Vibration of the tube wall should be minimized to avoid affecting the field, and care should be taken to prevent the coupling of vibration to the probe.

## 12.4 *Pressure-residual intensity index*

Connect the probe to a class 1 processor appropriate to the probe and adjust the sensitivity of the complete system using the calibration device specified by the probe manufacturer, in accordance with the manufacturer's instructions.

Determine the pressure-residual intensity index at one-third octave intervals in the frequency range 50 Hz to 6,3 kHz, excluding any frequencies outside the range of operation claimed by the manufacturer. This may be carried out by the application of

être effectué en appliquant deux signaux acoustiques de bruit rose aux microphones de la sonde, ou en simulant de tels signaux de bruit rose identiques à l'aide de grilles d'entraînement électrostatique excitées par la même source de bruit électrique. L'essai au moyen de la grille n'est pas valable en dessous de 500 Hz, aussi est-il nécessaire d'utiliser une source acoustique pour les fréquences basses. Le calculateur doit présenter lui-même un écart de champ résiduel supérieur de plus de 5 dB à celui de la sonde pour toutes les bandes de tiers d'octave essayées. L'écart de champ résiduel de la sonde doit satisfaire aux prescriptions du tableau 2.

### 13 Vérification des caractéristiques des calibreurs

#### 13.1 Calibreurs de pression acoustique

On mesure la pression acoustique fournie par le calibreur couplé à un microphone dont l'efficacité est traçable par rapport aux étalons nationaux. Il est recommandé que ce microphone présente les mêmes dimensions et les mêmes propriétés acoustiques que les microphones destinés à être utilisés avec le calibreur.

La stabilité, la fréquence et la distorsion du signal acoustique produit par le calibreur doivent être mesurées conformément aux indications de la CEI 942.

Les résultats des mesures doivent être conformes aux prescriptions de la CEI 942.

#### 13.2 Dispositifs d'essai de l'intensité résiduelle

On utilise deux microphones avec lesquels le calibreur est destiné à être utilisé. On couple les dispositifs aux entrées des microphones et on mesure le déphasage entre leurs signaux de sortie dans le domaine de fréquences fourni par le dispositif. On mesure le niveau de pression acoustique dans un des canaux. Sans modifier les réglages de l'instrument de mesure et en laissant les microphones reliés aux mêmes préamplificateurs et aux mêmes signaux de mesure, on permute les microphones dans le dispositif et on répète la mesure. On mesure le niveau de pression acoustique dans le même canal que précédemment.

La différence entre les deux déphasages est égale au double du déphasage entre les deux signaux acoustiques fournis par le dispositif.

Les prescriptions de 10.2 doivent être satisfaites.

NOTE – Le déphasage peut être déterminé à l'aide d'un calculateur d'intensité acoustique qui présente un écart de champ résiduel supérieur de 5 dB à celui qui est requis pour un calculateur de classe 1. Le déphasage est calculé d'après une mesure de l'intensité résiduelle.

#### 13.3 Calibreurs d'intensité acoustique

Un calibreur d'intensité acoustique fonctionne en fournissant à la sonde des signaux acoustiques qui ont le même niveau mais des phases différentes. Le déphasage est réglé à la valeur que l'on obtiendrait avec une sonde ayant un écartement nominal donné dans un champ d'ondes progressives planes.

On mesure les pressions acoustiques  $p_1$  et  $p_2$  produites dans chaque orifice du calibreur à l'aide d'un microphone dont l'efficacité est traçable par rapport aux étalons nationaux. Pendant les mesures, il convient que les deux orifices soient couplés à des microphones présentant les mêmes dimensions et les mêmes propriétés acoustiques que les microphones destinés à être utilisés avec le calibreur.

identical acoustical pink noise signals to the microphones of the probe, or by simulating identical acoustical pink noise signals to the microphones using electrostatic actuators driven from the same electrical noise source. The actuator test is not valid below 500 Hz, so it is necessary to use an acoustical source for low frequencies. The processor shall itself have a pressure-residual intensity index more than 5 dB greater than the probe in every one-third octave band tested. The pressure-residual intensity index of the probe shall comply with the requirements of table 2.

### 13 Calibrators: performance verification

#### 13.1 *Sound pressure calibrators*

Measure the sound pressure generated in the calibrator with a microphone whose sensitivity is traceable to national standards. The microphone should be of the same dimensions and acoustical properties as the microphones intended for use in the calibrator.

Measure the stability, frequency, and distortion of the acoustical signal as defined in IEC 942.

Check that the above measurements are within the requirements of IEC 942.

#### 13.2 *Residual intensity testing devices*

Use a pair of microphones for which the device is intended. Insert them into the microphone ports and measure the phase difference between their outputs in the frequency range provided by the device. Measure the sound pressure level in one channel. With the measuring instrument in the same setting, and the microphones connected to the same preamplifiers and measuring channels, interchange the microphones in the device and repeat the measurement. Measure the sound pressure level in the same channel as before.

The difference between the two phase angle differences is twice the phase angle difference between the two acoustic signals of the device.

The requirements of 10.2 above shall be met.

NOTE – The phase difference may be determined by a sound intensity processor that has a pressure-residual intensity index 5 dB greater than that required for a class 1 processor. The phase difference is calculated from a measurement of residual intensity.

#### 13.3 *Sound intensity calibrators*

A sound intensity calibrator provides acoustical signals to the probe that are equal in level but different in phase. The phase difference is set to that which would be experienced by a probe of given nominal separation in a plane progressive wave.

Measure the sound pressure generated in each port of the calibrator ( $p_1$  and  $p_2$ ) with a microphone whose sensitivity is traceable to national standards. During the measurements, both ports should be occupied by microphones of the same dimensions and acoustical properties as the microphones intended for use in the calibrator.

Pour mesurer le déphasage  $\beta$  entre les orifices, on utilise deux microphones appariés avec lesquels le calibre est destiné à être utilisé. On introduit ces microphones dans les orifices et on mesure le déphasage entre les signaux de sortie à la fréquence du calibre. Sans modifier les réglages de l'instrument de mesure, et en laissant les microphones reliés aux mêmes préamplificateurs et aux mêmes canaux de mesure, on permute les microphones dans le calibre et on répète la mesure. La différence entre les deux déphasages est égale au double du déphasage entre les deux orifices.

Le niveau d'intensité acoustique simulé par le calibre est:

$$10 \lg \frac{\rho_1 \rho_2 \sin \beta}{2 \pi f \rho dr 10^{-12}} \text{ dB}$$

où

$dr$  est l'espacement de la sonde avec laquelle le calibre est destiné à être utilisé, en mètres

$f$  est la fréquence du calibre, en hertz

$\rho$  est la masse volumique de l'air dans les conditions ambiantes, en kilogrammes par mètre cube.

Cette valeur doit correspondre à celle qui est spécifiée par le constructeur (après application éventuelle de corrections indiquées par le constructeur) à l'intérieur des tolérances données en 10.3.

#### 14 Etalonnage et vérification *in situ*

La procédure suivante doit être appliquée avant chaque utilisation d'un instrument pour la mesure de l'intensité acoustique afin de vérifier qu'un instrument qui a subi un essai de type et une vérification fonctionne encore correctement.

- a) On laisse l'appareil se mettre en température selon les indications du constructeur.
- b) On met l'instrument en mode pression acoustique et on applique alternativement ou simultanément le calibre de pression acoustique sur les deux microphones de la sonde et on ajuste l'instrument de façon qu'il indique à  $\pm 0,1$  dB près la pression acoustique correcte dans les deux canaux.
- c) On applique le dispositif d'essai d'intensité résiduelle aux deux microphones et on mesure l'écart de champ résiduel. On s'assure que l'instrument satisfait aux prescriptions de sa classe dans le domaine où le dispositif d'essai d'intensité résiduelle fonctionne. On peut appliquer une compensation de phase ou toute autre procédure recommandée par le constructeur pour améliorer ses caractéristiques. Il est préférable de procéder à la compensation de phase et à l'essai d'intensité résiduelle à un niveau proche du niveau d'utilisation.
- d) Si l'on dispose d'un calibre d'intensité acoustique, on l'utilise pour vérifier l'indication de l'intensité acoustique.

To measure the phase difference ( $\beta$ ) between the ports, use a pair of matched microphones for which the calibrator is intended. Insert them into the microphone ports and measure the phase difference between their outputs at the frequency of the calibrator. With the measuring instrument in the same setting, and the microphones connected to the same preamplifiers and measuring channels, interchange the microphones in the calibrator and repeat the measurement. The difference between the two phase angle differences is twice the phase angle difference between the two ports.

The sound intensity level simulated by the calibrator is:

$$10 \lg \frac{\rho_1 \rho_2 \sin \beta}{2 \pi f \rho dr 10^{-12}} \quad \text{dB}$$

where

$dr$  is the microphone separation in metres of the probe the calibrator is designed for

$f$  is the frequency of the calibrator in hertz, and

$\rho$  is the density of air at ambient conditions in kilograms per cubic metre.

This value shall agree with that specified by the manufacturer (after applying any corrections the manufacturer may require) within the tolerances given in 10.3 above.

#### 14 Field calibration and checks

The following procedure shall be followed before each use of a sound intensity instrument to check that an instrument which has undergone type test and verification is still operating correctly.

- a) The instrument shall be allowed to warm up according to the manufacturer's instructions.
- b) Set the instrument to sound pressure mode and apply the sound pressure calibrator to the two microphones in turn or simultaneously and adjust the instrument to the correct sound pressure indication ( $\pm 0,1$  dB) in both channels.
- c) Apply the residual intensity testing device to the two microphones and measure the pressure-residual intensity index and ensure that the instrument is within the requirements for its class in the range which the residual intensity testing device operates. Phase compensation and any other procedures recommended by the manufacturer for performance enhancement may be applied. Phase compensation and pressure-residual intensity testing should preferably be done at a level close to the level of use.
- d) If a sound intensity calibrator is available, use this to check the sound intensity indication.

## 15 Marquage et notices techniques

### 15.1 Marquage

Les sondes, les calculateurs, les instruments ou les calibreurs pour la mesure de l'intensité acoustique qui satisfont à la présente norme doivent posséder un marquage indiquant le numéro de la norme, son année de parution et la classe de l'instrument, le marquage doit comporter également le nom du constructeur, le numéro du modèle et le numéro de série.

### 15.2 Notices techniques

Des notices techniques comportant au moins les renseignements dont la liste est donnée ci-dessous doivent être fournies avec chacun des dispositifs.

#### 15.2.1 Sondes d'intensité acoustique

- a) Les modèles de transducteurs (par exemple microphones) pouvant être utilisés dans la sonde.
- b) La méthode d'installation de la sonde permettant d'obtenir les tolérances exigées pour la classe de sonde concernée.
- c) La position du point de référence, l'axe de la sonde et sa direction de référence.
- d) Le domaine de niveaux d'intensité et de pression acoustiques que la sonde est susceptible de mesurer à l'intérieur des tolérances de la présente norme.
- e) Les spécifications concernant toute alimentation extérieure nécessaire pour le fonctionnement de la sonde.
- f) Les impédances de charge minimales sur lesquelles la sonde doit être fermée pour respecter les tolérances de la présente norme.
- g) Les efficacités des transducteurs de la sonde.
- h) Le déphasage entre les canaux de la sonde.
- i) L'influence de la température (dans le domaine compris entre 10 °C et 50 °C) sur les caractéristiques de la sonde.
- j) L'influence de l'humidité dans le domaine de taux d'humidité relative compris entre 30 % et 90 %) sur les caractéristiques de la sonde.
- k) L'influence des champs électromagnétiques sur les caractéristiques de la sonde.
- l) L'influence sur les caractéristiques de la sonde de tout écran antivibratoire recommandé dans le domaine des fréquences comprises entre 45 Hz et 7,1 kHz.
- m) La procédure d'étalonnage nécessaire au maintien de l'exactitude de la sonde.
- n) Les réponses de la sonde en intensité et en pression acoustiques pour les ondes planes se propageant dans la direction de référence.
- o) La réponse directionnelle de la sonde.
- p) Les caractéristiques de la sonde dans un champ d'ondes stationnaires.
- q) L'écart de champ résiduel de la sonde.
- r) Des détails concernant les calibreurs de pression acoustique et les dispositifs d'essai d'intensité résiduelle qui satisfont aux prescriptions de cette norme et qui peuvent s'adapter aux sondes.

## 15 Marking and instruction manuals

### 15.1 *Marking*

A sound intensity probe, processor, instrument or calibrator that complies with this Standard shall be marked to show the number of this standard, the year of issue and the instrument class. It shall also be marked with the name of the manufacturer, the model number, and the serial number.

### 15.2 *Instruction manuals*

Instruction manuals for the various devices shall be supplied which shall include at least the information listed below.

#### 15.2.1 *Sound intensity probes*

- a) The models of transducer (e.g. microphones) which may be used in the probe.
- b) The method of probe mounting necessary to attain the tolerances required for that particular class of probe.
- c) The position of the reference point, the probe axis and the reference direction.
- d) The range of sound intensity and sound pressure levels which the probe is designed to measure within the tolerances of this standard.
- e) The specification for any external power supply required to operate the probe.
- f) The minimum electrical load impedances to which the probe must be connected for it to meet the tolerances of this standard.
- g) The sensitivities of the transducers in the probe.
- h) The phase difference between the probe channels.
- i) The effect of temperature (in the range 10 °C to 50 °C) on the performance of the probe.
- j) The effect of humidity (in the range 30 % to 90 % r.h.) on the performance of the probe.
- k) The effect of electromagnetic fields on the performance of the probe.
- l) For frequencies in the range 45 Hz to 7,1 kHz, the effect of any recommended wind-screen on the performance of the probe.
- m) The calibration procedure necessary to maintain the accuracy of the probe.
- n) The sound intensity and pressure responses of the probe for plane progressive waves incident in the reference direction.
- o) The directional response of the probe.
- p) The performance of the probe in a standing wave field.
- q) The pressure-residual intensity index of the probe.
- r) Details of sound pressure calibrators and residual intensity testing devices which meet the requirements of this standard and are suitable for use with the probe.

### 15.2.2 *Calculateurs d'intensité acoustique*

- a) Le domaine d'efficacités pour les transducteurs de la sonde susceptibles d'être acceptés par le calculateur.
- b) Les spécifications concernant toute alimentation des sondes disponible à partir du calculateur.
- c) Les impédances électriques d'entrée du calculateur.
- d) Le domaine de fréquences du calculateur.
- e) La classe des filtres du calculateur.
- f) Les pondérations fréquentielles disponibles.
- g) Le domaine de fonctionnement du calculateur.
- h) Le domaine de durées d'intégration disponibles.
- i) Les renseignements concernant l'utilisation de tout dispositif de compensation de phase.
- j) L'exactitude de l'indication de l'intensité acoustique.
- k) L'écart de champ résiduel du calculateur.

### 15.2.2 *Sound intensity processors*

- a) The range of probe transducer sensitivities which the processor is designed to accept.
- b) The specification of any probe power supplies available from the processor.
- c) The electrical input impedances of the processor.
- d) The frequency range of the processor.
- e) The class of filters in the processor.
- f) The frequency weightings provided.
- g) The operating range of the processor.
- h) The range of integration times provided.
- i) Instructions on the use of any phase compensation facility.
- j) The accuracy of the sound intensity indication.
- k) The pressure-residual intensity index of the processor.

## **Annexe A** (normative)

### **Procédures de vérification périodique**

Les essais de vérification décrits dans le texte principal de la norme concernent l'approbation de type; ils requièrent des installations d'essai importantes ainsi qu'une dépense de temps non négligeable. Les procédures plus simples décrites ci-après sont valables pour une vérification périodique. Si un instrument est soumis à une vérification primitive ou à une vérification périodique de conformité à la présente norme, les essais suivants doivent être effectués.

#### **A1. Calculateurs**

##### *A1.1 Filtrés d'octave et de tiers d'octave*

Essais effectués suivant 11.1.

##### *A1.2 Indication de l'intensité acoustique*

Essais effectués suivant 11.2, mais seulement à 1 kHz.

##### *A1.3 Durée d'intégration*

Le premier des essais décrits en 11.3.

##### *A1.4 Aptitude à la mesure des signaux impulsionnels*

Le deuxième des essais décrits en 11.4.

##### *A1.5 Ecart de champ résiduel et domaine de fonctionnement*

Essai effectué conformément à 11.5, mais qui doit commencer au niveau le plus bas acceptable dans l'approbation de type et qui doit être effectué à des niveaux plus élevés seulement si ce premier essai échoue.

#### **A2. Sondes**

##### *A2.1 Inspection*

Examen de la sonde et des microphones en vue de détecter des signes éventuels de corrosion, de détérioration ou de déformation mécaniques. Examen également de la membrane du microphone si celle-ci est accessible.

##### *A2.2 Réponse en pression des microphones*

On détermine la réponse en pression des microphones, soit à l'aide d'une grille d'entraînement dans le domaine des fréquences comprises entre 200 Hz et 7,1 kHz, cette

## **Annex A** (normative)

### **Periodic verification procedures**

Verification tests in the main document are intended for type approval; they require extensive test facilities and are time consuming. The following simplified procedures are suitable for periodic verification. If an instrument is subjected to periodic or initial verification for compliance with this standard then the following tests shall be performed.

#### **A1. Processors**

##### *A1.1 Octave and one-third octave filters*

All tests in 11.1.

##### *A1.2 Sound intensity indication*

The tests in 11.2 but only at 1 kHz.

##### *A1.3 Time averaging*

The first test in 11.3.

##### *A1.4 Crest factor handling*

The second test in 11.4.

##### *A1.5 Pressure-residual intensity index and operating range*

The test in 11.5, except that the test shall start at the lowest level which passed in the type approval and only be measured at higher levels if this first test fails.

#### **A2. Probes**

##### *A2.1 Inspection*

Examine the probe and microphones for signs of corrosion, mechanical damage, and deformation. Include an examination of the microphone diaphragm if it is accessible.

##### *A2.2 Microphone pressure response*

Determine the pressure response of the microphones either by an electrostatic actuator in the frequency range 200 Hz to 7,1 kHz, supplemented by sound pressure calibrators at

réponse étant complétée par un essai à l'aide d'un calibreur à 125 Hz et à 250 Hz, soit en utilisant un calibreur de pression acoustique multifréquence étalonné à des intervalles d'octaves compris entre 125 Hz et 6,3 kHz. On doit appliquer à la réponse obtenue à l'aide de la grille d'entraînement ou du calibreur les corrections correspondant à une utilisation de la sonde en champ libre. Ces corrections peuvent être fournies par le constructeur ou déterminées comme faisant partie de l'essai de 12.1. Les réponses des microphones doivent être à l'intérieur des tolérances données dans le tableau 3.

Si l'on ne dispose pas de grille d'entraînement ou de calibreur multifréquence pouvant s'adapter à la sonde, on doit effectuer les essais décrits en 12.1 pour déterminer les réponses de chaque microphone.

### **A2.3** *Ecart de champ résiduel*

On mesure l'écart de champ résiduel à l'aide d'un dispositif d'essai de l'intensité résiduelle ou par application simultanée du même bruit rose aux deux microphones au moyen de grilles d'entraînement. La sonde doit satisfaire aux prescriptions du tableau 2.

### **A3. Calibreurs**

Les essais doivent être effectués conformément aux paragraphes correspondants de l'article 13.

125 Hz and 250 Hz, or by using a calibrated multi-frequency sound pressure calibrator at octave intervals from 125 Hz to 6,3 kHz. Corrections of actuator or sound calibrator response to the response found when the probe is in a free field shall be applied. These corrections may be supplied by a manufacturer or determined as part of the test in 12.1. The microphone responses shall be within the tolerances given in table 3.

If no suitable actuator or multi-frequency calibrator for the probe is available then the test in 12.1 for the individual microphone responses is required.

### **A2.3** *Pressure-residual intensity index*

Measure the pressure-residual intensity index with a residual intensity testing device or by the simultaneous application of the same pink noise to both microphones via electrostatic actuators. The probe shall comply with the requirements of table 2.

### **A3. Calibrators**

Calibrators shall be tested according to the relevant subclause of clause 13.

## **Annexe B** (informative)

### **Calculateurs d'intensité acoustique à sélection automatique**

La grande majorité des calculateurs possède un dispositif de sélection automatique, conçu pour sélectionner automatiquement la gamme correspondant à l'exactitude maximale. Dans le cas des calculateurs d'intensité acoustique, ce dispositif assure le fonctionnement du calculateur dans la gamme pour laquelle l'écart de champ résiduel est optimal. Il convient d'utiliser ce dispositif chaque fois que cela est possible.

Lorsqu'on procède à des mesures d'intensité acoustique en des points répartis autour d'une source, il y a lieu de mettre en action le dispositif de sélection automatique avant d'effectuer les essais aux différents points.

Lorsqu'on procède à des mesures par balayage, il y a lieu de mettre en action le dispositif pour le point de l'aire explorée qui nécessite la gamme la plus élevée (la moins sensible) avant d'effectuer les mesures.

Il convient d'utiliser la même gamme de sensibilité pour les deux canaux.

## **Annex B**

(informative)

### **Sound intensity processors employing autoranging**

In the vast majority of processors an autoranging facility is available. It is designed to select, automatically, the most accurate range. In the case of sound intensity processors, it normally ensures the operation of the processor in the range of optimal pressure-residual intensity index. It should be used whenever possible.

In the case of fixed point sound intensity measurements around a source, autorange should be actuated prior to making the measurement at every point.

In the case of scanning, autoranging should be activated at the point where the highest range (least sensitive) in a sub-area is required, prior to making scanned surface measurements.

Equal ranging should be given to both channels.

### Annexe C (informative)

#### Calculateurs d'intensité acoustique basés sur des analyseurs à transformée de Fourier discrète convertissant des bandes étroites en bandes d'octave ou de tiers d'octave

Les analyseurs à transformée de Fourier discrète ou rapide effectuent numériquement des analyses en bandes étroites, normalement avec un nombre déterminé de lignes spectrales (par exemple 400) où chaque «ligne» correspond à un filtre de largeur de bande étroite.

Le domaine de fréquences couvert s'étend du continu ou d'une fraction de hertz à une fréquence plus élevée, qui, en ce qui concerne ce document, est située dans le domaine des fréquences audibles.

Un analyseur peut couvrir les domaines de fréquences suivants: 0 Hz à 100 Hz; 0 Hz à 1 kHz; 0 Hz à 10 kHz; 0 Hz à 20 kHz. Ainsi avec une capacité de 400 «lignes», chaque ligne spectrale correspond à un filtre dont la bande passante est de 100/400 Hz pour un domaine de 0 Hz – 100 Hz ou une bande passante de 1 000/400 Hz pour un domaine de 0 kHz à 1 kHz, la largeur de bande dépendant du type de «fenêtre» utilisé.

Dans beaucoup d'analyseurs rencontrés couramment, le fonctionnement en temps réel ne peut être possible que pour les domaines s'étendant jusqu'à 1 kHz ou 2 kHz, ce qui entraîne des coupures dans les données d'entrée à analyser lorsque l'on opère dans des domaines de fréquences plus élevées. Un exemple en est donné à la figure C.1.

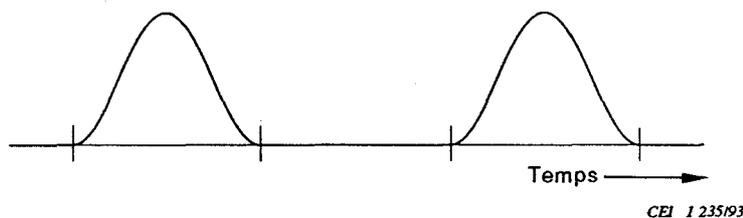


Figure C.1 – Illustration de l'utilisation d'une fenêtre de Hanning lorsqu'on n'opère pas en temps réel

Même dans le domaine du temps réel, lorsqu'on utilise une «fenêtre de Hanning» (pratique courante pour convertir les bandes étroites en bandes de fractions d'octaves), quelques données sont perdues ou ne sont pas prises complètement en compte. Un exemple en est donné à la figure C.2.

## Annex C (informative)

### Sound intensity processors based on DFT analysers converting narrow bands to octave or one-third octave

DFT (Discrete Fourier Transform) or FFT (Fast Fourier Transform) analysers perform narrow band analyses digitally, normally with a fixed number of spectral lines (e.g. 400) where each "line" corresponds to a filter of narrow bandwidth.

The frequency range covered is from d.c. or a fraction of 1 Hz to a higher frequency, which, for the purpose of this document, is in the audio frequency range.

An analyser may offer the following frequency ranges: 0 Hz to 100 Hz, 0 kHz to 1 kHz, 0 kHz to 10 kHz, 0 kHz to 20 kHz. Then with a 400 "line" capability, each spectral "line" would correspond to a filter of 100/400 Hz bandwidth in the 0 Hz to 100 Hz range, or 1 000/400 Hz bandwidth in the 0 kHz to 1 kHz range, with effective bandwidth being dependent on type of window used.

In many analysers in current use, real time operation may only be available in ranges up to 1 kHz or 2 kHz, resulting in gaps in input data being analysed when operating in higher frequency ranges. An example is shown in figure C.1.

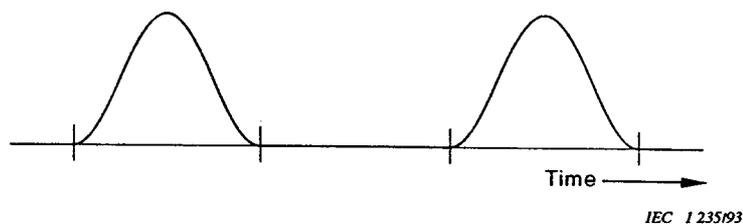


Figure C.1 – Illustration of the use of a Hanning window not in real time

Even in the real time range, when a Hanning window is used (normal practice for converting narrow bands to fractional octaves) some data are lost or not fully taken into account. An example is shown in figure C2.

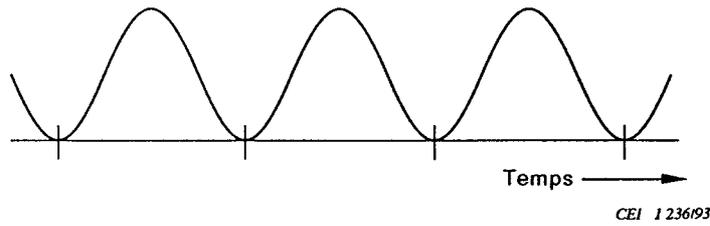


Figure C.2 – Illustration de l'utilisation d'une fenêtre de Hanning lorsqu'on opère en temps réel

Un tel processus peut ne pas être nuisible pour une analyse correcte de signaux permanents, mais peut entraîner des erreurs lorsque les signaux présentent une périodicité semblable à celle des fenêtres de Hanning.

Dans un certain nombre d'analyseurs on utilise un processus d'«entrelacement» qui permet de réduire le problème. Un exemple en est donné à la figure C.3.

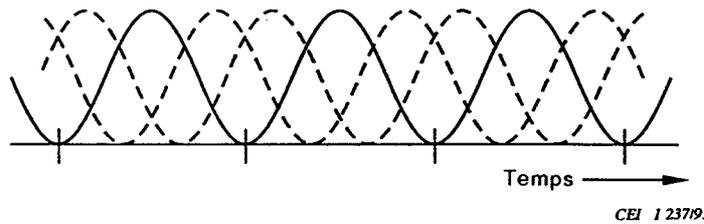
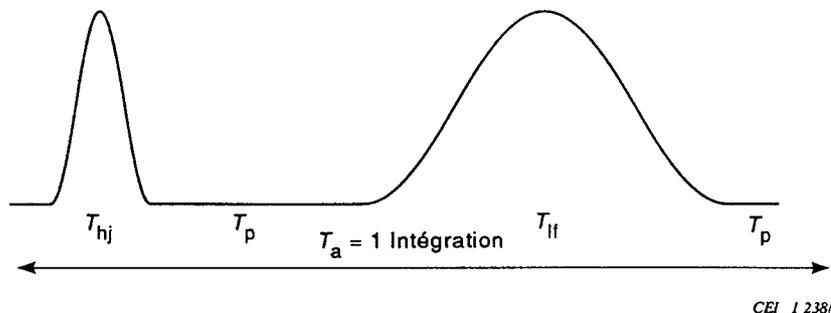


Figure C.3 – Illustration de l'utilisation d'une fenêtre de Hanning lorsqu'on opère en temps réel avec entrelacement

Dans la conversion des bandes étroites en bandes de fractions d'octave, 5 à 10 lignes ou 5 à 10 bandes étroites (ou plus) sont nécessaires pour chaque filtre de fraction d'octave. Ainsi l'analyseur doit prendre un ensemble de données et effectuer l'analyse en bandes étroites dans le domaine des fréquences basses, puis un autre ensemble de données pour couvrir le domaine des fréquences plus élevées. Il peut ainsi y avoir des coupures entre les ensembles de données en raison du temps nécessaire au traitement des données. Un exemple en est donné à la figure C.4.



NOTE – Cette figure montre une séquence uniquement pour les besoins d'illustration et ne correspond pas nécessairement à la forme exacte correspondant au fonctionnement d'un analyseur particulier.

Figure C.4 – Illustration de l'utilisation de fenêtres temporelles inégales pour les différents domaines de fréquences

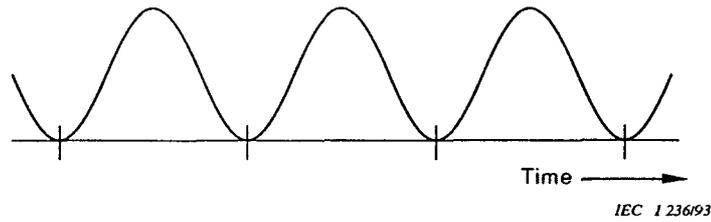


Figure C.2 – Illustration of the use of a Hanning window in real time

Such processing may not be detrimental to correct analysis of stationary signals, but may cause errors when the signal has periodicity similar to that of Hanning windowing.

In some analysers an "overlap" process is used which helps to reduce the problem. An example is shown in figure C3.

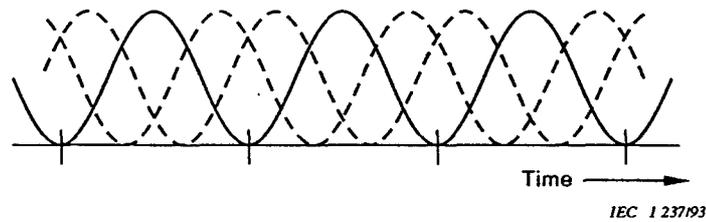
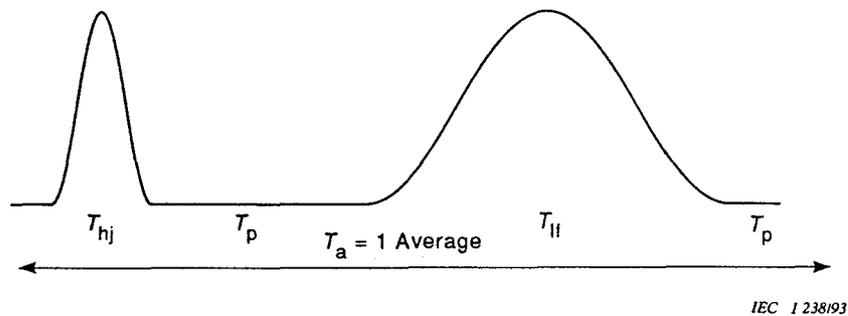


Figure C.3 – Illustration of the use of a Hanning window in real time with overlap

For the purpose of converting narrow bands into fractional octaves, 5 to 10 lines or 5 to 10 narrow bands (or more) are required per fractional octave filter, making it necessary for the analyser to take one block of data and perform narrow band analysis in the lower frequencies, and then take another block of data to cover the higher frequencies. There may be gaps between the data blocks caused by time required for processing. An example is shown in figure C.4.



NOTE – This figure shows a sequence which is for illustration purposes only, and does not necessarily show the exact form of operation of any individual analyser.

Figure C.4 – Illustration of the use of non-equal time windows for different frequency range

Le fonctionnement des analyseurs à transformée de Fourier rapide varie d'un modèle à l'autre. Dans de nombreux cas, les notices techniques des analyseurs qui permettent la conversion de bandes étroites en bandes de fractions d'octave ne donnent pas de renseignements convenables ou suffisamment clairs en ce qui concerne les séquences du traitement. Ces renseignements sont particulièrement utiles pour évaluer l'aptitude à l'utilisation d'un analyseur à transformée de Fourier rapide particulier, lorsque la source de bruit extérieure présente une variation cyclique, dont la période correspond approximativement à la durée d'intégration.

Une «intégration» peut prendre 2 s par exemple. A l'intérieur de cette période, la durée d'acquisition  $T_{hf}$  pour les fréquences élevées jusqu'à 10 kHz peut être de l'ordre de 25 ms et la durée d'acquisition  $T_{lf}$  pour les fréquences plus basses peut être de 1,25 s, le temps restant étant  $T_p$ , temps réservé au traitement. Dans cet exemple, les données sont prises en compte pour un peu plus de la moitié du temps pour la partie inférieure du spectre et elles ne sont prises en compte que pendant une très faible partie du temps pour l'analyse des fréquences situées dans la partie supérieure du spectre. La partie inférieure peut signifier celle qui est située en dessous de 2 kHz et la partie supérieure celle qui est située au dessus de 2 kHz.

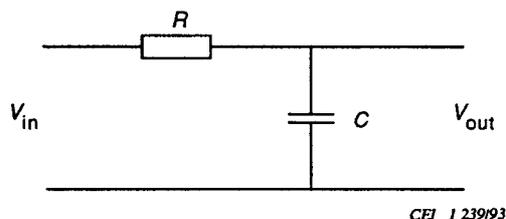
Performance of FFT analysers varies from model to model. In many cases, operating manuals for analysers offering conversion of narrow bands to fractional octave bands fail to give adequate or clear information on processing sequences. This information is especially useful when assessing the suitability of a specific FFT analyser, when the source of noise has cyclic variations, whose cycle period approximates to the time of the average.

For example, one "average" may mean 2 s. Within this period  $T_{hf}$  (acquisition time for high frequencies up to 10 kHz) may be of the order of 25 ms and  $T_{lf}$  (acquisition time for lower frequencies) may be 1,25 s. the remainder of the time is  $T_p$ , processing time. In this example, data are viewed for just over half the operating time for the lower part of the spectrum and are viewed for a very small proportion of the time for higher frequency analysis. Lower frequencies may mean below 2 kHz and higher frequencies above 2 kHz.

## Annexe D (informative)

### Circuits RC pour produire des déphasages connus

Des déphasages connus avec précision entre les signaux de tension appliqués aux deux entrées d'un analyseur destiné à être utilisé avec une sonde p-p peuvent être produits par un simple circuit RC dans un des canaux.



Le circuit ci-dessus produit à une pulsation  $\omega$  un déphasage entre les tensions  $V_{in}$  et  $V_{out}$  égal à  $\arctan(\omega RC)$ , la réduction d'amplitude étant de  $[1 + (\omega RC)^2]^{-0,5}$ .

Ainsi, pour un espacement de sonde de 12 mm et une fréquence de 1 kHz, le déphasage nécessaire pour effectuer l'essai de 11.2 est égal à :

$$\alpha = \frac{12 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 360}{343,37 \times 10^{1,2}} = 0,79^\circ$$

Si  $C$  est pris égal à  $10^{-9}$  F, on trouve alors :

$$R = \frac{\tan 0,79}{2 \pi \times 10^3 \times 10^{-9}} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

Le circuit  $RC$  correspondant à ces deux valeurs donne le déphasage voulu.

Etant donné que le produit  $\omega RC$  est petit, le circuit précédent donne également un déphasage correct aux autres fréquences d'essai; de plus, le niveau du signal est réduit de moins de 0,02 dB pour n'importe quelle fréquence comprise dans le domaine de fonctionnement.

Pour compenser la capacité d'entrée du calculateur, une résistance de valeur  $R$  devrait être placée en série avec l'autre voie du signal.

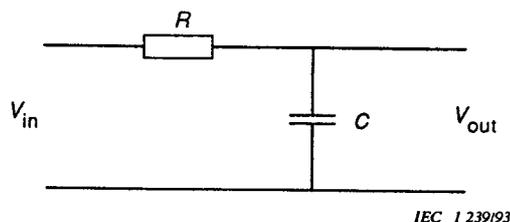
Il convient de placer le circuit dans un boîtier comportant un écran et on doit veiller à ce que les capacités parasites dues aux conducteurs ne modifient pas la valeur effective de  $C$ . Il y a lieu de choisir des composants stables, leurs valeurs devant être connues à 1 % près.

NOTE – Une surchauffe intempestive lors de la soudure des éléments peut modifier leurs valeurs.

## Annex D (informative)

### RC networks for generating known phase shifts

Accurately known phase shifts between voltage signals applied to the two inputs of an analyser intended for use with p-p probes may be generated by a simple RC network in one of the signal paths.



The above circuit, at an angular frequency  $\omega$ , will produce a phase difference between  $V_{in}$  and  $V_{out}$  of  $\arctan(\omega RC)$ , with a magnitude reduction of  $[1 + (\omega RC)^2]^{-0,5}$ .

For example, for a probe spacing of 12 mm and a frequency of 1 kHz, 11.2 above requires a phase difference of

$$\alpha = \frac{12 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 360^\circ}{343,37 \times 10^{1,2}} = 0,79^\circ$$

If  $C$  is chosen to be  $10^{-9}$  F, then

$$R = \frac{\tan 0,79}{2 \pi \times 10^3 \times 10^{-9}} = 2,2 \text{ k}\Omega$$

to give this phase difference.

Because  $\omega RC$  is small this circuit also gives the correct phase angles at the other test frequencies; moreover, the magnitude of the signal is reduced by less than 0,02 dB at any frequency in the operating range.

In order to compensate for the input capacitance of the processor a resistor of value  $R$  should be placed in series with the other signal path.

The circuit should be placed in a screened box, and care should be taken that stray lead capacitances do not alter the effective value of  $C$ . Components should be selected for stability and their values should be known to 1 %.

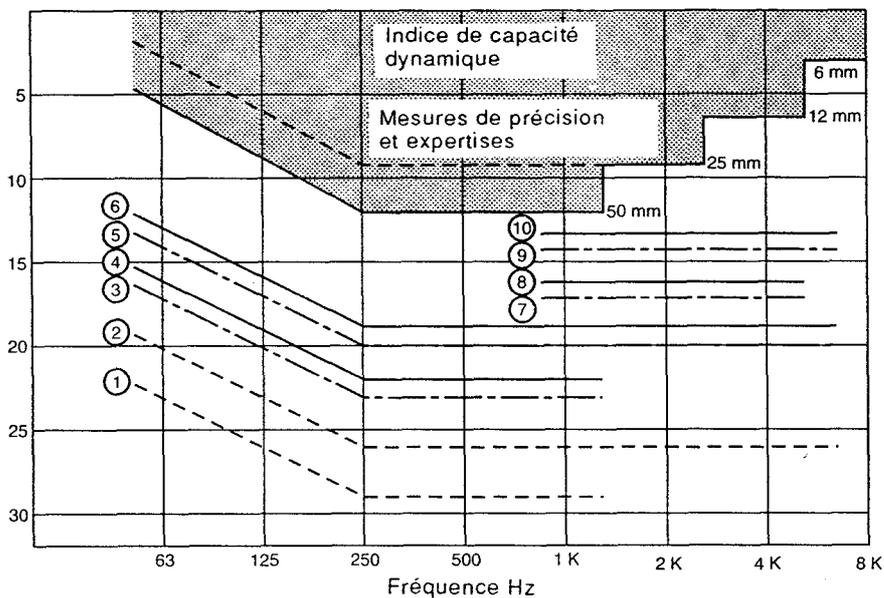
NOTE – During the process of soldering, careless overheating of the components may alter their values.

## Annexe E (informative)

### Indice de capacité dynamique

L'indice de capacité dynamique est la différence entre le niveau de pression acoustique et le niveau d'intensité acoustique à l'intérieur de laquelle les mesures correspondant aux classes «de précision», «expertise», «de surveillance» de l'ISO 9614-1 peuvent être effectuées. Cette norme donne des prescriptions pour l'écart de champ résiduel en fonction de la classe de l'instrument. L'ISO 9614-1 donne des prescriptions concernant un «facteur d'erreur systématique» selon le degré d'exactitude demandé. Ce facteur d'erreur systématique doit être soustrait de l'écart de champ résiduel pour obtenir l'indice de capacité dynamique.

L'ISO 9614-1 prescrit d'utiliser des instruments de classe 1 pour les mesures de précision et les expertises; la figure E.1 donne l'indice de capacité dynamique correspondant à ce cas pour différents espacements nominaux de microphones. L'ISO 9614-1 permet l'utilisation des instruments de classe 2 pour des mesures de surveillance et la figure E.2 donne les résultats correspondant à ce cas. La figure E.3 montre la réponse en intensité acoustique de la sonde pour les mêmes espacements nominaux des microphones. Pour chaque espacement considéré, la fréquence limite supérieure est celle pour laquelle la réponse de la sonde chute de 1 dB par rapport à la réponse à la fréquence de référence de 250 Hz. Cela montre à l'évidence qu'une configuration unique de sonde ne permet pas de satisfaire à toutes les prescriptions dans tout le domaine des fréquences comprises entre 45 Hz et 7,1 kHz.



- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| 1    Calculateur, 50 mm | 6    Instrument, 25 mm |
| 2    Calculateur, 25 mm | 7    Sonde, 12 mm      |
| 3    Sonde, 50 mm       | 8    Instrument, 12 mm |
| 4    Instrument, 50 mm  | 9    Sonde, 6 mm       |
| 5    Sonde, 25 mm       | 10    Instrument, 6 mm |

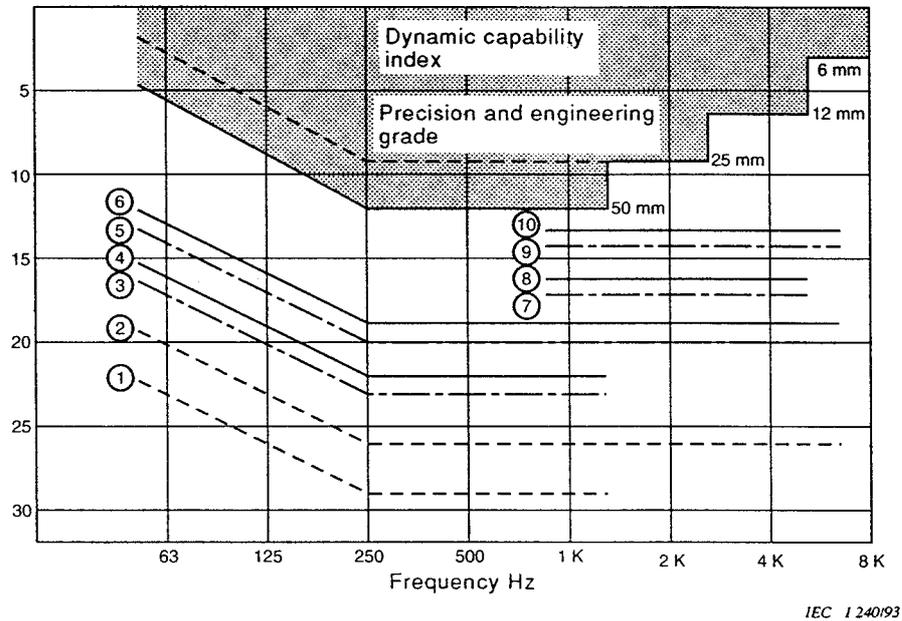
Figure E.1 – Indice de capacité dynamique pour les mesures de précision et les expertises

**Annex E**  
(informative)

**Dynamic capability index**

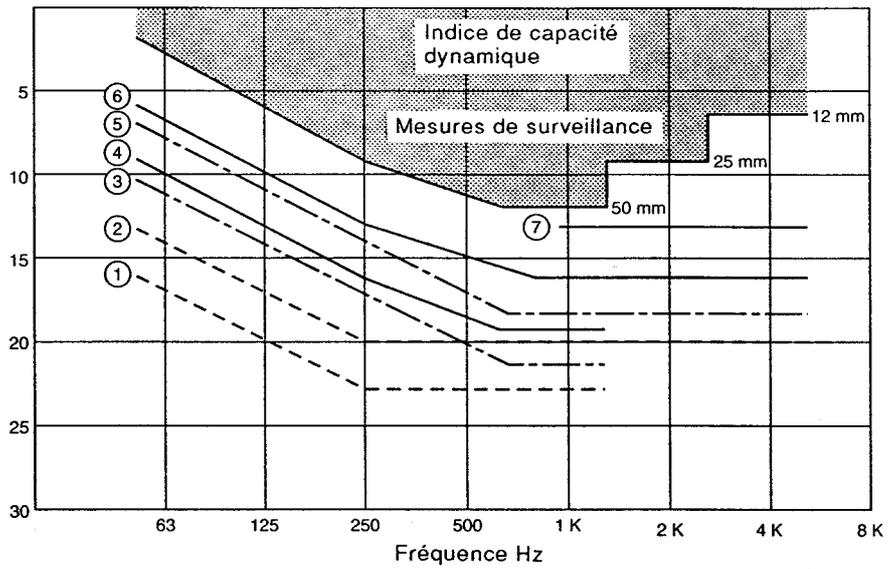
Dynamic capability index is the difference between sound pressure level and sound intensity level within which measurements to precision, engineering and survey grades of ISO 9614-1 may be made. This Standard makes requirements for the pressure-residual intensity index of instruments according to the class of instrument. ISO 9614-1 gives requirements for a "bias error factor" according to the grade of measurement accuracy required. This "bias error factor" is subtracted from the pressure-residual intensity index to give the dynamic capability index.

ISO 9614-1 requires class 1 instruments to be used for precision and engineering grade measurements and figure E.1 shows the resulting dynamic capability index for different nominal microphone separations for this case. ISO 9614-1 allows class 2 instruments to be used for survey grade measurements and figure E.2 shows equivalent results for this case. Figure E.3 shows the probe intensity response for the same nominal microphone separations. For each probe separation depicted, the upper frequency limit is that at which the probe response falls by 1 dB from the response at the reference frequency of 250 Hz. This clearly shows that a single probe configuration is not able to satisfy all the requirements over the entire frequency range of 45 Hz to 7,1 kHz.



- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1 Processor, 50 mm  | 6 Instrument, 25 mm |
| 2 Processor, 25 mm  | 7 Probe, 12 mm      |
| 3 Probe, 50 mm      | 8 Instrument, 12 mm |
| 4 Instrument, 50 mm | 9 Probe, 6 mm       |
| 5 Probe, 25 mm      | 10 Instrument, 6 mm |

Figure E.1 – Dynamic capability index for precision and engineering grade measurements



- |   |                    |   |                   |
|---|--------------------|---|-------------------|
| 1 | Calculateur, 50 mm | 5 | Sonde, 25 mm      |
| 2 | Calculateur, 25 mm | 6 | Instrument, 25 mm |
| 3 | Sonde, 50 mm       | 7 | Instrument, 12 mm |
| 4 | Instrument, 50 mm  |   |                   |

Figure E.2 – Indice de capacité dynamique pour les mesures de surveillance

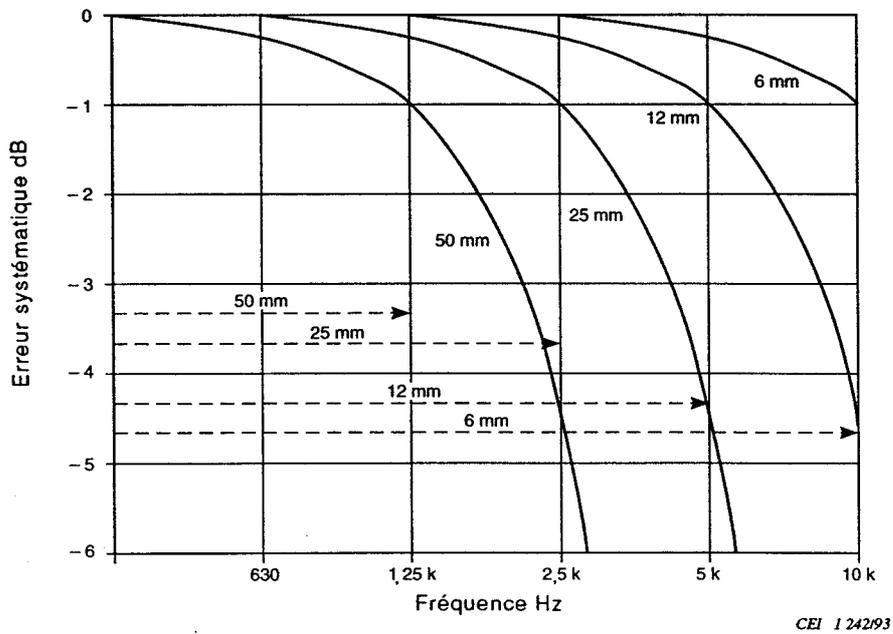
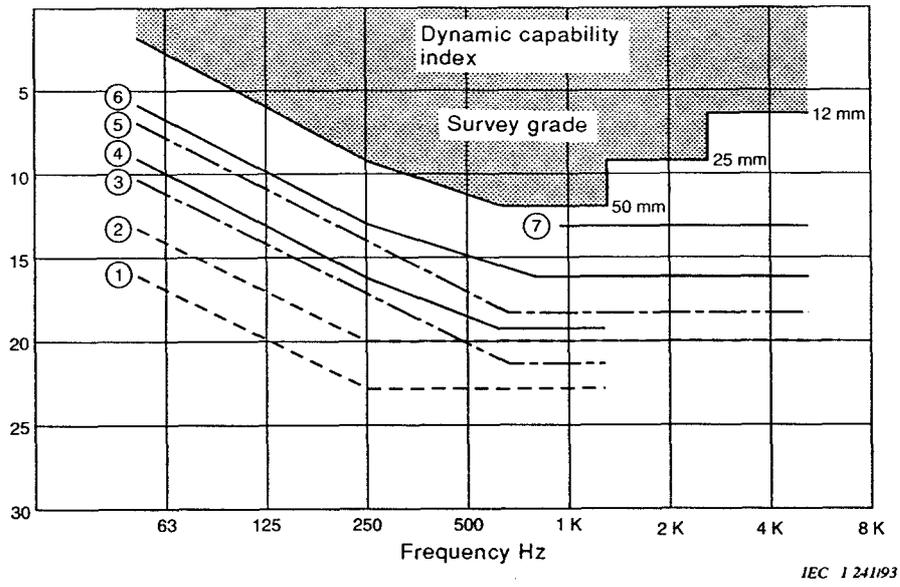


Figure E.3 – Réponse en intensité de la sonde



- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| 1 Processor, 50 mm  | 5 Probe, 25 mm      |
| 2 Processor, 25 mm  | 6 Instrument, 25 mm |
| 3 Probe, 50 mm      | 7 Instrument, 12 mm |
| 4 Instrument, 50 mm |                     |

Figure E.2 – Dynamic capability index for survey grade measurements

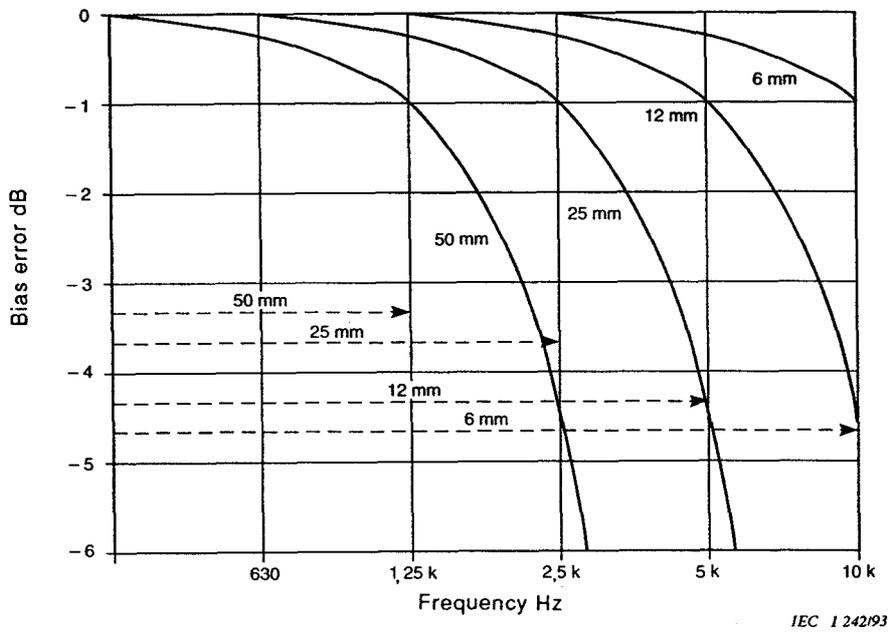


Figure E.3 – Probe intensity response

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

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

---

**ICS 17.140.50**

---