

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60645-1

Première édition
First edition
1992-10

Audiomètres

**Partie 1:
Audiomètres tonaux**

Audiometers

**Part 1:
Pure-tone audiometers**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60645-1: 1992

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**

60645-1

Première édition
First edition
1992-10

Audiomètres

**Partie 1:
Audiomètres tonaux**

Audiometers

**Part 1:
Pure-tone audiometers**

© IEC 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

CORRIGENDUM 1

Page 16

Correction to French text only

Texte en français du paragraphe 3.18:

Au lieu de:

niveau de masquage effectif d'une bande de bruit: Valeur numérique du niveau d'audition d'un son pur, dont la fréquence coïncide avec la fréquence médiane de la bande de bruit, et dont le niveau liminaire d'audition correspondant à ce son pur est augmenté par la présence de la bande de bruit de masque.

lire:

niveau de masquage effectif: Niveau d'un bruit de masque spécifié qui est numériquement égal au niveau d'audition dont doit être relevé le niveau liminaire d'audition d'un sujet conceptuellement normal en raison de la présence du bruit de masque. Un sujet conceptuellement normal est une personne dont l'audition est conforme aux normes concernant le seuil d'audition et l'efficacité du masquage (ISO 389 et ISO 8798).

Page 28

Correction to French text only

Paragraphe 6.1.1, dernière phrase du premier alinéa:

Au lieu de:

On peut également utiliser des fréquences supplémentaires choisies parmi les fréquences médianes de tiers d'octave; cependant les valeurs de niveaux de pression acoustique équivalents liminaires de référence ne sont connues que jusqu'à 8 kHz. Voir l'ISO 389.

lire:

On peut également utiliser des fréquences supplémentaires choisies parmi les fréquences médianes de tiers d'octaves jusqu'à 8 kHz, pour lesquelles les valeurs des niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire sont données dans l'ISO 389.

Tableau 4

Deuxième partie de la tête

Au lieu de:

Classe 1	Classe 2	Classe 3
Conduction aérienne	Conduction osseuse	Conduction osseuse

lire:

Classe 1		Classe 2		Classe 3	
Conduction aérienne	Conduction osseuse	Conduction aérienne	Conduction osseuse	Conduction aérienne	Conduction osseuse

Note 3:

Correction to French text only

Au lieu de:

- 3) L'ISO 7566 fait référence à l'emploi de ces fréquences.

lire:

- 3) L'ISO 7566 donne des valeurs pour ces fréquences.

Page 29

Table 4

Second part of heading:

Instead of:

Type 1	Type 2	Type 3
Air conduction	Bone conduction	Bone conduction

read:

Type 1		Type 2		Type 3	
Air conduction	Bone conduction	Air conduction	Bone conduction	Air conduction	Bone conduction

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Prescriptions pour les classes spécifiées d'audiomètres à fréquences fixes	16
5 Prescriptions générales	18
5.1 Prescriptions de sécurité	18
5.2 Dispositif de réponse du sujet	18
5.3 Durée de mise en température	20
5.4 Variations de l'alimentation et conditions d'environnement	20
5.5 Rayonnements acoustiques indésirables	24
5.6 Essais des audiomètres à enregistrement automatique et des audiomètres pilotés par ordinateur	26
6 Générateurs de signaux d'essai	26
6.1 Sons purs	26
6.2 Source externe de signaux	32
6.3 Bruits de masque	32
7 Commande des niveaux de signal	36
7.1 Marquage	36
7.2 Indicateur de signal	36
7.3 Exactitude des niveaux de pression acoustique et des niveaux de force vibratoire	36
7.4 Commande de niveau d'audition	38
7.5 Bruit de masque	40
7.6 Interruption du son	40
8 Son de référence	44
8.1 Fréquences	44
8.2 Commande de niveau du son de référence	44
9 Transducteurs	46
9.1 Conduction aérienne	46
9.2 Conduction osseuse	48
10 Marquage et notice technique	50
10.1 Marquage	50
10.2 Notice technique	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Requirements for specific types of fixed frequency audiometer	17
5 General requirements	19
5.1 Safety requirements	19
5.2 Subject's response system	19
5.3 Warm-up time	21
5.4 Supply variation and environmental conditions	21
5.5 Unwanted sound	25
5.6 Testing of automatic recording and computer-controlled audiometers	27
6 Test signal sources	27
6.1 Pure tones	27
6.2 External signal source	33
6.3 Masking sounds	33
7 Signal level control	37
7.1 Marking	37
7.2 Signal indicator	37
7.3 Accuracy of sound pressure level and vibratory force level	37
7.4 Hearing level control	39
7.5 Masking sound	41
7.6 Tone switching	41
8 Reference tone	45
8.1 Frequencies	45
8.2 Reference tone level control	45
9 Transducers	47
9.1 Air conduction	47
9.2 Bone conduction	49
10 Marking and instruction manual	51
10.1 Marking	51
10.2 Instruction manual	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AUDIOMÈTRES

Partie 1: Audiomètres tonaux

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

La présente partie de la Norme internationale CEI 645 a été établie par le Comité d'Etudes n° 29 de la CEI: Electroacoustique.

Le texte de cette partie est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
29C(BC)62	29(BC)153

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

AUDIOMETERS

Part 1: Pure-tone audiometers

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

This part of International Standard IEC 645 has been prepared by IEC Technical Committee No. 29: Electroacoustics.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
29C(CO)62	29(CO)153

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Report indicated in the above table.

INTRODUCTION

La gamme d'audiomètres disponible s'est beaucoup accrue avec les développements des mesurages de l'audition dans les buts de préservation de l'ouïe et de sa réhabilitation. Cependant, en dépit de la large gamme disponible, il est possible de considérer un audiomètre en termes d'unités fonctionnelles qui peuvent être spécifiées séparément. La spécification de ces unités fonctionnelles rend alors possible de spécifier des propriétés d'autres appareillages audiométriques qui comprennent de telles unités.

La CEI 645: Audiomètres, comprendra plusieurs parties. La présente partie est la première de la série, elle couvre les prescriptions pour les audiomètres tonaux.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60645-1:1992

Withdrawn

INTRODUCTION

Developments in the field of hearing measurements for diagnostic hearing conservation and rehabilitation purposes have resulted in a large increase in the range of audiometers available. However, in spite of the wide range available, it is possible to consider the audiometer in terms of functional units which can be specified independently. By specifying these functional units it is then possible to specify properties of other audiometric equipment which use such units.

IEC 645: Audiometers, will consist of a number of parts. This part is the first of the series and covers the requirements for pure-tone audiometers.

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60645-1:1992

AUDIOMÈTRES

Partie 1: Audiomètres tonaux

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la Norme internationale CEI 645 donne des prescriptions générales applicables aux audiomètres et des prescriptions particulières applicables aux audiomètres tonaux conçus pour servir à déterminer les niveaux d'audition liminaires par rapport à un niveau de seuil de référence normalisé au moyen de méthodes d'essai psychoacoustiques.

Le but de la présente partie est de s'assurer:

- a) que les mesurages de l'audition d'une oreille humaine donnée, en particulier du seuil d'audition, effectués avec différents audiomètres satisfaisant à la présente partie donnent sensiblement les mêmes résultats lorsque l'on utilise les méthodes décrites dans l'ISO 8253-1 et dans l'ISO 6189 (voir article 2);
- b) que les résultats obtenus représentent une bonne comparaison entre l'audition de l'oreille mesurée et le seuil d'audition normalisé.

Les audiomètres peuvent être classés de la manière suivante: selon le type de signal d'essai qu'ils produisent, selon leur mode de fonctionnement ou selon la complexité ou les domaines de fonctions auditives qu'ils permettent d'explorer (c'est-à-dire audiomètre pour diagnostic clinique, audiomètre de dépistage, etc.). Cependant, afin d'obtenir une classification rationnelle des audiomètres, cinq classes sont définies. Les audiomètres avec lesquels il est possible d'obtenir un diagnostic clinique (c'est-à-dire permettant au minimum des mesures de conduction aérienne et de conduction osseuse) font partie des classes 1, 2 et 3. Les appareils qui ne permettent que le mesurage de la conduction aérienne font partie des classes 4 et 5.

La présente partie fournit les prescriptions générales des audiomètres complets aussi bien que celles de leurs unités fonctionnelles: générateurs de signaux, commandes des niveaux de signal et transducteurs.

De plus, comme ces unités fonctionnelles couvrent la majeure partie des applications audiométriques, il convient que des instruments qui ne sont pas nécessairement des audiomètres tonaux conventionnels et qui ne sont pas spécifiés dans la présente partie (tels que les stimulateurs de l'audition pour l'enregistrement des potentiels évoqués), mais qui contiennent des circuits pour le mesurage de la sensibilité auditive ou pour la présentation des signaux à des niveaux supraliminaires, devraient, si possible, être conformes aux articles correspondants de cette partie. En utilisant le tableau 1, le lecteur peut trouver les articles appropriés (5 à 9) de cette partie qui spécifient les caractéristiques d'un instrument donné.

AUDIOMETERS

Part 1: Pure-tone audiometers

1 Scope and object

This part of International Standard IEC 645 specifies general requirements for audiometers and particular requirements for pure-tone audiometers designed for use in determining hearing threshold levels in comparison with the standard reference threshold level by means of psycho-acoustic test methods.

The purpose of this part is to ensure:

- a) that tests of hearing, particularly threshold, on a given human ear performed with different audiometers which comply with this part using methods described in ISO 8253-1 and ISO 6189 (see clause 2) shall give substantially the same results;
- b) that the results obtained represent a valid comparison between the hearing of the ear tested and the reference threshold of hearing.

Audiometers can be classified in the following ways: according to the type of test signal they generate, according to the mode of operation or according to the complexity of the range of auditory functions they test (i.e. diagnostic, screening, etc.). However, in order to rationalize the classification of audiometers, five types are defined. Audiometers with which it is possible to make a diagnostic assessment (i.e. having as a minimum both air and bone conduction facilities) are classified as types 1, 2 and 3. Instruments with air conduction facilities only are classified as types 4 and 5.

This part covers the general requirements for audiometers as a whole as well as their functional units: signal sources, signal level controls and transducers.

In addition, since the units specified cover the majority of audiometric applications, instruments which may not necessarily be conventional pure-tone audiometers and not specified in this part (such as an auditory stimulator for evoked potential recording), but which contain circuitry used for measurement of auditory sensitivity or presentation of supraliminal signals should, where possible, conform to the appropriate clauses of this part. By using table 1, the reader can find the appropriate clauses (5 to 9) of this part which describe the performance requirements for a given instrument.

Tableau 1 – Sommaire des prescriptions pour les diverses parties d'un audiomètre

Prescriptions générales	Prescriptions pour les générateurs de signaux	Prescriptions pour la commande des niveaux de signal	Prescriptions pour les transducteurs
5.1 Prescriptions de sécurité	6.1 Sons purs	7.1 Marquage	9.1 Conduction aérienne
5.2 Dispositif de réponse du patient	6.2 Source externe de signaux	7.2 Indicateur de signal	9.2 Conduction osseuse
5.3 Durée de mise en température	6.3 Bruits de masque	7.3 Exactitude des niveaux de pression acoustique et des niveaux de force vibratoire	
5.4 Variations de l'alimentation et conditions d'environnement	8 Son de référence	7.4 Commande de niveau d'audition	
5.5 Rayonnements acoustiques indésirables		7.5 Bruit de masque	
10 Marquage et notice technique		7.6 Interruption du son	

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 645. 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 partie de la CEI 645 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 225: 1966, *Filtres de bandes d'octave, de demi-octave et de tiers d'octave destinés à l'analyse des bruits et des vibrations.*

CEI 268-3: 1988, *Equipements pour systèmes électroacoustiques - Troisième partie: Amplificateurs.*

CEI 303: 1970, *Coupleur de référence provisoire de la CEI pour l'étalonnage des écouteurs utilisés en audiométrie.*

CEI 318: 1970, *Une oreille artificielle de la CEI, à large bande, pour l'étalonnage des écouteurs utilisés en audiométrie.*

CEI 373: 1990, *Coupleur mécanique destiné aux mesures des ossivibrateurs.*

CEI 601-1: 1988, *Appareils électromédicaux - Première partie: Règles générales de sécurité.*

Table 1 – Guide to the requirements for various parts of an audiometer

General requirements	Requirements for signal sources	Requirements for signal level control	Requirements for transducers
5.1 Safety requirements	6.1 Pure tones	7.1 Marking	9.1 Air conduction
5.2 Subject's response system	6.2 External signal source	7.2 Signal indicator	9.2 Bone conduction
5.3 Warm-up time	6.3 Masking sounds	7.3 Accuracy of sound pressure level and vibratory force level	
5.4 Supply variation and environmental conditions	8 Reference tone	7.4 Hearing level control	
5.5 Unwanted sound		7.5 Masking sound	
10 Marking and instruction manual		7.6 Tone switching	

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 645. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 645 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 225: 1966, *Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations*.

IEC 268-3: 1988, *Sound system equipment - Part 3: Amplifiers*.

IEC 303: 1970, *IEC provisional reference coupler for the calibration of earphones used in audiometry*.

IEC 318: 1970, *An IEC artificial ear, of the wide band type, for the calibration of earphones used in audiometry*.

IEC 373: 1990, *Mechanical coupler for measurements on bone vibrators*.

IEC 601-1: 1988, *Medical electrical equipment - Part 1: General requirements for safety*.

CEI 651: 1979, *Sonomètres*.

ISO 389: 1991, *Acoustique - Zéro normal de référence pour l'étalonnage des audiomètres à sons purs en conduction aérienne*.

ISO 4869-1: 1990: *Acoustique - Protectors individuels contre le bruit - Partie 1: Méthode subjective de mesurage de l'affaiblissement acoustique*.

ISO 6189: 1983, *Acoustique - Audiométrie liminaire tonale en conduction aérienne pour les besoins de la préservation de l'ouïe*.

ISO 7566: 1987, *Acoustique - Zéro normal de référence pour l'étalonnage des audiomètres à sons purs en conduction osseuse*.

ISO 8253-1: 1989, *Acoustique - Méthodes d'essais audiométriques - Partie 1: Audiométrie liminaire fondamentale à sons purs en conduction aérienne et en conduction osseuse*.

ISO 8798: 1987, *Acoustique - Niveaux de référence pour bruit de masque en bande étroite*.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 645, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 audiomètre à sons purs; (audiomètre tonal): Instrument destiné au mesurage de l'audition pour les sons purs et, en particulier, au mesurage du seuil d'audition. L'audiomètre peut être du type à fréquence fixe ou à balayage de fréquence.

3.2 audiomètre manuel: Audiomètre pour lequel les présentations des signaux ainsi que la notation des résultats sont effectuées manuellement.

3.3 audiomètre automatique enregistreur: Audiomètre pour lequel les présentations des signaux, la variation du niveau d'audition, la sélection de la fréquence ou la variation de la fréquence ainsi que l'enregistrement des réponses du sujet sont exécutés automatiquement. Le sens des variations du niveau d'audition est sous le contrôle du sujet et est enregistré automatiquement.

3.4 audiomètre piloté par ordinateur: Audiomètre dans lequel la méthode d'essai est pilotée par un ordinateur ou par un microprocesseur.

3.5 audiomètre vocal: Instrument destiné au mesurage de l'audition pour des signaux d'essais vocaux.

3.6 conduction aérienne: Transmission du son à l'oreille interne via l'oreille externe et l'oreille moyenne.

3.7 conduction osseuse: Transmission du son à l'oreille interne par l'intermédiaire de la vibration mécanique des os du crâne.

IEC 651: 1979, *Sound level meters*.

ISO 389: 1991, *Acoustics - Standard reference zero for the calibration of pure-tone air conduction audiometers*.

ISO 4869-1: 1990, *Acoustics - Hearing protectors - Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation*.

ISO 6189: 1983, *Acoustics - Pure-tone air conduction threshold audiometry for hearing conservation purposes*.

ISO 7566: 1987, *Acoustics - Standard reference zero for the calibration of pure-tone bone conduction audiometers*.

ISO 8253-1: 1989, *Acoustics - Audiometric test methods - Part 1: Basic pure-tone air and bone conduction threshold audiometry*.

ISO 8798: 1987, *Acoustics - Reference levels for narrow-band masking noise*.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 645, the following definitions apply:

3.1 pure-tone audiometer: An instrument for the measurement of hearing for pure tones and in particular the threshold of hearing. The audiometer may be either a fixed or continuous sweep frequency type.

3.2 manual audiometer: An audiometer in which signal presentations and recording of results are performed manually.

3.3 automatic recording audiometer: An audiometer in which signal presentations, hearing level variation, frequency selection or frequency variation, and recording of subject's responses are implemented automatically. Direction of hearing level changes is under subject's control and is recorded automatically.

3.4 computer-controlled audiometer: An audiometer in which the test procedure is controlled by computer or microprocessor.

3.5 speech audiometer: An instrument for the measurement of hearing for speech test material.

3.6 air conduction: Transmission of sound through the external and middle ear to the inner ear.

3.7 bone conduction: Transmission of sound to the inner ear mediated primarily by mechanical vibration of the cranial bones.

3.8 niveau équivalent de pression acoustique liminaire (écoute monaurale par écouteur): Pour une oreille donnée, à une fréquence spécifiée, pour un type spécifié d'écouteur et pour une force requise d'application de l'écouteur sur l'oreille humaine, niveau de pression acoustique développé dans un coupleur acoustique ou dans une oreille artificielle spécifiés quand l'écouteur est excité sous la tension qui correspondrait au seuil d'audition lorsque l'écouteur est appliqué à l'oreille concernée.

3.9 niveau équivalent de force liminaire (écoute monaurale): Pour une oreille donnée, à une fréquence spécifiée, pour une configuration spécifiée d'ossivibrateur sur un coupleur mécanique spécifié, niveau de force vibratoire développé par l'ossivibrateur sur un coupleur mécanique spécifié, lorsque l'ossivibrateur est excité par la tension qui correspondrait au seuil d'audition si l'ossivibrateur était appliqué sur l'apophyse mastoïde de l'os temporal ou sur le front.

NOTE - Cette définition nécessite que l'oreille non testée soit masquée, comme spécifié dans l'ISO 7566.

3.10 niveau de référence équivalent de pression acoustique liminaire: A une fréquence spécifiée, valeur modale des niveaux équivalents de pression acoustique liminaire pour un nombre suffisamment grand d'oreilles de sujets otologiquement normaux, des deux sexes, âgés de 18 à 30 ans inclus, exprimant le seuil d'audition correspondant à une oreille artificielle ou à un coupleur acoustique spécifiés pour un type d'écouteur spécifié.

NOTE - Les valeurs des niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire sont spécifiées dans l'ISO 389.

3.11 niveau de référence équivalent de force liminaire: A une fréquence spécifiée, valeur moyenne des niveaux équivalents de force liminaire d'un nombre suffisamment grand d'oreilles de sujets otologiquement normaux, des deux sexes, âgés de 18 à 30 ans inclus, exprimant le seuil d'audition, pour un coupleur mécanique spécifié et pour une configuration donnée d'ossivibrateur.

NOTE - Les valeurs des niveaux de référence équivalents de force liminaire sont spécifiées dans l'ISO 7566.

3.12 niveau d'audition d'un son pur: A une fréquence spécifiée, pour un type de transducteur spécifié, appliqué d'une manière spécifiée, la différence entre le niveau de pression acoustique ou de force vibratoire de ce signal, produit par le transducteur dans un coupleur acoustique ou mécanique spécifiés ou une oreille artificielle spécifiée, et le niveau équivalent liminaire de référence approprié tel qu'il est applicable en conduction aérienne ou osseuse.

3.13 niveau liminaire d'audition pour les sons purs: Le niveau liminaire d'audition d'une oreille donnée à une fréquence spécifiée, est le niveau d'audition correspondant au seuil d'audition de cette oreille.

NOTE - Des méthodes de détermination des seuils d'audition sont spécifiées dans l'ISO 6189 et dans l'ISO 8253-1.

3.8 equivalent threshold sound pressure level (monaural earphone listening): For a given ear, at a specified frequency, for a specified type of earphone and for a stated force of application of the earphone to a human ear, the sound pressure level set up by the earphone in a specified acoustic coupler or artificial ear when the earphone is activated by that voltage which, with the earphone applied to the ear concerned, would correspond to the threshold of hearing.

3.9 equivalent threshold force level (monaural listening): For a given ear, at a specified frequency, for a specified configuration of bone vibrator on a specified mechanical coupler, the force level set up by the bone vibrator in a specified mechanical coupler when the bone vibrator is activated by that voltage which, with the bone vibrator applied to the mastoid prominence or to the forehead, would correspond to the threshold of hearing.

NOTE - This definition requires the non-test ear to be masked in accordance with ISO 7566.

3.10 reference equivalent threshold sound pressure level (RETSPL): At a specified frequency, the modal value of the equivalent threshold sound pressure levels of a sufficiently large number of ears of otologically normal persons of both sexes aged between 18 and 30 years inclusive, expressing the threshold of hearing in a specified acoustic coupler or artificial ear for a specified type of earphone.

NOTE - Values of reference equivalent threshold sound pressure levels are specified in ISO 389.

3.11 reference equivalent threshold force level (RETFL): At a specified frequency, the mean value of the equivalent threshold force levels of a sufficiently large number of ears of otologically normal persons of both sexes aged between 18 and 30 years inclusive, expressing the threshold of hearing in a specified mechanical coupler for a specified configuration of bone vibrator.

NOTE - Values of reference equivalent threshold force levels are specified in ISO 7566.

3.12 hearing level of a pure tone: At a specified frequency, for a specific type of transducer and for a specified manner of application, the sound pressure level or the vibratory force level of this signal set up by the transducer in a specified acoustic or mechanical coupler or an artificial ear minus the appropriate reference equivalent threshold level for air or bone conduction as applicable.

3.13 hearing threshold level for pure tones: The hearing threshold level of a given ear at a specified frequency is the threshold of hearing at that frequency expressed as hearing level.

NOTE - Methods of determining thresholds of hearing are specified in ISO 6189 and ISO 8253-1.

3.14 oreille artificielle; (simulateur d'oreille): Dispositif destiné à l'étalonnage d'un écouteur, qui présente à l'écouteur une impédance acoustique équivalente à celle d'une oreille humaine moyenne. Il est équipé d'un microphone étalonné pour la mesure de la pression acoustique produite par l'écouteur.

NOTE - Une oreille artificielle est spécifiée dans la CEI 318.

3.15 coupleur acoustique: Cavité de forme et de volume déterminés, utilisée pour l'étalonnage d'un écouteur, grâce à un microphone étalonné qui permet de mesurer la pression acoustique produite dans la cavité.

NOTE - Un coupleur acoustique est spécifié dans la CEI 303.

3.16 coupleur mécanique: Dispositif conçu pour présenter une impédance mécanique spécifiée à un vibreur appliqué avec une force statique spécifiée et équipé d'un transducteur mécano-électrique permettant de déterminer le niveau de force vibratoire à la surface de contact entre le vibreur et le coupleur mécanique.

NOTE - Un coupleur mécanique est spécifié dans la CEI 373.

3.17 masquage:

- 1) Processus par lequel le seuil d'audition d'un son pur est relevé par la présence d'un autre son (masquant).
- 2) Valeur de cette élévation du seuil d'audition exprimée en décibels.

3.18 niveau de masquage effectif d'une bande de bruit: Valeur numérique du niveau d'audition d'un son pur, dont la fréquence co incide avec la fréquence médiane de la bande de bruit, et dont le niveau liminaire d'audition correspondant à ce son pur est augmenté par la présence de la bande de bruit de masque.

NOTES

- 1 Le niveau de masquage effectif est donc analogue au niveau d'audition (voir 3.12) c'est-à-dire la mesure du son   l'échelle physique indépendamment d'une oreille spécifique en essai.
- 2 Les références des valeurs du masquage effectif sont indiquées dans l'ISO 8798.

3.19 sujet otologiquement normal: Personne en bonne santé, ne présentant pas de signes ou de symptômes de troubles auditifs, dont le conduit auditif externe n'est pas obstrué par du cérumen, et qui n'a pas été exposée au bruit de façon anormale au cours de son existence.

4 Prescriptions pour les classes spécifiées d'audiomètres   fréquences fixes

Cinq classes différentes d'audiomètres sont spécifiées. Les caractéristiques minimales obligatoirement prescrites sont données dans le tableau 2. D'autres aménagements peuvent être acceptés également.

3.14 artificial ear; (ear simulator): Device for the calibration of an earphone which presents to the earphone an acoustic impedance equivalent to the impedance presented by the average human ear. It is equipped with a calibrated microphone for the measurement of the sound pressure developed by the earphone.

NOTE - An artificial ear is specified in IEC 318.

3.15 acoustic coupler: Cavity of predetermined shape and volume which is used for the calibration of an earphone in conjunction with a calibrated microphone to measure the sound pressure developed within the cavity.

NOTE - An acoustic coupler is specified in IEC 303.

3.16 mechanical coupler: Device designed to present a specified mechanical impedance to a vibrator applied with a specified static force, and equipped with a mechano-electric transducer to enable the alternating force level at the surface of contact between vibrator and mechanical coupler to be determined.

NOTE - A mechanical coupler is specified in IEC 373.

3.17 masking:

- 1) Process by which the threshold of hearing of a sound is raised by the presence of another (masking) sound.
- 2) The amount by which the hearing threshold level is so raised, expressed in decibels.

3.18 effective masking level: The level of a specified masking sound which is numerically equal to that hearing level to which the tone threshold of the notional normal person would be raised by the presence of that masking sound. The notional normal person is one whose hearing conforms to the standards for threshold and for masking efficiency (ISO 389 and ISO 8798).

NOTES

- 1 Effective masking level is thus analogous to hearing level (see 3.12), that is, it is measure of sound on a physical scale, independent of a particular ear under test.
- 2 Reference values for effective masking are given in ISO 8798.

3.19 otologically normal subject: An otologically normal subject is a person in a normal state of health who is free from all signs or symptoms of ear disease and from obstructing wax in the ear canal and has no history of undue exposure to noise.

4 Requirements for specific types of fixed frequency audiometer

Five different types of audiometers are specified by the requirements for minimum mandatory facilities given in table 2. Other facilities are not precluded.

Tableau 2 – Caractéristiques minimales pour les différentes classes d'audiomètres à fréquences fixes

Caractéristiques	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Conduction aérienne – deux écouteurs – écouteur à embout	x x x	x x	x x	x x	x
Conduction osseuse	x	x	x		
Masquage – bruit à bande étroite – bruit à bande étroite ou autre – bruit à large bande	x x x	x x	x		
Application du bruit de masquage – écouteur contralatéral – écouteur ipsilatéral – ossivibrateur	x x x	x	x		
Commutation du son – présentation/interruption du son – son pulsé	x x	x x ¹⁾	x	x x ¹⁾	x
Son pur de référence – présentation alternée – présentation simultanée	x x	x ²⁾			
Dispositif de réponse du patient	x	x	x	x ¹⁾	
Sortie du signal électrique auxiliaire	x	x			
Entrée pour un générateur de signal extérieur	x	x ²⁾			
Niveaux d'audition et fréquences d'essai (voir tableau 4)					
Indicateur de signal d'essai	x	x			
Contrôle acoustique du signal d'essai	x				
Communication vocale entre le sujet et l'opérateur	x				
1) Non obligatoire pour les audiomètres manuels. 2) Non obligatoire pour les audiomètres automatiques enregistreurs.					

5 Prescriptions générales

Les audiomètres pilotés par ordinateur doivent satisfaire aux prescriptions des audiomètres à enregistrement automatique ou manuel.

5.1 Prescriptions de sécurité

Les instruments doivent être conformes aux prescriptions minimales de la CEI concernant la sécurité (voir CEI 601-1).

5.2 Dispositif de réponse du sujet

Le dispositif de réponse du sujet est un moyen par lequel l'expérimentateur peut être informé que le sujet a perçu le signal d'essai.

Table 2 – Minimum facilities for various types of fixed frequency audiometers

Facility	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Air conduction	x	x	x	x	x
– two earphones	x	x	x	x	
– insert earphone	x				
Bone conduction	x	x	x		
Masking					
– narrow-band noise	x	x			
– narrow-band or other noise			x		
– broad-band noise	x	x			
Routing of masking					
– contralateral earphone	x	x	x		
– ipsilateral earphone	x				
– bone vibrator	x				
Tone switching					
– tone presentation/interruption	x	x	x	x	x
– pulsed tone	x	x ¹⁾		x ¹⁾	
Reference tone					
– alternate presentation	x	x ²⁾			
– simultaneous presentation	x				
Subject's response system	x	x	x	x ¹⁾	
Auxiliary electrical signal output	x	x			
Input for external signals	x	x ²⁾			
Hearing levels and test frequencies (see table 4)					
Signal indicator	x	x			
Audible monitoring of test signal	x				
Operator to subject speech communication	x				
¹⁾ Not mandatory for manual audiometers. ²⁾ Not mandatory for automatic recording audiometers.					

5 General requirements

Computer-controlled audiometers shall meet the requirements for manual or automatic recording audiometers.

5.1 Safety requirements

Instruments shall conform to minimum IEC safety requirements (see IEC 601-1).

5.2 Subject's response system

The subject's response system is a means by which the tester may be made aware that the subject has perceived the test signal.

Habituellement, le dispositif de réponse est un interrupteur tenu à la main qui est relié à un indicateur sur l'audiomètre. Dans le cas d'audiomètres automatiques enregistreurs ou pilotés par ordinateurs, l'interrupteur du sujet commande une fonction appropriée de l'audiomètre.

Le boîtier dans lequel est logé l'interrupteur doit être conçu de façon à permettre un fonctionnement facile et sûr d'une seule main. Le dispositif ne doit pas produire de bruits susceptibles de perturber les mesurages du niveau liminaire d'audition.

5.3 *Durée de mise en température*

Les caractéristiques spécifiées par la présente partie doivent être satisfaites après la durée de mise en température spécifiée et après que les réglages préliminaires aient été effectué selon la manière prescrite par le constructeur. La durée minimale de mise en température doit être spécifiée par le constructeur et ne doit pas dépasser 10 min lorsque l'appareil a été entreposé à la température ambiante.

5.4 *Variations de l'alimentation et conditions d'environnement*

5.4.1 *Domaines de température et d'humidité*

Les spécifications doivent être satisfaites pour toute combinaison de valeurs de la température comprises entre +15 °C et +35 °C et de valeurs de taux d'humidité relative comprises entre 30 % et 90 %.

5.4.2 *Fonctionnement sur batteries*

Le constructeur doit indiquer les limites des tensions de batterie à l'intérieur desquelles les spécifications sont satisfaites. L'audiomètre doit comporter un indicateur convenable permettant de s'assurer que les tensions de batterie restent à l'intérieur des limites spécifiées.

5.4.3 *Fonctionnement sur secteur*

Les spécifications doivent être satisfaites pour toute variation à long terme de la tension et de la fréquence du secteur, pour la combinaison la plus défavorable, les variations de la tension étant limitées à ± 10 % et les variations de la fréquence du réseau à ± 5 %.

De plus, les spécifications doivent être satisfaites pour les brèves chutes de tension suivantes du réseau:

- chute de 100 % pendant 10 ms;
- chute de 50 % pendant 20 ms;
- chute de 20 % pendant 50 ms;

sous réserve que l'intervalle de temps entre deux chutes de tension successives est d'au moins 10 s.

Pour toute autre variation brève de la tension du secteur qui peut affecter le fonctionnement de l'audiomètre, celui-ci doit revenir à une situation qui, à la fois, est sans risque pour l'audition du patient et ne conduit pas à des résultats erronés.

Normally the response system is in the form of a hand-held switch which operates an indicator on the audiometer. In the case of automatic recording or computer-controlled audiometers, the subject's switch controls an appropriate function in the audiometer.

The switch shall be housed in such a manner as to enable easy and reliable operation by one hand without generating any noise that might disturb the hearing threshold level measurement.

5.3 *Warm-up time*

The performance requirements of this part shall be met after the stated warm-up time has elapsed and after any setting-up adjustments have been carried out in the manner prescribed by the manufacturer. The minimum warm-up time shall be specified by the manufacturer and shall not exceed 10 min when the unit has been stored at room temperature.

5.4 *Supply variation and environmental conditions*

5.4.1 *Temperature and humidity operating range*

The specifications shall be met for all combinations of values of temperatures within the range +15 °C to +35 °C and relative humidity within the range of 30 % to 90 %.

5.4.2 *Battery operation*

The manufacturer shall state the limits of battery voltages within which the specifications will be met. A suitable indicator shall be provided to ensure that the battery voltages are within the specified limits.

5.4.3 *Mains operation*

The specifications shall be met when any long term deviation in supply voltage or mains frequency in combination is the least favourable within the limits of ± 10 % supply voltage and ± 5 % mains frequency.

Furthermore, the specifications shall be met for the following short-term voltage reductions of the mains supply:

- reduction by 100 % for 10 ms;
- reduction by 50 % for 20 ms;
- reduction by 20 % for 50 ms;

provided that the time interval between such a reduction and the next is at least 10 s.

When any other short-term line voltage variation occurs that may affect its operation, the audiometer shall revert to a condition that will neither endanger the subject's hearing, nor yield invalid results.

5.4.4 Etablissement de la conformité avec les spécifications

On doit montrer la conformité à chacune des spécifications décrites de 5.4.1 à 5.4.3 en mesurant sur un écouteur la fréquence, la distorsion et le niveau de pression acoustique du son lorsque la fréquence affichée est égale à 1 000 Hz et le niveau d'audition affiché est égal à 100 dB ou à la valeur maximale affichable, en prenant la plus petite des deux valeurs. Les mesurages de distorsion doivent être effectués comme indiqué en 6.1.3.

Pour l'essai spécifié en 5.4.1, on doit sortir temporairement l'écouteur de l'environnement d'essai de l'audiomètre de façon à éviter des résultats erronés dus à l'influence de la température sur le coupleur acoustique ou l'oreille artificielle utilisés.

NOTE - Si la fréquence de 1 000 Hz n'existe pas sur un audiomètre de classe 5, il est recommandé de choisir la fréquence la plus proche.

5.4.5 Perturbations électrostatiques ou électromagnétiques

5.4.5.1 Quand il se produit une perturbation électrostatique ou électromagnétique provenant du secteur ou d'une source quelconque, qui peut affecter le fonctionnement d'un audiomètre, celui-ci doit revenir à une situation qui doit être sans danger pour l'audition du sujet ou qui ne conduit pas à des résultats erronés. Les essais préconisés pour les effets des perturbations électrostatiques et électromagnétiques externes sont à l'étude et ne peuvent pas être spécifiés. Toutefois, les notes ci-après contiennent des recommandations concernant les conditions d'essai adéquates.

NOTES

- 1 Les signaux d'essai suivants sont préconisés pour les perturbations créées par des surtensions transitoires du secteur à phase aléatoire de l'une ou l'autre polarité. Il convient que ces surtensions transitoires soient produites en mode commun et en mode série avec une impédance de 50 Ω , et que les valeurs de l'amplitude, du temps de montée, de la durée et de la fréquence de répétition soient celles spécifiées dans le tableau 3.
- 2 Les conditions d'essai suivantes sont préconisées pour les perturbations magnétiques et électromagnétiques: champ magnétique homogène de 60 A/m à la fréquence du secteur et rayonnement électromagnétique d'une intensité de 10 V/m à des fréquences comprises entre 100 kHz et 500 MHz et d'une intensité de 1 V/m à des fréquences comprises entre 500 MHz et 1 000 MHz.
- 3 Un essai préconisé pour les perturbations électrostatiques consiste en une série de décharges électrostatiques de 6 kV et d'énergie 2 mJ appliquées au châssis de l'audiomètre relié à la terre, avec un intervalle minimal de 10 s entre chaque décharge.

Tableau 3 – Amplitude, temps de montée, durée à mi-amplitude et fréquence de répétition

Amplitude	Temps de montée	Durée à mi-amplitude	Fréquence de répétition
500 V	2 ns	100 ns	10 Hz
1 500 V	25 ns	1 μ s	≤ 12 Hz
300 V	Train d'impulsions à environ 1 MHz pendant environ 1 ms		≤ 12 Hz
5 % de la valeur nominale	Onde sinusoïdale superposée au secteur		30 kHz–150 kHz
1 V	Onde sinusoïdale superposée au secteur		150 kHz–400 MHz

5.4.5.2 Il se peut que les transducteurs produisent des sons indésirables en raison de perturbations électrostatiques ou électromagnétiques. Il n'existe pas actuellement d'accord sur une méthode d'essai pour mesurer de tels sons.

5.4.4 Demonstration of conformity with specifications

Conformity with each of the specifications in 5.4.1 to 5.4.3 shall be demonstrated, with one earphone, by measuring frequency, distortion and sound pressure level at 1 000 Hz indicated frequency, at a hearing level of 100 dB or at the maximum hearing level setting, whichever is the lower. Distortion measurements shall be made as indicated in 6.1.3.

For the test specified in 5.4.1, the earphone shall be temporarily removed from the test environment in order to avoid erroneous results due to the influence of temperature on the acoustic coupler or artificial ear used for testing.

NOTE - If 1 000 Hz is not provided on a type 5 instrument, the nearest frequency should be used.

5.4.5 Electrostatic or electromagnetic interference

5.4.5.1 When any external electrostatic or electromagnetic interference, either mains-borne or from any other source, occurs that may affect its operation, the audiometer shall revert to a condition that will not endanger the subject's hearing nor yield invalid results. Tests for the effects of external electrostatic and electromagnetic interference are under consideration and cannot be specified. However, in the following notes, recommendations are made as to appropriate test conditions.

NOTES

1 The following test signals are recommended for assessing mains-borne interference by randomly phased transient overvoltages of either polarity. These transients should be supplied in common-mode and series-mode from an impedance of 50 Ω . The amplitude, rise time, duration and repetition rate should be as specified in table 3.

2 For magnetic and electromagnetic interference the following test conditions are suggested: a homogeneous magnetic field of 60 A/m at mains frequency and electromagnetic radiation of a field strength of 10 V/m at frequencies from 100 kHz to 500 MHz and of a field strength of 1 V/m at frequencies from 500 MHz to 1 000 MHz.

3 A suggested test for electrostatic interference is a series of electrostatic discharges of 6 kV with energy of 2 mJ applied to the earthed chassis of the audiometer with a minimum of 10 s between individual discharges.

Table 3 – Amplitude, rise time, duration and repetition rate

Amplitude	Rise time	Duration at half-amplitude	Repetition rate
500 V	2 ns	100 ns	10 Hz
1 500 V	25 ns	1 μ s	≤ 12 Hz
300 V	Burst of pulses lasting for about 1 ms of about 1 MHz		≤ 12 Hz
5 % of the nominal value	Sine wave superimposed on the mains		30 kHz–150 kHz
1 V	Sine wave superimposed on the mains		150 kHz–400 MHz

5.4.5.2 Unwanted sound may occur from the transducers due to electrostatic or electromagnetic interference. No test procedures are agreed at the present time for measuring unwanted sound.

5.5 Rayonnements acoustiques indésirables

5.5.1 Généralités

Les mesurages acoustiques objectifs peuvent être impraticables pour la vérification de certaines caractéristiques des audiomètres. Dans ce cas, il y a lieu d'effectuer des mesurages acoustiques subjectifs avec au moins deux sujets otologiquement normaux dont les niveaux liminaires d'audition ne dépassent pas 10 dB pour les fréquences d'essai comprises entre 250 Hz et 8 kHz. La salle d'essai pour les essais subjectifs doit satisfaire aux prescriptions données dans l'ISO 8253-1, chapitre 12, tableau 4, colonne de droite, et diminuées de préférence de 10 dB.

5.5.2 Sons indésirables émis par un écouteur

Il peut se produire que des sons indésirables soient émis par un écouteur résultant de signaux électriques produits de différentes manières dans l'audiomètre quand l'interrupteur du signal est sur "Arrêt". Il peut également y avoir des sons indésirables (appelés communément "breakthrough" ou diaphonie) dans l'écouteur qui n'est pas en essai quand le signal d'essai est présent. Le paragraphe 5.5.2.1 décrit une méthode électrique indirecte et le paragraphe 5.5.2.2, une méthode subjective de vérification.

Il peut également se produire des sons indésirables dans l'écouteur quand l'interrupteur de signal n'est pas parfaitement efficace. Le paragraphe 7.6 donne des spécifications pour l'interrupteur de signal.

5.5.2.1 Les sons indésirables provoqués par n'importe laquelle de ces causes peuvent être mesurés électriquement, de façon indirecte, en mesurant la tension efficace, avec la caractéristique temporelle F (voir la CEI 651) aux bornes d'une impédance de charge équivalente, c'est-à-dire d'un circuit résistif de même impédance que l'écouteur à chaque fréquence d'essai, mis à la place de l'écouteur.

- a) La commande de niveau d'audition étant réglée sur 60 dB et l'interrupteur de signal sur "Arrêt", le signal électrique dans chaque bande de tiers d'octave dans la gamme de 125 Hz à 8 kHz doit être d'au moins 10 dB inférieur au signal correspondant au niveau de référence équivalent liminaire à la fréquence médiane de la bande de tiers d'octave.
- b) Lorsque l'interrupteur de signal est sur "Marche", le niveau du signal indésirable dans l'écouteur qui n'est pas en essai ou dans une impédance de charge de substitution doit être inférieur d'au moins 70 dB au niveau du signal d'essai mesuré quand le niveau d'audition est réglé sur 70 dB ou sur une valeur supérieure.

5.5.2.2 Pour les mesurages subjectifs des sons indésirables émis par un écouteur donné, aucun sujet ne doit percevoir de sons autres que les sons d'essais dans la gamme de fréquences de 250 Hz à 6 kHz, quel que soit le réglage des commandes du bruit de masque ou du niveau d'audition jusqu'à un réglage de 70 dB. Pour les fréquences situées en dehors de cette gamme, mais comprises entre 125 Hz et 8 kHz, aucun sujet ne doit percevoir de sons autres que les sons d'essais jusqu'à un réglage de 50 dB. Les essais doivent être effectués dans les deux positions "Marche" et "Arrêt" de l'interrupteur de signal.

Pour les réglages à des niveaux plus élevés, un atténuateur électrique extérieur doit être inséré dans le raccordement de l'écouteur du sujet. Les essais de conformité aux niveaux d'audition supérieurs doivent être effectués avec cet atténuateur externe dont l'atténuation est réglée à une valeur égale à la différence, en décibels, entre le réglage du niveau d'audition de l'audiomètre et 70 dB ou 50 dB respectivement. Pendant l'essai, l'écouteur opposé doit être déconnecté et les autres sorties de l'audiomètre doivent être raccordées à des impédances de charge appropriées (voir 5.5.2.1).

5.5 *Unwanted sound*

5.5.1 *General*

Objective acoustical measurements may be impracticable for testing certain characteristics of audiometer performance. In such cases, subjective tests shall be performed using at least two otologically normal test subjects whose hearing threshold levels shall not exceed 10 dB for the test frequencies 250 Hz to 8 kHz. The test room for subjective tests shall meet the requirements of ISO 8253-1, clause 12, table 4, right-hand column, but preferably 10 dB lower.

5.5.2 *Unwanted sounds from an earphone*

Unwanted sounds from an earphone may arise from electrical signals generated in a variety of ways within the audiometer when the tone switch is "OFF". An unwanted tone (commonly called breakthrough or crosstalk) may also occur in the non-test earphone when the test tone is "ON". An indirect electrical method is described in 5.5.2.1, and a subjective method of verifying performance is described in 5.5.2.2.

An unwanted tone may also occur in the earphone due to the tone switch not being completely effective. Requirements for the tone switch are described in 7.6.

5.5.2.1 Unwanted sounds from any of these causes may be indirectly measured electrically by measuring the r.m.s. voltage time weighted F (see IEC 651) generated across an appropriate dummy load, i.e. a resistor of the same impedance as the earphone at each test frequency, in place of the test earphone.

- a) At a hearing level control setting of 60 dB and with the tone "OFF", the electrical signal in each one-third octave band within the range 125 Hz to 8 kHz shall be at least 10 dB below the signal corresponding to the reference equivalent threshold level for the centre frequency of the one-third octave band.
- b) With the tone "ON", the unwanted signal in the non-test earphone or a substitute dummy load shall be at least 70 dB below the test tone as measured when the hearing level control is set to 70 dB or greater.

5.5.2.2 For subjective measurements of unwanted sound from the non-test earphone, no test subject shall detect any sound other than the test sound for the frequency range 250 Hz to 6 000 Hz at any setting of the masking or hearing level controls up to a setting of 70 dB. For frequencies outside this range but within the range 125 Hz to 8 kHz, no test subject shall detect any sound other than the test sound up to a setting of 50 dB. The tests shall be conducted in both the "ON" and the "OFF" position of the tone switch.

For higher settings, an external electrical attenuator shall be inserted in the subject's earphone connection. Tests for compliance at the higher settings shall be made with the external attenuator set to a value equal to the number of decibels above the audiometer hearing level settings minus 70 dB or 50 dB respectively. The opposite earphone shall be disconnected and the audiometer output terminals connected to an appropriate dummy load (see 5.5.2.1) during the test.

5.5.3 *Sons indésirables émis par un ossivibrateur*

Le constructeur doit préciser à quelles fréquences d'essais l'ossivibrateur peut rayonner des sons à tel point que le son atteignant l'oreille testée, en conduction aérienne, via le conduit auditif externe non occlus, puisse affecter la validité du mesurage en conduction osseuse; il doit également préciser de combien le mesurage peut être affecté.

L'influence de sons rayonnés par l'ossivibrateur sur un résultat d'essai audiométrique est considéré comme négligeable si les niveaux moyens liminaires d'audition de 10 sujets remplissant les conditions données en 5.5.1 remplissent les exigences de c) ci-dessous, dans les conditions d'essai suivantes:

- a) On détermine d'abord le seuil d'audition en conduction osseuse à 2 kHz et au-dessus, à chaque fréquence fournie par l'audiomètre, conformément à l'ISO 8253-1, l'oreille en essai étant obturée par un bouchon dont l'affaiblissement moyen, mesuré conformément à ISO 4869-1 est de 20 dB au moins aux différentes fréquences d'essai.
- b) On répète le processus a) en enlevant le bouchon d'oreille.
- c) On calcule pour chaque fréquence la valeur moyenne des niveaux liminaires d'audition obtenus en a) et en b). La différence entre chaque paire de valeurs moyennes doit être inférieure ou égale à 5 dB.

5.5.4 *Sons indésirables émis par l'audiomètre*

Quand les audiomètres sont destinés à être utilisés dans le même local que le sujet, tout son dû au fonctionnement des commandes de l'audiomètre durant l'essai d'écoute réel ou à un rayonnement émis par l'audiomètre doit être inaudible pour n'importe quelle position de la commande de niveau jusqu'à la position 50 dB inclusivement. L'essai de conformité à cette prescription doit être effectué sur deux sujets au moins remplissant les conditions données en 5.5.1, portant une paire d'écouteurs débranchés et placés à 1 m de l'audiomètre, la sortie électrique de l'audiomètre étant fermée sur une charge résistive égale à l'impédance de l'écouteur à 1 kHz. Lorsque l'audiomètre permet les mesurages en conduction osseuse, l'essai doit être répété sans boucher les oreilles.

NOTE - Cette limitation sur le bruit provenant des commandes s'applique à tout bruit qui pourrait fournir au sujet une indication susceptible d'influer sur les mesures. Elle ne s'applique pas aux dispositifs tels que le sélecteur de sortie ou le commutateur à ressort du réglage de la fréquence, dont le bruit se produirait alors que le sujet n'est pas réellement en essai.

5.6 *Essais des audiomètres à enregistrement automatique et des audiomètres pilotés par ordinateur*

Les audiomètres à enregistrement automatique et les audiomètres pilotés par ordinateur doivent être munis de dispositifs permettant de régler les signaux de manière appropriée dans le but de mesurer les caractéristiques de l'audiomètre.

6 *Générateurs de signaux d'essai*

6.1 *Sons purs*

6.1.1 *Domaine de fréquences et de niveaux d'audition*

Les audiomètres à fréquences fixes de classes 1 à 4 doivent comporter les fréquences d'essai pour lesquelles le domaine minimal de niveaux d'audition est indiqué dans la colonne appropriée du tableau 4. Pour les audiomètres de classes 3 à 5, d'autres fréquences peuvent être choisies parmi celles qui sont indiquées dans la première

5.5.3 *Unwanted sound from a bone vibrator*

The manufacturer shall state at which test frequencies the bone vibrator might radiate sound to such an extent that the sound reaching the test ear by air conduction through the unoccluded ear canal might impair the validity of the bone conduction measurement, and shall state how large this impairment might be.

The influence on an audiometric test result of sound radiation from the bone vibrator is regarded as negligible if the mean hearing threshold levels of 10 subjects meeting the requirements of 5.5.1 fulfil the requirements of c) below when tested as follows:

- a) First determine the bone conduction threshold at 2 kHz and above at each frequency provided by the audiometer, in accordance with ISO 8253-1, with the test ear occluded with an earplug which provides a mean attenuation of at least 20 dB at the test frequencies, as measured in accordance with ISO 4869-1.
- b) Repeat a) with the earplug removed.
- c) At each frequency, calculate the mean values of the hearing threshold levels in a) and b). The difference between each pair of mean values shall not exceed 5 dB.

5.5.4 *Unwanted sound radiated by an audiometer*

Where audiometers are intended to be used with the subject in the same room, any sound due to the operation of the audiometer controls during the actual listening test, or to radiation from the audiometer, shall be inaudible at each setting of the hearing level dial up to and including 50 dB. The test for this requirement shall be made on at least two test subjects meeting the requirements of 5.5.1, wearing a pair of disconnected earphones and located at a distance of 1 m from the audiometer. The electrical output of the audiometer shall be absorbed in a resistive load equal to the impedance of the earphone at 1 kHz; where a bone conduction facility is available, the test shall be repeated with unoccluded ears.

NOTE - This limitation on noise from controls applies to any noise that could furnish the patient with a clue which might influence the test results. It is not intended to apply to a mechanism such as an output selection switch or a detent on the frequency switch that might emit noise when the subject is not actually being tested.

5.6 *Testing of automatic recording and computer-controlled audiometers*

Automatic recording and computer-controlled audiometers shall be provided with means of adequate control of the signals for the purpose of measuring the characteristics of the audiometer.

6 **Test signal sources**

6.1 *Pure tones*

6.1.1 *Frequency and hearing level range*

Fixed frequency audiometers types 1 to 4 shall have test frequencies for which the minimum range of hearing level values is indicated in the appropriate column of table 4.

colonne. On peut également utiliser des fréquences supplémentaires choisies parmi les fréquences médianes de tiers d'octave; cependant, les valeurs de niveaux de pression acoustique équivalents liminaires de référence ne sont connues que jusqu'à 8 kHz. Voir l'ISO 389.

Pour les audiomètres à balayage de fréquence, les domaines de fréquences et de niveaux d'audition doivent être au moins les mêmes que ceux des audiomètres à fréquences fixes, donnés dans le tableau 4.

6.1.2 Exactitude de la fréquence

Pour les audiomètres à fréquence fixe, les fréquences ne doivent pas s'écarter des valeurs individuelles indiquées de plus des valeurs suivantes:

Classe 1: $\pm 1 \%$

Classe 2: $\pm 2 \%$

Classes 3 à 5: $\pm 3 \%$

Pour les audiomètres à balayage de fréquence, la fréquence du son d'essai ne doit pas différer de plus de $\pm 5 \%$ de la valeur indiquée sur l'audiogramme.

Tableau 4 – Nombre minimal de fréquences à fournir et gamme minimale de valeurs de niveaux d'audition pour les audiomètres à fréquences fixes

Fréquence (Hz)	Niveau d'audition (dB) ¹⁾							
	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4 ²⁾	Classe 5
	Conduction aérienne		Conduction osseuse		Conduction osseuse		Conduction aérienne seulement	
125	70	³⁾	60	—	—	—	—	Facultatif
250	90	45	80	45	70	35	—	
500	120	60	110	60	100	50	70	
750	120	60	—	—	—	—	—	
1 000	120	70	110	70	100	60	70	
1 500	120	70	110	70	—	—	—	
2 000	120	70	110	70	100	60	70	
3 000	120	70	110	70	100	60	70	
4 000	120	60	110	60	100	50	70	
6 000	110	50	100	³⁾	90	³⁾	70	
8 000	100	³⁾	90	³⁾	80	³⁾	⁴⁾	

1) Le niveau d'audition maximal doit être au moins égal aux valeurs indiquées dans le tableau. Le niveau d'audition minimum doit être de -10 dB ou inférieur pour toutes les fréquences pour les classes 1 à 4 et facultatif pour la classe 5.

2) En vue de la protection de l'audition, il convient d'étendre à un niveau d'audition de 90 dB le domaine des niveaux d'audition pour les audiomètres de classe 4.

3) L'ISO 7566 fait référence à l'emploi de ces fréquences.

4) L'ISO 6189 fait référence à l'emploi de ces fréquences.

Other frequencies may be selected from column 1 for types 3 to 5. Additional frequencies may be used at one-third octave frequencies up to 8 kHz for which RETSPL values are given in ISO 389.

For sweep frequency audiometers, the ranges of frequencies and hearing levels shall be at least equal to those given in table 4 for fixed frequency audiometers.

6.1.2 Frequency accuracy

For fixed frequency audiometers, the frequencies shall be equal to the individual values within the following tolerances:

Type 1: $\pm 1 \%$

Type 2: $\pm 2 \%$

Types 3 to 5: $\pm 3 \%$

For continuous sweep frequency audiometers, the frequency of the test tone shall agree with the value indicated on the audiogram within $\pm 5 \%$.

Table 4 – Minimum number of frequencies to be provided and minimum range of values of hearing level for fixed frequency audiometers

Frequency (Hz)	Hearing levels (dB) ¹⁾							
	Type 1		Type 2		Type 3		Type 4 ²⁾	Type 5
	Air conduction		Bone conduction		Bone conduction		Air conduction only	
125	70	³⁾	60	—	—	—	—	Optional
250	90	45	80	45	70	35	—	
500	120	60	110	60	100	50	70	
750	120	60	—	—	—	—	—	
1 000	120	70	110	70	100	60	70	
1 500	120	70	110	70	—	—	—	
2 000	120	70	110	70	100	60	70	
3 000	120	70	110	70	100	60	70	
4 000	120	60	110	60	100	50	70	
6 000	110	50	100	³⁾	90	³⁾	70	
8 000	100	³⁾	90	³⁾	80	³⁾	⁴⁾	

¹⁾ Maximum hearing level to be at least equal to tabulated values. Minimum hearing level to be -10 dB or lower for all frequencies for type 1 to 4 and optional for type 5.

²⁾ For hearing conservation purposes, the hearing level range for type 4 audiometers should be extended to 90 dB HL.

³⁾ ISO 7566 gives values for these frequencies.

⁴⁾ ISO 6189 refers to the use of this frequency.

6.1.3 Distorsion harmonique

Le niveau maximal des harmoniques des signaux d'essai, exprimé par rapport au fondamental, ne doit pas dépasser les valeurs données au tableau 5. La distorsion doit être mesurée pour le réglage de la commande de niveau d'audition indiqué dans ce tableau, ou pour le réglage maximal de cette commande sur l'audiomètre, en prenant la plus petite de ces deux valeurs, et en utilisant la méthode décrite dans la CEI 268-3. Le mesurage d'harmoniques aux fréquences supérieures à 10 kHz n'est pas prescrit.

- a) Dans le cas de la conduction aérienne, la distorsion du signal acoustique doit être mesurée en utilisant un coupleur acoustique ou une oreille artificielle, du type utilisé pour la spécification du niveau de référence équivalent liminaire.
- b) Pour la conduction osseuse, la distorsion doit être mesurée en utilisant un coupleur mécanique.

Comme il n'est pas possible de spécifier de façon adéquate la distorsion harmonique maximale admissible pour garantir l'obtention de résultats corrects en conduction osseuse pour tous les types de pertes d'audition, le constructeur doit préciser les fréquences et les niveaux d'audition auxquels la non-linéarité de l'ossivibrateur fourni peut affecter la validité des mesures en conduction osseuse.

NOTE - En raison des limitations des coupleurs acoustiques et mécaniques ainsi que des oreilles artificielles, les mesurages des harmoniques peuvent ne pas décrire parfaitement les propriétés de non-linéarité du système.

Tableau 5 – Valeurs maximales admissibles de la distorsion harmonique, exprimées en pourcentage de la pression acoustique ou de la force vibratoire

Gamme de fréquences (Hz)	Conduction aérienne			Conduction osseuse		
	125 à 250	315 à 400	500 à 5 000	250 à 400	500 à 800	1 000 à 5 000
Niveau d'audition (dB)	75 ¹⁾	90 ¹⁾	110 ¹⁾	20	50 ¹⁾	60 ¹⁾
Distorsion harmonique d'ordre 2	2	2	2	5	5	5
Distorsion harmonique d'ordre 3	2	2	2	2	2	2
Distorsion harmonique d'ordre 4 ou supérieur	0,3	0,3	0,3	1	1	1
Distorsions sous-harmoniques	–	0,3	0,3	–	–	–
Distorsion harmonique globale	2,5	2,5	2,5	5,5	5,5	5,5
1) Ou niveau de sortie maximal de l'audiomètre, on choisira la plus petite de ces valeurs.						

6.1.4 Taux de variation de la fréquence

Lorsqu'un balayage de fréquences continu existe pour des systèmes à enregistrement automatique, un des taux de variation de la fréquence doit être de 1 octave par minute ± 20 %. Si un audiomètre à enregistrement automatique délivre des sons de fréquences fixes, un intervalle d'au moins 30 s doit être alloué à chaque fréquence.

6.1.3 Harmonic distortion

The maximum level of the harmonics relative to the fundamental of the test tone shall not exceed the values given in table 5. Distortion shall be measured at the hearing level listed or at the maximum hearing level setting on the audiometer, whichever is the lower, in keeping with the procedure described in IEC 268-3, except that measurement of harmonics at frequencies above 10 kHz is not required.

- a) For air conduction, distortion shall be measured acoustically on an acoustic coupler or artificial ear of the type which is used for the specification of reference equivalent threshold level.
- b) For bone conduction, distortion shall be measured on a mechanical coupler.

Since it is not possible to specify maximum permissible harmonic distortion adequately to ensure that correct bone conduction results are obtained for all types of hearing losses, the manufacturer shall state at which frequencies and at which hearing levels non-linearity of the bone vibrator provided might impair the validity of bone conduction measurements.

NOTE - Due to the limitations of acoustic couplers, artificial ears and mechanical couplers, measurements of harmonics may not accurately describe the non-linear properties of the system.

Table 5 – Maximum permissible harmonic distortion, expressed in percentage of sound pressure or vibratory force

Frequency range (Hz)	Air conduction			Bone conduction		
	125 to 250	315 to 400	500 to 5 000	250 to 400	500 to 800	1 000 to 5 000
Hearing level (dB)	75 ¹⁾	90 ¹⁾	110 ¹⁾	20	50 ¹⁾	60 ¹⁾
Second harmonic distortion	2	2	2	5	5	5
Third harmonic distortion	2	2	2	2	2	2
Fourth and each higher harmonic distortion	0,3	0,3	0,3	1	1	1
All sub-harmonic distortions	–	0,3	0,3	–	–	–
Total harmonic distortion	2,5	2,5	2,5	5,5	5,5	5,5
1) Or relevant maximum output level for the audiometer, whichever is the lower						

6.1.4 Rate of frequency change

Where automatic recording facilities include a continuous sweep frequency, one of the rates of frequency change shall be 1 octave per minute ± 20 %. If an automatic recording audiometer provides fixed frequencies, a minimum period of 30 s shall be allowed at each frequency.

6.1.5 *Modulation de fréquence*

Aucune spécification n'est donnée, mais les constructeurs doivent spécifier le signal comme indiqué à l'article 10.

6.2 *Source externe de signaux*

6.2.1 *Signaux*

En audiométrie, on peut utiliser d'autres signaux que les sons purs, tels que la parole, des signaux complexes, etc. Néanmoins, il n'existe pas de normes spécifiant de tels signaux et, en conséquence, la présente partie ne donne pas de prescription concernant les paramètres des signaux complexes.

6.2.2 *Réponse en fréquence et sensibilité*

Le constructeur doit spécifier les caractéristiques de réponse en fréquence en indiquant le niveau de sortie acoustique correspondant à une tension d'alimentation constante aux bornes de la prise d'entrée externe. Le niveau de sortie acoustique doit être mesuré dans un coupleur acoustique ou une oreille artificielle dans la gamme de fréquences de 250 Hz à 8 000 Hz.

Le constructeur doit également spécifier la sensibilité électrique de l'entrée externe en précisant la tension d'entrée requise à 1 kHz pour un niveau de pression acoustique de sortie spécifiée, comme indiqué en 7.2.

6.2.3 *Niveau de référence pour la source externe de signaux*

Le signal externe doit pouvoir être contrôlé par un dispositif indicateur; voir 7.2.

6.3 *Bruits de masque*

Pour les audiomètres délivrant des bruits de masque, tous les mesurages des bruits de masque doivent être effectués avec le même coupleur acoustique, la même oreille artificielle ou le même coupleur mécanique que celui ou celle utilisé pour les mesurages des sons purs.

6.3.1 *Bruit à bande étroite*

Si l'audiomètre fournit un bruit de masque à bande étroite, les bandes de bruit doivent être géométriquement centrées autour des fréquences des signaux d'essai. Les limites des bandes de bruit de masque figurent dans le tableau 6. En dehors des limites de ces bandes, le niveau de densité spectrale de pression acoustique du bruit doit diminuer d'au moins 12 dB par octave dans au moins trois octaves et ne doit pas, dans le reste du spectre, être supérieur à -36 dB par rapport au niveau au centre de la bande. Aucun mesurage n'est prescrit en dehors de la bande de fréquences de 31,5 Hz à 10 kHz.

NOTE - Les bandes de bruit définies dans le tableau 6 correspondent au minimum à des bandes de tiers d'octave et au maximum à des bandes de demi-octave aux fréquences médianes égales et supérieures à 400 Hz. De telles bandes sont plus larges que les bandes critiques pour le même masquage effectif et nécessitent donc un niveau de pression acoustique global supérieur d'environ 3 dB à celui des bandes critiques pour obtenir ce masquage effectif; voir l'ISO 8798. Ces bandes plus larges sont recommandées car elles minimisent la perception d'une tonalité pour le bruit de masque.

6.1.5 *Frequency modulation*

No specification is given, but manufacturers shall specify the signal as indicated in clause 10.

6.2 *External signal source*

6.2.1 *Signals*

Signals other than pure tones may be used in audiometry such as speech, complex signals, etc. However, standards have not been established for such signals and therefore this part does not specify the parameters required for speech or complex signals.

6.2.2 *Frequency response and sensitivity*

The manufacturer shall specify the frequency response characteristics in terms of the acoustic output with a constant voltage applied to the external input socket. The acoustic output shall be measured in an acoustic coupler or artificial ear in the frequency range 250 Hz to 8 000 Hz.

The manufacturer shall also specify the electrical sensitivity of the external input in terms of the voltage input at 1 kHz required for a stated output sound pressure level, as indicated in 7.2.

6.2.3 *Reference levels for external signal source*

The external signal shall be capable of being monitored by a signal indicator, see 7.2.

6.3 *Masking sounds*

For audiometers which provide masking sounds, all measurements of the masking sounds shall be made in the same acoustic coupler, artificial ear or mechanical coupler as is used for pure-tone measurement.

6.3.1 *Narrow-band noise*

If the audiometer provides narrow-band masking, the noise bands shall be centred geometrically around the test frequencies. The band limits for the masking noise are given in table 6. Outside these band limits the sound pressure spectrum density level of the noise shall fall at a rate of at least 12 dB per octave for at least three octaves and not rise above –36 dB relative to the level at the band centre thereafter. Measurements are not required outside the range 31,5 Hz to 10 kHz.

NOTE - The bands of noise defined by table 6 correspond to one-third octave as a minimum and one-half octave as a maximum at centre frequencies of 400 Hz and above. These bands are wider than the critical bands for the same effective masking and thus require an overall sound pressure level greater than critical bands for effective masking, approximately 3 dB, see ISO 8798. The use of wider bands has the advantage of minimizing perceived tonality of the masking noise.

Tableau 6 – Bruit de masque à bande étroite: Fréquences de coupure inférieures et supérieures pour un niveau de densité spectrale de pression acoustique de -3 dB par rapport au niveau correspondant à la fréquence médiane de la bande

Fréquence médiane (Hz)	Fréquence de coupure inférieure (Hz)		Fréquence de coupure supérieure (Hz)	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
125	105	111	140	149
160	136	143	180	190
200	168	178	224	238
250	210	223	281	297
315	265	281	354	375
400	336	356	449	476
500	420	445	561	595
630	530	561	707	749
750	631	668	842	892
800	673	713	898	951
1 000	841	891	1 120	1 190
1 250	1 050	1 110	1 400	1 490
1 500	1 260	1 340	1 680	1 780
1 600	1 350	1 430	1 800	1 900
2 000	1 680	1 780	2 240	2 380
2 500	2 100	2 230	2 810	2 970
3 000	2 520	2 670	3 370	3 570
3 150	2 650	2 810	3 540	3 750
4 000	3 360	3 560	4 490	4 760
5 000	4 200	4 450	5 610	5 950
6 000	5 050	5 350	6 730	7 140
6 300	5 300	5 610	7 070	7 400
8 000	6 730	7 130	8 980	9 510

En raison des limitations des transducteurs, des coupleurs acoustiques, des oreilles artificielles et des coupleurs mécaniques, les mesurages à des fréquences supérieures à 5 kHz ne peuvent pas décrire parfaitement le spectre du bruit de masque.

Aux fréquences médianes supérieures à 5 kHz, il est souhaitable que les mesurages soient effectués électriquement aux bornes du transducteur.

NOTE - Les valeurs minimales et maximales des fréquences de coupure inférieure et supérieure, $f_l(\text{min.})$, $f_l(\text{max.})$, $f_u(\text{min.})$, $f_u(\text{max.})$, sont calculées d'après les formules suivantes (voir CEI 225):

$$f_l(\text{min.}) = f_m / 2^{1/4} \quad f_l(\text{max.}) = f_m / 2^{1/6}$$

$$f_u(\text{min.}) = f_m \cdot 2^{1/6} \quad f_u(\text{max.}) = f_m \cdot 2^{1/4}$$

où f_m est la fréquence médiane.

Les valeurs du tableau 6 sont arrondies en ne conservant que les trois premiers chiffres significatifs.

6.3.2 Bruit à bande large

a) Bruit blanc: Si on utilise un bruit blanc, son niveau de densité spectrale de pression acoustique, mesuré dans un coupleur acoustique ou une oreille artificielle, ne doit pas différer de plus de ± 5 dB de sa valeur à 1 kHz, dans le domaine de fréquences de 250 Hz à 6 kHz.

Table 6 – Narrow-band masking noise: Upper and lower cut-off frequencies for a sound pressure spectrum density level of –3 dB referred to the level at the centre frequency of the band

Centre frequency (Hz)	Lower cut-off frequency (Hz)		Upper cut-off frequency (Hz)	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
125	105	111	140	149
160	136	143	180	190
200	168	178	224	238
250	210	223	281	297
315	265	281	354	375
400	336	356	449	476
500	420	445	561	595
630	530	561	707	749
750	631	668	842	892
800	673	713	898	951
1 000	841	891	1 120	1 190
1 250	1 050	1 110	1 400	1 490
1 500	1 260	1 340	1 680	1 780
1 600	1 350	1 430	1 800	1 900
2 000	1 680	1 780	2 240	2 380
2 500	2 100	2 230	2 810	2 970
3 000	2 520	2 670	3 370	3 570
3 150	2 650	2 810	3 540	3 750
4 000	3 360	3 560	4 490	4 760
5 000	4 200	4 450	5 610	5 950
6 000	5 050	5 350	6 730	7 140
6 300	5 300	5 610	7 070	7 400
8 000	6 730	7 130	8 980	9 510

Due to limitations of transducers, acoustic couplers, artificial ears and mechanical couplers, measurements above 5 kHz may not accurately describe the spectrum of the masking noise.

At centre frequencies above 5 kHz measurements shall be made electrically across the transducer terminals.

NOTE - The minimum and maximum lower and upper cut-off frequencies, $f_l(\text{min.})$, $f_l(\text{max.})$, $f_u(\text{min.})$, $f_u(\text{max.})$, are given by the following formulae (see IEC 225):

$$f_l(\text{min.}) = f_m / 2^{1/4} \qquad f_l(\text{max.}) = f_m / 2^{1/6}$$

$$f_u(\text{min.}) = f_m \cdot 2^{1/6} \qquad f_u(\text{max.}) = f_m \cdot 2^{1/4}$$

where f_m is the centre frequency.

The values given in table 6 are rounded to the first three significant digits.

6.3.2 Broad-band noise

a) White noise: If white noise is used, it shall have a sound pressure spectrum density level, as measured in the acoustic coupler or artificial ear, which is uniform within ± 5 dB relative to the 1 kHz level over the frequency range 250 Hz to 4 kHz.

b) Bruit aléatoire pondéré pour le masquage des sons purs: Si l'audiomètre fournit un bruit aléatoire pondéré destiné au masquage des sons purs, son spectre doit être tel que, pour un masquage nul, le niveau de pression acoustique dans chaque bande de tiers d'octave soit égal, à ± 5 dB près, de 250 Hz à 4 kHz, au niveau de référence équivalent de pression acoustique liminaire pour chaque fréquence d'essai:

6.3.3 *Autres bruits de masque*

Si d'autres types de bruit de masque sont disponibles, le constructeur doit spécifier leurs caractéristiques spectrales.

7 **Commande des niveaux de signal**

7.1 *Marquage*

Les audiomètres étalonnés conformément à cette norme doivent porter une marque d'identification "Niveau d'audition ISO". Le niveau maximal mesurable doit être indiqué pour chaque fréquence et pour chaque transducteur.

7.2 *Indicateur de signal*

Si un indicateur de signal d'essai est fourni (voir tableau 2) de façon à permettre le contrôle du niveau du signal provenant d'une source externe pour le fonctionnement correct, le constructeur doit spécifier la lecture de l'indicateur qui constitue le point de référence pour un son pur de 1 kHz. L'indicateur peut également permettre de contrôler les signaux produits par l'audiomètre.

Le constructeur doit préciser les caractéristiques du dispositif indicateur du signal, c'est-à-dire la caractéristique temporelle, la dynamique et les caractéristiques de redressement.

Le dispositif indicateur doit être raccordé en un point du circuit situé en amont de la commande de niveau d'audition. On doit pouvoir ajuster le gain de l'amplificateur de façon à couvrir un domaine de 20 dB dans le niveau global du signal d'essai.

Le constructeur doit préciser le niveau de sortie mesuré sur un coupleur ou une oreille artificielle, lorsque la commande de niveau d'audition est sur une valeur spécifiée et que l'entrée est alimentée par un signal d'étalonnage de référence de 1 kHz qui correspond à la position de référence sur l'indicateur.

7.3 *Exactitude des niveaux de pression acoustique et des niveaux de force vibratoire*

Quand le transducteur est alimenté par le signal d'un canal unique, le niveau de pression acoustique produit par le ou les écouteurs ou le niveau de force produit par l'ossivibrateur, diminué du niveau de référence équivalent liminaire, ne doit pas différer de plus de ± 3 dB de la valeur indiquée pour les fréquences comprises entre 125 Hz et 4 kHz ni de plus de ± 5 dB pour les fréquences 6 kHz et 8 kHz, et ce pour n'importe quel réglage du cadran de niveau d'audition.

Si plusieurs canaux pour les signaux et/ou le bruit sont connectés simultanément à un seul transducteur, le niveau de sortie de n'importe quel signal (ou bruit) émis par le transducteur doit différer de moins de ± 1 dB du niveau obtenu lorsqu'un seul canal est connecté. Cette exigence doit être satisfaite pour le domaine de fréquences comprises entre 125 Hz et 4 kHz; aux fréquences plus élevées la tolérance est de ± 2 dB. Ces prescriptions s'appliquent jusqu'aux valeurs du niveau d'audition inférieures de 20 dB au niveau de sortie maximal.

b) Weighted broad-band noise for the masking of pure tones: If the audiometer provides weighted broad-band noise for pure-tone masking, its spectrum shall be so shaped that for zero masking, the sound pressure level in each one-third octave band is equal within ± 5 dB from 250 Hz to 4 kHz to the reference equivalent threshold level for each test frequency.

6.3.3 *Other masking sounds*

If other types of masking sounds are provided, the manufacturer shall specify their spectral properties.

7 **Signal level control**

7.1 *Marking*

Audiometers calibrated to this standard shall be identified by the designation "ISO hearing level". The maximum hearing level setting for each frequency and transducer shall be indicated.

7.2 *Signal indicator*

If a signal indicator is provided (see table 2) to allow the level of the external input signal to be monitored for correct operation, the manufacturer shall specify a reading of the signal indicator that is considered to be a reference point for a 1 kHz pure tone. The indicator may also serve to monitor internally generated signals.

The manufacturer shall state the characteristics of the signal indicator, i.e. time weighting, dynamic range and rectifier characteristics.

The indicator shall be connected at a point in the circuit before the hearing level control. Provision shall be made in the amplifier for adjustment of its gain to accommodate a range of 20 dB in the overall level of the signal presented.

The manufacturer shall state the output level as measured on the coupler or artificial ear, with the hearing level control set at a stated value and the input activated by a calibration signal of stated level and frequency 1 kHz which brings the monitor indicator to its reference indication.

7.3 *Accuracy of sound pressure level and vibratory force level*

When one signal channel is connected to the transducer, the sound pressure level produced by the earphone(s) or the force level produced by the vibrator minus the reference equivalent threshold level, shall differ by not more than ± 3 dB from the indicated value at any setting of the hearing level dial at indicated frequencies in the range 125 Hz to 4 kHz and by not more than ± 5 dB at 6 kHz and 8 kHz.

If more than one channel for signal and/or noise is connected simultaneously to a single transducer, the output level of either signal (or noise) from the transducer shall differ by less than ± 1 dB from the level obtained when one channel is connected. This requirement shall be met at frequencies from 125 Hz to 4 kHz and with a tolerance of ± 2 dB at higher frequencies, and shall apply to hearing levels up to 20 dB below the maximum output level.

Les audiomètres à balayage de fréquences doivent respecter les exigences ci-dessus à toutes les fréquences médianes de tiers d'octave appropriées; entre ces fréquences, les variations du niveau de sortie doivent être régulières.

Les mesurages pour établir la conformité à ce paragraphe doivent être effectués ou se référer aux conditions normalisées de température et de pression, à savoir une température de 23 °C et une pression atmosphérique égale à 101,3 kPa.

7.4 *Commande de niveau d'audition*

7.4.1 *Audiomètres manuels*

Le cadran de niveau d'audition doit posséder une échelle unique et un point zéro de référence fixe commun à toutes les fréquences. Pour les audiomètres des classes 1, 2, 3 et 4, les graduations du cadran doivent comporter des échelons inférieurs ou égaux à 5 dB, la graduation 0 dB correspondant, pour chaque fréquence, au niveau de référence équivalent liminaire.

7.4.2 *Audiomètres à enregistrement automatique*

Pour les audiomètres de classes 1, 2 ou 3, un taux de variation du niveau égal à 2,5 dB/s doit être prévu. Si d'autres taux de variation existent, ils doivent être égaux à 1,25 dB/s et/ou 5 dB/s. Pour les audiomètres de classe 4, le taux doit être égal à 2,5 dB/s ou 5 dB/s. La tolérance doit être de $\pm 20\%$.

La résolution de la commande de niveau d'audition doit être spécifiée par le constructeur.

7.4.3 *Audiomètres pilotés par ordinateur*

Les audiomètres pilotés par ordinateur doivent satisfaire aux exigences correspondantes des audiomètres manuels et à enregistrement automatique. Ils doivent comporter un dispositif d'indication du niveau du signal d'essai.

7.4.4 *Précision de la commande*

La différence mesurée sur le signal de sortie entre deux valeurs successives du niveau d'audition indiqué, qui ne diffèrent pas entre elles de plus de 5 dB, ne doit pas s'écarter de la différence indiquée sur le cadran de plus de trois dixièmes de cette valeur, exprimée en décibels, ou de plus de 1 dB, on choisira la plus petite de ces deux valeurs.

Pour les audiomètres à enregistrement automatique, la différence mesurée sur le signal de sortie entre deux valeurs indiquées quelconques du niveau d'audition, qui ne diffèrent pas entre elles de plus de 10 dB, ne doit pas s'écarter de la différence indiquée sur le cadran de plus de 1 dB ou de plus de trois dixièmes de cette différence, on choisira la plus petite de ces deux valeurs.

NOTE - Il convient que les mesurages de conformité avec les exigences ci-dessus soient effectués acoustiquement, chaque fois que cela est possible. Si on opère par voie électrique, il convient d'effectuer les mesurages aux bornes d'entrée du transducteur, ce dernier étant appliqué au coupleur ou à l'oreille artificielle. On peut également remplacer le transducteur par une impédance de charge équivalente à l'impédance du transducteur à la fréquence d'essai.

Sweep frequency audiometers shall meet the requirements above at all appropriate one-third octave frequencies; the output level shall vary smoothly between these frequencies.

Measurements for conformity with this subclause shall be made at, or refer to, standard conditions of temperature and air pressure, i.e. at a temperature of 23 °C and an air pressure of 101,3 kPa.

7.4 Hearing level control

7.4.1 Manual audiometers

The hearing level indicator shall have only one scale and one reference zero point which is common for all frequencies. Indicator readings of hearing level controls for type 1, 2, 3 and 4 audiometers shall be calibrated in intervals of 5 dB or less, with the 0 dB setting at each frequency corresponding to the reference equivalent threshold level.

7.4.2 Automatic recording audiometers

For type 1, 2 and 3 audiometers, a rate of change of 2,5 dB/s shall be provided. If additional rates are provided, they shall be 1,25 dB/s and/or 5 dB/s. For type 4 audiometers, the rate of change shall be 5 dB/s or 2,5 dB/s. The tolerance shall be $\pm 20\%$.

The resolution of the hearing level control shall be stated by the manufacturer.

7.4.3 Computer-controlled audiometers

Computer controlled audiometers shall meet the requirements for manual and automatic recording audiometers as appropriate and shall have means of indicating the signal level being presented.

7.4.4 Accuracy of control

The measured difference in output between two successive indications of hearing level which are not more than 5 dB apart shall not differ from the indicated difference on the indicator by more than three-tenths of the indicated interval measured in decibels or by more than 1 dB, whichever is the smaller.

For automatic recording audiometers, the measured difference in output between any two designations of hearing level which are less than 10 dB apart shall not differ from the indicated difference on the indicator by more than 1 dB or by more than three-tenths of the indicated difference whichever is the smaller.

NOTE - Whenever possible, measurements for conformity with the above requirements should be made acoustically. If electrical measurements are made, they should be at the input to the transducer with the transducer attached to a coupler or an artificial ear. Alternatively, the transducer may be replaced by a dummy load which simulates the transducer impedance at the test frequency.

7.5 *Bruit de masque*

7.5.1 *Echelons*

L'indicateur de niveau de bruit de masque doit comporter une graduation unique et un point zéro de référence commun à toutes les fréquences et le même que pour l'indicateur de niveau d'audition. L'intensité du bruit de masque doit être ajustable par échelons de 5 dB ou moins.

7.5.2 *Niveau de référence*

- a) Pour le bruit à bande étroite, le cadran de réglage du niveau de bruit de masque doit être étalonné en masquage effectif, exprimé en décibels, conformément à l'ISO 8798.

NOTE - Pour les audiomètres de classe 1, il convient que cette exigence soit remplie pour l'un des canaux de masquage spécifiés et que des corrections appropriées soient effectuées pour les autres transducteurs.

- b) Pour les autres types de bruit, le cadran de réglage du niveau de bruit de masque doit être étalonné en niveau de pression acoustique, ou en masquage effectif, mesuré lorsque l'écouteur est placé sur un coupleur acoustique ou une oreille artificielle, selon le dispositif utilisé pour spécifier le niveau de référence équivalent liminaire. Le constructeur doit spécifier le niveau global de pression acoustique et le niveau de pression par bande de tiers d'octave dans le domaine de fréquences utilisable.

7.5.3 *Exactitude des niveaux de bruit de masque*

L'écart entre le niveau de bruit de masque produit par un écouteur et la valeur indiquée doit être compris entre -3 dB et +5 dB.

La différence mesurée sur le signal de sortie entre deux valeurs indiquées du niveau de masque, qui ne diffèrent pas entre elles de plus de 5 dB, ne doit pas s'écarter de la différence indiquée sur le cadran de plus de trois dixièmes de cette différence, exprimée en décibels, ou de plus de 1 dB, on choisira la plus petite de ces deux valeurs.

NOTE - Il convient que les mesurages de conformité avec les exigences ci-dessus soient effectués acoustiquement, chaque fois que cela est possible. Si on opère par voie électrique, il convient d'effectuer les mesurages aux bornes d'entrée du transducteur, ce dernier étant appliqué au coupleur ou à l'oreille artificielle. On peut également remplacer le transducteur par une impédance de charge équivalente à l'impédance du transducteur à la fréquence d'essai.

7.5.4 *Domaine de variation du niveau de bruit de masque*

Le bruit de masque doit pouvoir être produit à des niveaux suffisants pour masquer les sons purs correspondant à un niveau d'audition de 60 dB à 250 Hz, de 75 dB à 500 Hz et de 80 dB aux fréquences comprises entre 1 kHz et 4 kHz. Le niveau de bruit de masque doit être ajustable à partir d'un niveau d'audition de 0 dB jusqu'aux valeurs données ci-dessus.

7.6 *Interruption du son*

7.6.1 *Interrupteur de son des audiomètres manuels*

Les audiomètres manuels doivent comporter un interrupteur de son pour la présentation ou l'interruption du signal d'essai. Cet interrupteur et ses circuits associés doivent être tels que le sujet réponde au signal d'essai plutôt qu'au bruit mécanique (voir 5.5.4) ou aux phénomènes transitoires.

7.5 *Masking sound*

7.5.1 *Intervals*

The masking level indicator shall have only one scale and one reference zero point which is common for all frequencies and the same as for the hearing level indicator. The masking level shall be adjustable in steps of 5 dB or less.

7.5.2 *Reference level*

- a) For narrow-band noise, the masking level control shall be calibrated in decibels of effective masking according to ISO 8798.

NOTE - For type 1 audiometers, this requirement should be fulfilled for one of the specified masking channels and appropriate corrections should be supplied for the other transducers.

- b) For other sounds, the masking level control shall be calibrated in sound pressure level or in effective masking as measured with the earphone on an artificial ear or acoustic coupler, whichever is used for the specification of the reference equivalent threshold level. The manufacturer shall specify the overall sound pressure level and the sound pressure level in one-third octave bands over the usable frequency range.

7.5.3 *Accuracy of masking levels*

The level of the masking sound produced by an earphone shall not differ from the indicated value by more than +5 dB to -3 dB.

The measured difference in output between any two indications of masking level which are not more than 5 dB apart shall differ from the indicated difference on the indicator by not more than three-tenths of the indicated difference measured in decibels or by 1 dB, whichever is the smaller.

NOTE - Wherever possible, measurements for conformity with this requirement should be made acoustically. If electrical measurements are made, they should be performed at the input to the transducer with the transducer attached to a coupler or artificial ear. Alternatively, the transducer may be replaced by a dummy load which simulates the transducer impedance at that test frequency.

7.5.4 *Masking level range*

The masking sound shall be available at levels at least sufficient to mask pure tones at a hearing level of 60 dB at 250 Hz, 75 dB at 500 Hz and 80 dB from 1 kHz to 4 kHz. The level of the masking sound shall be adjustable over a range from 0 dB hearing level to the above levels.

7.6 *Tone switching*

7.6.1 *Tone switch for manual audiometers*

Manual audiometers shall be provided with a tone switch for the presentation or the interruption of the test tone. The switch and its associated circuitry shall be such that the subject will respond to the test tone rather than to mechanical noise (see 5.5.4) or to transients.

NOTE - Un audiomètre peut comprendre un circuit de porte qui commande la durée et/ou la fréquence de répétition d'un son pulsé.

7.6.2 Rapport émission/coupure pour les audiomètres manuels

Lorsque l'interrupteur est en position de coupure du son et que la commande de niveau d'audition est placée sur la position 60 dB ou au-dessous, le niveau de sortie doit être inférieur d'au moins 10 dB au niveau de référence équivalent liminaire. Pour les positions de la commande de niveau d'audition supérieures à 60 dB, l'interrupteur étant toujours en position de coupure, le niveau de sortie ne doit pas croître de plus de 10 dB pour chaque augmentation de 10 dB de la commande du niveau d'audition.

7.6.3 Durée d'établissement et d'extinction du son pour les audiomètres manuels

– Position «émission»: lorsque l'interrupteur de son est manoeuvré vers la position «émission», la durée d'établissement du son doit satisfaire aux prescriptions suivantes (voir figure 1):

- la durée correspondant à AC ne doit pas être supérieure à 200 ms;
- la durée correspondant à BC doit être au moins égale à 20 ms.

Entre B et C, le niveau de pression acoustique doit croître de manière progressive sans discontinuité.

– Position «coupure»: lorsque l'interrupteur de son est manoeuvré vers la position «coupure», la durée d'extinction du son doit satisfaire aux prescriptions suivantes (voir figure 1):

- la durée correspondant à DH ne doit pas être supérieure à 200 ms;
- la durée correspondant à EG doit être au moins égale à 20 ms.

Entre E et G, le niveau de pression acoustique doit décroître de manière progressive sans discontinuité.

A aucun instant de l'établissement ou de la coupure du son, le niveau de pression acoustique produit par l'écouteur ne doit atteindre une valeur dépassant de 1 dB le niveau en régime permanent pour la position «émission».

7.6.4 Sons pulsés des audiomètres à enregistrement automatique

L'audiomètre doit comporter un interrupteur pour passer de la présentation continue à la présentation automatique de signaux d'essais pulsés. La séquence des sons pulsés doit être produite de manière à satisfaire aux prescriptions suivantes (voir figure 1):

- Durée d'établissement: la durée correspondant à BC doit être au moins égale à 20 ms et ne doit pas être supérieure à 50 ms.
- Durée d'extinction: la durée correspondant à EG doit être au moins égale à 20 ms et ne doit pas être supérieure à 50 ms.
- Rapports établissement/extinction: Entre B et C et entre E et G le niveau de pression acoustique doit varier de manière régulière et sans discontinuité.
- Durée d'émission: CE doit être au moins égal à 150 ms.
- Durées d'émission et de coupure: FJ et JK doivent avoir chacun des valeurs de (225 ± 35) ms.
- Rapport émission/coupure: Entre G et I, le niveau de sortie doit rester inférieur d'au moins 20 dB au niveau maximal atteint pendant la phase d'émission CE.

NOTE - An audiometer may be equipped with a gating function for controlling the duration and/or repetition rate of a tone pulse.

7.6.2 On/off ratio for manual audiometers

With the switch in the "OFF" position and the hearing level control at 60 dB or below, the output shall be at least 10 dB below the reference equivalent threshold level. At higher hearing level settings and with the switch still in the "OFF" position, the output shall not rise by more than 10 dB for each 10 dB increase in the hearing level setting above 60 dB.

7.6.3 Rise/fall times for manual audiometers

– "ON" position: when the tone switch is moved to the "ON" position, the rise time requirements shall be as follows (see figure 1):

- AC shall not exceed 200 ms;
- BC shall be at least 20 ms.

Between B and C, the sound pressure level shall rise in a progressive manner without discontinuities.

– "OFF" position: when the tone switch is moved to the "OFF" position, the fall time requirements shall be as follows (see figure 1):

- DH shall not exceed 200 ms;
- EG shall be at least 20 ms.

Between E and G, the sound pressure level shall fall in a progressive manner without discontinuities.

At no time during the rise or decay of the tone shall the sound pressure level produced by the earphone attain a value exceeding 1 dB relative to its steady state level in the "ON" position.

7.6.4 Pulsed tones for automatic recording audiometers

The audiometer shall be provided with a switch to change from continuous to automatic pulsed presentation of the test tone. The pulse sequence shall be generated in accordance with the following requirements (see figure 1):

- Rise time: BC shall be at least 20 ms and shall not exceed 50 ms.
- Fall time: EG shall be at least 20 ms and shall not exceed 50 ms.
- Rise/fall rates: Between B and C and between E and G, the sound pressure level shall vary smoothly and without discontinuities.
- "ON" phase: CE shall be at least 150 ms.
- "ON"/"OFF" times: FJ and JK shall each have values of (225 ± 35) ms.
- "ON"/"OFF" ratio: Between G and I the output shall remain at least 20 dB below the maximum reached in the "ON" phase CE.

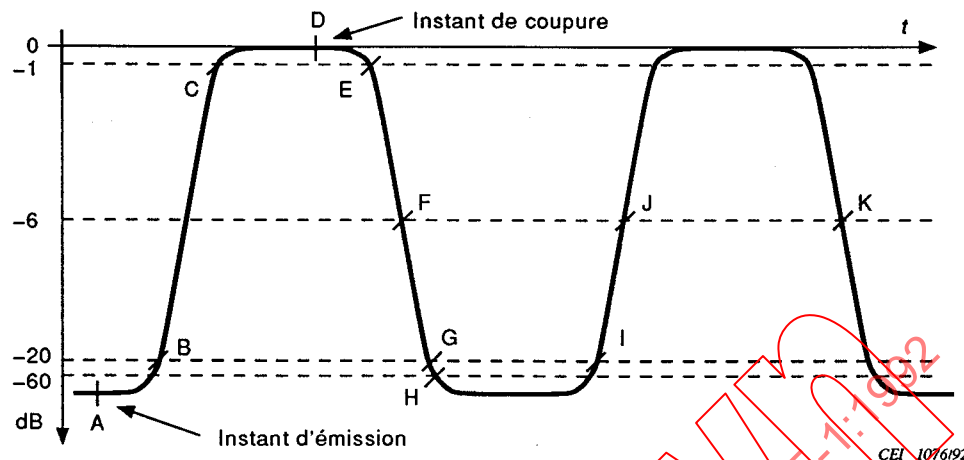


Figure 1 – Caractéristiques de l'enveloppe des signaux d'essai

7.6.5 Temps de réponse du sujet dans le cas d'audiomètres pilotés par ordinateur

L'intervalle de temps alloué au sujet pour répondre au signal d'essai doit être spécifié par le constructeur qui doit préciser l'algorithme pour la méthode d'essai.

8 Son de référence

Quand il est possible de présenter alternativement ou simultanément des sons de fréquences égales ou différentes sur les écouteurs, l'opérateur doit pouvoir aisément présenter les signaux pendant des durées et à des intervalles appropriés. En plus de la commande principale de niveau d'audition qui permet d'ajuster le niveau du signal d'essai, ce mode de fonctionnement nécessite une commande supplémentaire qui permet de régler le niveau du son de référence. Cette dernière commande sera dénommée dans ce qui suit «commande de niveau du son de référence». Les prescriptions relatives à l'exactitude de la fréquence, à la distorsion, à la stabilité, aux caractéristiques d'établissement et d'extinction du son de référence sont celles qui sont spécifiées dans les articles correspondants de la présente partie.

8.1 Fréquences

Pour les essais en conduction aérienne, les audiomètres de classes 1 et 2 doivent fournir des sons de référence au moins pour les fréquences d'octave comprises entre 250 Hz et 4 kHz et de plus à 6 kHz.

8.2 Commande de niveau du son de référence

8.2.1 Domaine de variation

La commande de niveau du son de référence doit couvrir un domaine de niveaux d'audition s'étendant de 0 dB à au moins 80 dB à 250 Hz, et à au moins 100 dB pour les fréquences comprises entre 500 Hz et 6 kHz.