

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61027

Première édition
First edition
1991-03

**Impédancemètres ou admittancemètres
utilisés en audiology**

**Instruments for the measurement of aural
acoustic impedance/admittance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61027: 1991

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

61027

Première édition
First edition
1991-03

**Impédancemètres ou admittancemètres
utilisés en audiologie**

**Instruments for the measurement of aural
acoustic impedance/admittance**

© IEC 1991 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

S

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
4. Caractéristiques à spécifier par le constructeur	10
5. Spécifications concernant les impédancemètres/admittancemètres utilisés en audiologie	14
6. Méthodes de mesure des caractéristiques	24
7. Cavités d'étalonnage	32
8. Prescriptions générales	32
9. Symboles utilisés et présentation des données concernant l'impédance et l'admittance acoustiques	34
ANNEXE A — Unités et termes recommandés	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
4. Characteristics to be specified by the manufacturer	11
5. Specifications for aural impedance/admittance instruments	15
6. Methods of test of performance	25
7. Calibration cavities	33
8. General requirements	33
9. Symbols, forms and formats for acoustic impedance/admittance data	35
ANNEX A — Recommended units and terms	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**IMPÉDANCEMÈTRES OU ADMITTANCEMÈTRES
UTILISÉS EN AUDIOLOGIE**

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
29C(BC)56	29(BC)143	29(BC)144	29(BC)155

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur les votes ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n°s

- 126 (1973): Coupleur de référence de la CEI pour la mesure des appareils de correction auditive utilisant des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts.
- 601-1 (1977): Appareils électromédicaux, Première partie Règles générales.
- 645-1 (19xx): Audiomètres, Première partie: Audiomètres tonaux.
- 711 (1981): Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts.

Autre publication citée:

Norme ISO 389 (1985): Acoustique — Zéro normal de référence pour l'étalonnage des audiomètres à sons purs en conduction aérienne.
Additif 01: 1983
Additif 02: 1986

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF AURAL ACOUSTIC IMPEDANCE/ADMITTANCE

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.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 29: Electroacoustics.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
29C(CO)56	29(CO)143	29(CO)144	29(CO)155

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

The following publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 126 (1973): IEC reference coupler for the measurement of hearing aids using earphones coupled to the ear by means of ear inserts.
 601-1 (1977): Medical electrical equipment, Part 1: General requirements.
 645-1 (19xx): Audiometers, Part 1: Pure tone audiometers.
 711 (1981): Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by ear inserts.

Other publication quoted:

ISO Standard 389 (1985): Acoustics — Standard reference zero for the calibration of pure tone air conduction audiometers.
 Addendum 01: 1983.
 Addendum 02: 1986

IMPÉDANCÉMÈTRES OU ADMITTANCÉMÈTRES UTILISÉS EN AUDIOLOGIE

Introduction

Les progrès réalisés dans le domaine des mesures sémiologiques en audiologie ont entraîné la production de différents instruments destinés à évaluer l'impédance ou l'admittance acoustique de l'oreille humaine, à l'aide de sondes acoustiques présentant des caractéristiques fréquentielles ou temporelles diverses. L'utilisation pratique de tels instruments concerne dans une large mesure les modifications de l'impédance ou de l'admittance acoustique, provoquées soit par une variation de la pression d'air dans le conduit auditif, soit par l'excitation du réflexe stapédien.

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique aux instruments conçus principalement pour la mesure du module de l'impédance ou de l'admittance acoustique dans le conduit auditif en utilisant une sonde dont le signal présente une fréquence de 226 Hz. Il est admis que d'autres signaux de sonde peuvent également être utilisés. La norme définit les caractéristiques qui doivent être spécifiées par le constructeur, donne des spécifications concernant quatre classes d'instruments et spécifie les possibilités qui doivent être offertes pour trois de ces classes. On spécifie également des méthodes de mesure qui sont à utiliser plutôt pour des approbations de modèles que pour des étalonnages courants.

2 Objet

L'objet de cette norme est de s'assurer que les mesures effectuées dans des conditions d'essais comparables, avec différents instruments satisfaisant à la norme, sont cohérentes. Il n'est pas dans les intentions de cette norme d'empêcher le développement de nouvelles possibilités ni de décourager les innovations.

3 Définitions

Dans le cadre de la présente norme, les définitions suivantes sont applicables.

NOTE — Cette norme utilise les unités du Système International d'Unités (SI). En audiologie les résultats des essais ont souvent été donnés traditionnellement en utilisant d'autres unités. On trouvera en annexe A un tableau de conversion de ces unités en unités du système SI.

3.1 impédance ou admittance aurale: Dans toute cette norme, l'expression «impédance/admittance aurale» est employée comme terme général pour couvrir tous les aspects de l'impédance ou de l'admittance acoustique de l'oreille sauf lorsqu'on fait référence à des expressions spécifiques.

3.2 impédance acoustique: Pour une surface donnée, rapport complexe de la valeur moyenne de la pression acoustique sur la surface au flux de vitesse à travers cette surface. Le symbole est Z_a et l'unité est le pascal seconde par mètre cube ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$). On mesure habituellement le module de l'impédance acoustique.

3.3 résistance acoustique: Composante réelle de l'impédance acoustique complexe. Le symbole est R_a et l'unité est le pascal seconde par mètre cube ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$).

3.4 réactance acoustique: Composante imaginaire de l'impédance acoustique complexe. Le symbole est X_a et l'unité est le pascal seconde par mètre cube ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$).

3.5 admittance acoustique: Pour une surface donnée, inverse de l'impédance acoustique pour la même surface. Le symbole est Y_a et l'unité est le mètre cube par pascal seconde ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$). L'admittance acoustique pour une surface donnée est donc le rapport complexe du flux de vitesse à travers la surface à la pression acoustique moyenne sur la surface. On mesure habituellement le module.

INSTRUMENTS FOR THE MEASUREMENT OF AURAL ACOUSTIC IMPEDANCE/ADMITTANCE

Introduction

Developments in the field of diagnostic hearing measurement have resulted in a number of instruments designed to evaluate the acoustic impedance/admittance of the human ear by means of acoustic probe signals having different frequencies and temporal characteristics. The practical use of such instruments concerns to a large extent the changes in acoustic impedance/admittance caused either by varying the air pressure in the external acoustic meatus or by activating the middle ear muscle reflex.

1 Scope

This standard covers instruments designed primarily for the measurement of modulus of acoustic impedance/admittance in the human external acoustic meatus using a probe tone of 226 Hz. It is recognized that other probe signals may also be used. The standard defines the characteristics to be specified by the manufacturer, lays down performance specifications for four types of instrument and specifies the facilities to be provided on three of these types. Methods of test to be used for approval testing rather than routine calibration are also specified.

2 Object

The purpose of this standard is to ensure that measurements made under comparable test conditions with different instruments complying with the standard will be consistent. The standard is not intended to restrict development or incorporation of new features, nor to discourage innovative approaches.

3 Definitions

For the purpose of this standard the following definitions shall apply.

NOTE — The units in this standard conform to the International System of Units (SI). However, for audiological measurements test results have traditionally often been reported in other units. To provide information on the conversion from such units to SI units, annex A has been compiled.

3.1 aural impedance/admittance: Throughout this standard the term aural impedance/admittance will be employed as a general term covering all aspects of aural acoustic impedance/admittance, except where reference is made to specific derivatives.

3.2 acoustic impedance: At a given surface, the complex ratio of sound pressure averaged over the surface to volume velocity through it. The symbol is Z_a and the unit is the pascal second per metre to the third power ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$). The quantity usually measured is the modulus.

3.3 acoustic resistance: The real component of complex acoustic impedance. The symbol is R_a and the unit is the pascal second per metre to the third power ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$).

3.4 acoustic reactance: The imaginary component of complex acoustic impedance. The symbol is X_a and the unit is the pascal second per metre to the third power ($\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}^3$).

3.5 acoustic admittance: At a given surface, the reciprocal of acoustic impedance at the same surface. The symbol is Y_a and the unit is the metre to the third power per pascal second ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$). Thus, the acoustic admittance at a given surface is the complex ratio of the volume velocity through the surface to the sound pressure averaged over the surface. The quantity usually measured is the modulus.

3.6 conductance acoustique: Composante réelle de l'admittance acoustique complexe. Le symbole est G_a et l'unité est le mètre cube par pascal seconde ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$).

3.7 susceptance acoustique: Composante imaginaire de l'admittance acoustique complexe. Le symbole est B_a et l'unité est le mètre cube par pascal seconde ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$).

3.8 inertance acoustique: Rapport de la pression acoustique exercée à la vitesse de variation du flux de vitesse. Le symbole est M_a et l'unité est le pascal seconde carrée par mètre cube ($\text{Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^3$).

3.9 élasticité acoustique: Rapport de la variation de volume à la pression acoustique. Le symbole est C_a et l'unité est le mètre cube par pascal (m^3/Pa).

3.10 volume équivalent: Volume d'une cavité cylindrique à parois rigides et remplie d'air dont l'impédance/admittance acoustique est équivalente. Ce volume est donné par la formule:

$$V_e = \gamma \cdot p_s \cdot C_a = \varrho \cdot c^2 \cdot C_a$$

où

V_e est le volume équivalent en mètres cubes;

γ est le rapport des capacités thermiques massiques à pression constante et à volume constant (1,40 environ);

p_s est la pression atmosphérique en pascals;

ϱ est la masse volumique de l'air (en kilogrammes par mètre cube) à la température et à la pression de la mesure;

c est la célérité du son en mètres par seconde, à la pression et à la température de la mesure;

C_a est l'élasticité acoustique en mètres cubes par pascal.

NOTES

1 Il est de pratique courante de rattacher l'impédance/admittance aurale, pour le signal de la sonde à 226 Hz, à un volume d'air équivalent.

2 Pour un signal de la sonde à 226 Hz, le volume d'air équivalent est égal à son volume physique, à condition que celui-ci ne dépasse pas 5 cm^3 .

3.11 pression relative dans le conduit auditif: Différence entre la pression de l'air dans le conduit auditif et la pression atmosphérique, en décapascals.

NOTE — De manière traditionnelle en impédancemétrie acoustique, la pression relative d'air a été exprimée sous forme de la hauteur de la colonne d'eau qu'elle peut équilibrer. L'unité utilisée était le mm H_2O . L'unité appropriée du système SI est le décapascal. Pour faciliter les comparaisons avec des mesures traditionnelles, l'emploi du décapascal (daPa) est recommandé dans cette norme. (1 daPa = 1,02 mm H_2O .)

3.12 sonde: Dispositif de couplage inséré dans le conduit auditif, qui permet de relier l'instrument à l'oreille.

3.13 embout de sonde: Dispositif utilisé pour assurer l'étanchéité entre la sonde et le conduit auditif.

3.14 signal de sonde: Signal acoustique émis dans le conduit auditif au moyen de la sonde. Ce signal sert à mesurer l'impédance ou l'admittance acoustique.

3.15 oreille examinée: Oreille dans laquelle la sonde est introduite.

3.16 plan de mesure: Plan situé sur la face avant de la sonde, perpendiculaire au vecteur flux de vitesse.

3.17 tympanométrie: Mesure des changements de l'impédance/admittance aurale en fonction de la pression de l'air dans le conduit auditif.

NOTE — Les valeurs d'impédance/admittance acoustique mesurées peuvent dépendre de la vitesse et du sens de la variation de la pression d'air ainsi que de la durée d'application d'une certaine pression d'air constante dans le conduit auditif.

3.6 acoustic conductance: The real component of complex acoustic admittance. The symbol is G_a and the unit is the metre to the third power per pascal second ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$).

3.7 acoustic susceptance: The imaginary component of complex acoustic admittance. The symbol is B_a and the unit is the metre to the third power per pascal second ($\text{m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$).

3.8 acoustic inertance: The ratio of the driving sound pressure to the resulting rate of change in volume velocity. The symbol is M_a and the unit is the pascal second to the second power per metre to the third power ($\text{Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^3$).

3.9 acoustic compliance: The ratio of volume displacement to sound pressure. The symbol is C_a and the unit is the metre to the third power per pascal (m^3/Pa).

3.10 equivalent volume: The volume of an air-filled hard-walled cylindrical cavity that offers the equivalent acoustic impedance/admittance. The volume is given by the formula:

$$V_e = \gamma \cdot p_s \cdot C_a = \varrho \cdot c^2 \cdot C_a$$

where

V_e is the equivalent volume in m^3 ;

γ is the ratio of specific heat for air at constant pressure to that at constant volume (approximately 1,40);

p_s is the barometric air pressure in Pa;

ϱ is the ambient density of air in kg/m^3 , at the temperature and pressure of the measurement;

c is the speed of sound in m/s at the temperature and pressure of the measurement;

C_a is the acoustic compliance in m^3/Pa .

NOTES

1 It has been practice to refer to aural impedance/admittance at the probe tone frequency of 226 Hz as an equivalent volume of air.

2 For a probe tone frequency of 226 Hz, the equivalent volume of air is equal to its physical volume provided the latter does not exceed 5 cm^3 .

3.11 relative pressure in the external acoustic meatus: The difference between the pressure in the external acoustic meatus and the ambient barometric pressure in daPa.

NOTE — Traditionally, for audiological measurements, air pressure has been reported with respect to the height of a column of water it can support. The unit has been mm H_2O . The appropriate SI unit is the decapascal. For comparison with traditional measurements, the decapascal (daPa) is recommended in this standard. (1 daPa = 1,02 mm H_2O .)

3.12 probe: A coupling device that is inserted into the external acoustic meatus to connect the instrument to the ear.

3.13 probe cuff: A device used to provide a seal between the probe and the external acoustic meatus.

3.14 probe signal: An acoustic signal that is emitted into the external auditory meatus by means of a probe. The signal is used to measure acoustic impedance/admittance.

3.15 probe ear: The ear into which the probe is inserted.

3.16 measurement plane: A plane located at the frontal surface of the probe perpendicular to the volume velocity vector.

3.17 tympanometry: The measurement of changes of aural impedance/admittance as a function of air pressure in the external acoustic meatus.

NOTE — The measured acoustic impedance/admittance values may depend on rate and direction of change of air pressure as well as time spent with a certain constant air pressure in the external acoustic meatus.

3.17.1 tympanométrie dans le plan de mesure: Mesure des changements de l'impédance/admittance aurale dans le plan de mesure, qui comprend la combinaison de l'impédance/admittance de l'oreille moyenne et d'une partie du conduit auditif.

3.17.2 tympanométrie compensée: Mesure de la différence vectorielle entre l'impédance/admittance aurale obtenue pour la pression d'essai et celle qui est obtenue pour une pression de référence particulière dans le conduit auditif, pour un ajustement donné de la sonde. La pression de référence doit être telle qu'elle élimine effectivement l'influence de l'oreille moyenne.

NOTE — La pression de référence doit normalement différer de 200 daPa par rapport à la pression indiquée qui donne l'admittance maximale ou l'impédance minimale, ou doit être fixée à 200 daPa par rapport à la pression ambiante.

3.18 tympanogramme: Représentation graphique d'une grandeur liée à l'impédance/admittance aurale, en fonction de la pression relative dans le conduit auditif.

3.19 réflexe musculaire de l'oreille moyenne (réflexe stapédien): Changement de la tonicité des muscles de l'oreille moyenne en réponse à un stimulus. Ce changement peut être mesuré comme une variation de l'impédance/admittance aurale à l'intérieur du conduit auditif.

3.19.1 réflexe acoustique: Réflexe stapédien qui est produit par un stimulus acoustique.

3.19.2 réflexe non acoustique: Réflexe stapédien qui est produit par un stimulus qui n'est pas acoustique.

3.20 stimulus d'excitation du réflexe acoustique: Stimulus acoustique qui est utilisé pour produire un réflexe acoustique.

3.21 oreille stimulée: Oreille à laquelle un stimulus d'excitation du réflexe acoustique est appliqué afin de produire un réflexe musculaire de l'oreille moyenne (stapédien).

3.22 réflexe ipsilatéral: Réflexe stapédien produit dans l'oreille moyenne stimulée.

3.23 réflexe contralatéral: Réflexe stapédien produit dans l'oreille opposée à l'oreille stimulée.

4 Caractéristiques à spécifier par le constructeur

4.1 Système de mesure de l'impédance ou de l'admittance aurale

4.1.1 Influence de la température ambiante et de la pression atmosphérique

L'influence de la température et de la pression atmosphérique constitue un facteur critique pour les mesures d'impédance. Le constructeur doit fournir à l'utilisateur des données qui lui permettent d'étalonner correctement l'appareil à l'aide des cavités d'essais appropriées comme spécifié à l'article 7.

4.1.2 Dimensions de la sonde

Le constructeur doit fournir des informations particulières concernant les dimensions de la sonde et des canalisations associées qui peuvent être utilisées entre la sonde et l'instrument.

NOTE — Il serait souhaitable de disposer de sondes de caractéristiques et de dimensions normalisées; cependant la recherche courante n'impose pas d'exigences spécifiques sur les dimensions.

4.1.3 Informations de maintenance

Le constructeur doit fournir des informations concernant les procédures recommandées pour le nettoyage, la maintenance et le remplacement de la sonde, des canalisations associées, ainsi que des embouts de sonde. Il doit aussi préciser la fréquence de répétition de ces procédures.

3.17.1 measurement plane tympanometry: The measurement of changes of the aural impedance/admittance at the measurement plane, comprising the combined impedance/admittance of the middle ear and part of the external acoustic meatus.

3.17.2 meatus-compensated tympanometry: The measurement of the vector difference between the aural impedance/admittance obtained at the test pressure and that obtained at a specific reference pressure in the external acoustic meatus for a given fitting of the probe. The reference pressure shall be such as to effectively eliminate the influence of the middle ear.

NOTE — The reference pressure will normally be 200 daPa different from the indicated pressure, which gives maximum admittance or minimum impedance indication, or fixed at 200 daPa relative to ambient pressure.

3.18 tympanogram: A graphic display of some quantity related to aural impedance/admittance as a function of air pressure in the external acoustic meatus.

3.19 middle-ear muscle reflex: A change in tonus of muscles of the middle ear in response to stimulation. The change may be measured as a variation in the acoustic impedance/admittance within the external auditory meatus.

3.19.1 acoustic reflex: A middle-ear muscle reflex elicited by an acoustic stimulus.

3.19.2 non-acoustic reflex: A middle-ear muscle reflex elicited by a non-acoustic stimulus.

3.20 acoustic reflex activating stimulus: An acoustic stimulus that is used to elicit an acoustic reflex.

3.21 stimulus ear: The ear to which a reflex activating stimulus is presented in order to elicit a middle ear muscle reflex.

3.22 ipsilateral reflex: The middle ear muscle reflex elicited in the stimulus ear.

3.23 contralateral reflex: The middle ear muscle reflex elicited in the ear contralateral to the stimulus ear.

4 Characteristics to be specified by the manufacturer

4.1 Aural impedance/admittance measurement system

4.1.1 Influence of ambient temperature and barometric pressure

The influence of ambient temperature and barometric pressure is a critical factor in impedance measurements. The manufacturer shall provide data to enable the user to obtain correct calibration with the appropriate test cavities as specified in clause 7.

4.1.2 Probe dimensions

The manufacturer shall provide specific information regarding the dimensions of the probe and any associated tubing that might be used between the probe and the instrument.

NOTE — It would be desirable to have probes of standardised features and dimensions; however, current research does not support any specific dimension requirements.

4.1.3 Maintenance information

The manufacturer shall provide data regarding the recommended procedures for cleaning, maintenance and replacement of the probe, any associated tubing and the probe cuffs. The manufacturer shall also advise as to how often these procedures need to be repeated.

4.1.4 *Caractéristiques du signal de sonde*

4.1.4.1 *Fréquence*

Pour les instruments des classes 1 à 3, la fréquence du signal de sonde doit être 226 Hz. Le constructeur peut fournir des fréquences supplémentaires pourvu que les tolérances spécifiées en 5.2.2 soient respectées.

NOTE — L'admittance acoustique d'une cavité de volume égal à 1 cm³, remplie d'air dans les conditions atmosphériques normalisées (pression atmosphérique 100 kPa, température 20°C), est égale à 10⁻⁸ m³/Pa · s pour une fréquence de 226 Hz.

4.1.4.2 *Niveau*

Le constructeur doit spécifier le niveau de pression acoustique des signaux de la sonde comme il est indiqué au 5.2.3, les tolérances et les variations en fonction du volume de charge, ainsi que les conditions dans lesquelles ces mesures ont été faites.

4.1.4.3 *Signaux de sonde non stationnaires*

Pour des signaux qui ne sont pas stationnaires, le constructeur doit indiquer leurs caractéristiques temporelles et spectrales. Il doit aussi spécifier les procédures de mesure des caractéristiques temporelles et spectrales, de même que leurs tolérances.

4.1.5 *Indicateur d'impédance/admittance acoustique*

Le constructeur doit spécifier le type d'indicateur, les unités utilisées, les étendues de mesure et leurs tolérances ainsi que leur variation en fonction de la pression atmosphérique.

4.1.6 *Sortie électrique*

Lorsqu'il existe une sortie électrique, la sensibilité doit être indiquée en unité de tension par unité de la grandeur ou des grandeurs affichée(s). Le constructeur doit également spécifier toute tension continue de polarisation, le type de circuit (asymétrique ou différentiel), le type de connecteur et les connexions des broches utilisées. La valeur minimale de l'impédance de charge électrique pour la sensibilité spécifiée doit aussi être indiquée. Le cas échéant, les caractéristiques temporelles du signal électrique de sortie doivent être spécifiées, comme il est indiqué au 4.1.7.

4.1.7 *Caractéristiques temporelles*

Pour les instruments qui permettent la mesure des caractéristiques temporelles du réflexe acoustique, la latence initiale, le temps de montée, la latence terminale, le temps de descente et les dépassements (rebondissements) supérieur ou inférieur sont des paramètres appropriés pour obtenir des mesures correctes. Pour toutes les classes d'instruments de mesure de l'impédance ou de l'admittance, le constructeur doit indiquer les caractéristiques du signal de sortie électrique et de tout système d'enregistrement; il doit aussi indiquer les tolérances pour chacune de ces caractéristiques.

4.2 *Système pneumatique*

4.2.1 *Système de commande de la pression*

La gamme des variations de pression par rapport à la pression atmosphérique (ambiante) doit être spécifiée. Lorsqu'il existe un système de changement automatique de la pression, les vitesses des changements doivent aussi être spécifiées.

4.2.2 *Indicateur de pression*

La pression dans le conduit auditif doit être affichée sous forme analogique ou sous forme numérique. La précision de l'afficheur doit être spécifiée ainsi que ses limitations concernant la pression atmosphérique et l'altitude au-dessus du niveau de la mer.

4.1.4 *Probe signal characteristics*

4.1.4.1 *Frequency*

For instruments of types 1 to 3 the probe signal frequency shall be 226 Hz. The manufacturer may supply any additional probe tone frequency provided that tolerances stated in 5.2.2 are met.

NOTE — The acoustic admittance of an air-filled cavity of volume 1 cm^3 at standard atmospheric conditions (barometric air pressure 100 kPa, temperature 20°C) is $10^{-8}\text{ m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$ at a frequency of 226 Hz.

4.1.4.2 *Level*

The manufacturer shall specify the sound pressure level for the probe signals as specified in 5.2.3, its tolerances and its variations as a function of loading volume as well as the conditions under which these measurements were made.

4.1.4.3 *Non-stationary probe signals*

For probe signals other than the stationary, the manufacturer shall state the temporal and spectral characteristics of the probe signal. The manufacturer shall also specify the procedures to measure the temporal and spectral characteristics as well as their tolerances.

4.1.5 *Acoustic impedance/admittance indicator*

The manufacturer shall specify the type of indicator, the units used, the ranges and their tolerances as well as their dependence on barometric pressure.

4.1.6 *Electrical output*

When an electrical output signal is provided, the sensitivity shall be stated in voltage per unit of displayed quantity(ies). The manufacturer shall also specify any d.c. bias voltage, the type of circuit (single-ended or differential), the type of connector and the pin connections used. Minimum electrical load impedance for the specified sensitivity shall also be stated. The temporal characteristics of the electrical output shall be specified as stated in 4.1.7, if relevant.

4.1.7 *Temporal characteristics*

For instruments which provide the measurement of temporal characteristics of the acoustic reflex, the initial latency, rise time, terminal latency, fall time and overshoot-undershoot are relevant to obtain correct measurements. These characteristics shall be stated by the manufacturer for the electrical output and any recording system for all types of impedance/admittance instruments. The manufacturer shall also provide tolerances for each of these characteristics.

4.2 *The pneumatic system*

4.2.1 *Pressure control system*

The range of pressure variation relative to atmospheric (ambient) pressure shall be specified. When automatic change of pressure is provided, the rates of change shall also be specified.

4.2.2 *Pressure indicator*

The pressure in the external acoustic meatus shall be indicated by analog or digital display. The accuracy of the display shall be specified as well as its limitations with regard to atmospheric pressure and altitude above sea level.

4.2.3 Sortie électrique

Lorsqu'il existe une sortie électrique, la sensibilité doit être spécifiée en unité de tension par unité de pression d'air (volts par décapascal). Il faut aussi spécifier la tension de polarisation continue éventuelle, le type de circuit de sortie (symétrique ou dissymétrique), le type de connecteur et les connexions des broches utilisées. La valeur minimale de l'impédance de charge pour la sensibilité spécifiée doit aussi être indiquée. Les caractéristiques temporelles du système de sortie électrique doivent aussi être spécifiées par le temps de montée de la réponse du système à un échelon de pression.

4.3 Système d'excitation du réflexe acoustique

Le constructeur doit spécifier les types de signaux d'excitation disponibles.

Pour les stimuli acoustiques, le constructeur doit spécifier les fréquences des signaux sinusoïdaux, leurs tolérances et la distorsion harmonique maximale; les types de bruits utilisés, leurs caractéristiques et leurs tolérances.

Pour les stimuli non acoustiques, le constructeur doit spécifier les types de stimuli et décrire leurs caractéristiques et leurs tolérances.

4.3.1 Commande de niveau du stimulus

Le constructeur doit spécifier la précision, le domaine de variation et les limites de la commande du niveau de stimulus ainsi que les niveaux maximaux de sortie pour chacun des signaux acoustiques disponibles, et toute autre caractéristique appropriée.

4.3.2 Commande de présentation du stimulus

Pour les stimuli acoustiques, le constructeur doit spécifier le rapport des niveaux pour la position «émission» et la position «coupure», les temps de montée et de descentes, et le niveau de pression acoustique résiduel pondéré A, en position «hors service». Si un signal impulsionnel est utilisé, le constructeur doit spécifier ses caractéristiques temporelles ainsi que leurs tolérances.

Pour les stimuli non acoustiques, le constructeur doit spécifier d'une manière similaire les caractéristiques de la commande de présentation du stimulus.

4.3.3 Sortie électrique

Lorsqu'une sortie électrique existe, le constructeur doit spécifier le type de signal électrique, la tension de sortie, le type de connecteur, les connexions des broches, l'impédance de charge minimale pour la tension de sortie spécifiée et les relations temporelles entre le signal de sortie et le signal du stimulus d'excitation du réflexe stapédien.

5 Spécifications concernant les impédancemètres/admittancemètres utilisés en audiologie

Ces instruments peuvent être conçus pour mesurer une ou plusieurs composantes de l'impédance ou de l'admittance aurale. Les unités du système SI ou les multiples et les sous-multiples de ces unités doivent être utilisés. Les unités de mesure doivent être indiquées sur la face avant de l'instrument.

5.1 Prescriptions générales

Le tableau I indique la liste des fonctions obligatoires pour chacune des trois classes d'instrument. Pour chaque fonction obligatoire, les spécifications sont données dans cet article. Il n'existe pas de caractéristiques obligatoires spécifiées pour les instruments de classe 4.

4.2.3 *Electrical output*

If an electrical output is provided, the sensitivity shall be stated in voltage per air pressure unit (V/daPa). Specifications shall also include any d.c. bias voltage, the type of output circuit (single-ended or balanced), the type of connector and the pin connections used. Minimum load impedance for the specified sensitivity shall also be stated. The temporal characteristics of the electrical output system shall be specified by the rise-time of the system response to a stepwise pressure change.

4.3 *Acoustic reflex activating (stimulus) system*

The manufacturer shall specify the types of stimulus signals provided.

For acoustic stimuli, the manufacturer shall specify the pure tone frequencies, with tolerances and maximum harmonic distortion; the types of noises provided, their characteristics and tolerances.

For non-acoustic stimuli, the manufacturer shall specify the types of stimuli and describe their characteristics and tolerances.

4.3.1 *Stimulus level control*

The manufacturer shall specify the stimulus level control accuracy, range and intervals, as well as the maximum output levels for each of the acoustic signals provided, and any other pertinent characteristics.

4.3.2 *Stimulus presentation control*

For acoustic stimuli, an ON-OFF ratio, the rise and fall times, and the residual A-weighted sound pressure level in the OFF condition shall be specified by the manufacturer. If a pulsed signal is used, the manufacturer shall specify the temporal characteristics and their tolerances.

For non-acoustic stimuli, the manufacturer shall specify similarly the characteristics of the stimulus presentation control as applicable.

4.3.3 *Electrical output*

When an electrical output is provided, the manufacturer shall specify the type of electrical signal, output voltage, type of connector, pin connections, minimum load impedance for the specified output voltage and the temporal relations between the output signal and the reflex activating stimulus signal.

5 **Specifications for aural impedance/admittance instruments**

The instruments may be designed to measure one or more components of aural impedance/admittance. SI units or derived SI units shall be used. The units of measurement shall be indicated on the front panel of the instrument.

5.1 *General requirements*

Table 1 provides a list of mandatory functions for each of the three types of instruments. For each mandatory function, specifications are given in this clause. For type 4 instruments no mandatory characteristics are specified.

Tableau 1 — Fonctions obligatoires pour les impédancemètres/admittancemètres utilisés en audiologie

	Classe			
	1	2	3	4
<i>Fréquence du signal de sonde</i> 226 Hz	×	×	×	
<i>Système de mesure de l'impédance ou de l'admittance aurale</i>	×	×	×	×
Tympanométrie dans le plan de mesure	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Tympanométrie compensée	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Sortie électrique et/ou enregistreur	× ²⁾	×		
<i>Système pneumatique</i>	×	×	×	
Changement de pression manuel	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Changement de pression automatique	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Sortie électrique et/ou enregistreur	× ²⁾	×		
<i>Système d'excitation du réflexe acoustique</i>	×	×		
Excitation contralatérale	×	× ¹⁾		
Excitation ipsilatérale	×	× ¹⁾		
Stimuli acoustiques:				
Signaux sinusoïdaux	×	×		
Bruit à large bande	×			
Commande de niveau du stimulus	×	×		

¹⁾ L'une des deux possibilités doit exister.
²⁾ Pour les instruments de classe 1, ces dispositifs viennent en complément aux indicateurs visuels.

5.2 Système de mesure

5.2.1 Unités de mesure

Les unités de mesure doivent être indiquées sur la face avant de l'instrument ou sur le dispositif qui indique les résultats de mesure. Les unités du Système International doivent être utilisées.

5.2.2 Signal de sonde

Pour les instruments de classes 1, 2 et 3, un signal de sonde sinusoïdal à 226 Hz doit être disponible. La fréquence réelle ne doit pas différer de cette valeur nominale de plus de $\pm 3\%$. La distorsion harmonique totale doit être inférieure à 5% lorsqu'on la mesure conformément aux indications de l'article 6. S'il existe des signaux sinusoïdaux à des fréquences autres que 226 Hz, les mêmes exigences sur la précision de la fréquence et sur la distorsion harmonique sont applicables.

5.2.3 Niveau du signal de sonde

Les niveaux des signaux de sonde, qu'ils soient sinusoïdaux de fréquence quelconque, stationnaires à large bande, ou non stationnaires, doivent être tels que la probabilité d'exciter le réflexe stapédien avec le signal de sonde soit relativement faible. Pour un signal de sonde sinusoïdal à 226 Hz, le niveau de pression acoustique, mesuré conformément à l'article 6, doit être inférieur ou égal à 90 dB.

NOTE — Cette condition impose que le niveau soit inférieur à la valeur moyenne, diminuée de deux fois l'écart type, du niveau liminaire du réflexe stapédien, pour une population suffisamment nombreuse d'adultes jeunes otologiquement normaux, lorsque le signal de sonde est utilisé comme stimulus d'excitation du réflexe (stapédien). On considère qu'une population de 50 personnes est suffisante. Quant à la définition d'une «personne otologiquement normale», il est fait référence à la norme ISO 389, qui en donne la définition suivante: «personne en état de santé normale, ne présentant pas de signes ou de symptômes d'anomalies auditives, dont les conduits auditifs ne sont pas obstrués par du cérumen et qui n'a pas été soumise à une exposition au bruit anormale».

5.2.4 Etendue de mesure

Pour un signal de sonde sinusoïdal à 226 Hz, les étendues de mesure minimales, exprimées en volume équivalent d'air, doivent être: pour la tympanométrie dans le plan de mesure, de 0,2 cm³ à 5 cm³; pour la tympanométrie compensée, de 0 à 2 cm³ pour les instruments des classes 1 et 2, et de 0 à 1,2 cm³ pour les instruments de classe 3.

Table 1 — Mandatory functions for aural impedance/admittance instruments

	Type			
	1	2	3	4
<i>Probe signal frequency</i> 226 Hz	×	×	×	
<i>Aural impedance/admittance measuring system</i>	×	×	×	×
Measurement plane tympanometry	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Meatus compensated tympanometry	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Electrical output and/or recorder	× ²⁾	×		
<i>Pneumatic system</i>	×	×	×	
Manual change of pressure	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Automatic change of pressure	×	× ¹⁾	× ¹⁾	
Electrical output and/or recorder	× ²⁾	×		
<i>Acoustic reflex activating system</i>	×	×		
Contralateral routing	×	× ¹⁾		
Ipsilateral routing	×	× ¹⁾		
Acoustic stimuli:				
Pure tones	×	×		
Broad band noise	×			
Stimulus level control	×	×		
¹⁾ Indicating that either of the two alternatives shall be provided. ²⁾ This in addition to visual indicators, for type 1 instruments.				

5.2 Measuring system

5.2.1 Units of measurement

The unit(s) of measurement shall be identified on the front panel of the instrument or on the device indicating the measurement results. SI units shall be used.

5.2.2 Probe signal

A probe signal in the form of a pure tone with a frequency of 226 Hz shall be provided in types 1, 2 and 3 instruments. The actual frequency shall differ from this nominal frequency by less than $\pm 3\%$. The total harmonic distortion shall be less than 5% when measured as specified in clause 6. If pure tones of frequencies other than 226 Hz are available, the same requirements with regard to frequency accuracy and harmonic distortion shall apply.

5.2.3 Probe signal level

For pure tones of any frequency, for stationary broadband and for non-stationary probe signals the level shall be such that the probability of activating the middle ear muscle reflex by the probe signal is acceptably small. For a 226 Hz pure tone probe signal, the sound pressure level shall be 90 dB or less as measured according to clause 6.

NOTE — This requires a level less than the mean value minus two standard deviations for the threshold level of the acoustic middle ear reflex in a sufficiently large otologically normal young adult population when the probe signal is used as a reflex activating stimulus. A population of 50 persons is considered to be sufficiently large. As to the definition of "otologically normal person", reference is made to ISO 389, reading: "a person in normal state of health who is free from all signs or symptoms of ear disease and from obstructing wax in the ear canals and who has no history of undue exposure to noise".

5.2.4 Measurement range

For a 226 Hz probe tone the minimum ranges expressed as equivalent volume of air shall be: for measurement plane tympanometry from 0,2 cm³ to 5 cm³; for meatus compensated tympanometry from 0 to 2 cm³ in types 1 and 2, and from 0 to 1,2 cm³ in type 3 instruments.

Le constructeur doit indiquer la sensibilité du système de mesure du réflexe acoustique et le niveau du stimulus pour lequel il y a une possibilité de changement d'artefact intervenant dans le système d'affichage de la mesure en synchronisme avec la présentation du stimulus excitant le réflexe.

NOTE — La mesure de l'artefact sur une cavité à parois rigides ne représente pas nécessairement les conditions réelles de l'oreille humaine. Par conséquent, aucune méthode pour la mesure de l'artefact des oreilles humaines n'est spécifiée.

5.2.5 Précision de la mesure

La différence entre la valeur indiquée et la valeur réelle de l'impédance ou de l'admittance ne doit pas dépasser $\pm 5\%$, ou $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ pour le volume équivalent, ou $\pm 10^{-9} \text{ m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$; on choisira la plus élevée de ces valeurs. Le constructeur doit indiquer la différence entre les modes opératoires statique et dynamique, ainsi que la méthode de mesure.

5.2.6 Sortie électrique

S'il existe une sortie électrique, la tension de sortie doit être une fonction linéaire de la composante de l'impédance/admittance acoustique indiquée par l'instrument. Les tolérances globales données en 5.2.5 doivent être maintenues lorsqu'elles sont mesurées aux bornes de sortie électrique.

Le cas échéant, l'indication pleine échelle de l'indicateur d'impédance acoustique doit correspondre à une tension de sortie qui n'est pas inférieure à 0,5 V, pour une impédance de charge de 100 k Ω .

NOTE — Il est souhaitable que la sortie soit dissymétrique et sans tension de polarisation continue.

5.2.7 Caractéristiques temporelles

Les divers paramètres de la réponse temporelle définis au 4.1.7, mesurés selon la méthode décrite en 6.1.2, ne doivent pas dépasser 50 ms; les dépassements supérieur ou inférieur ne doivent pas dépasser 10%.

NOTE — Pour des signaux de sonde de fréquence supérieure à 226 Hz, des temps de réponse plus courts sont souhaitables.

5.3 Système pneumatique

5.3.1 Gammes de pressions

Pour les instruments des classes 1 et 2, la gamme de la pression relative doit varier au moins de +200 daPa à -600 daPa.

Pour la classe 3, la gamme doit être spécifiée par le constructeur mais ne doit pas dépasser les limites maximales spécifiées en 5.3.2.

5.3.2 Limites maximales

Les limites de la pression relative mesurées dans une cavité de $0,5 \text{ cm}^3$, doivent être comprises entre -800 daPa et +600 daPa. Ces limites s'appliquent à toutes les classes d'instruments. Tous les instruments doivent posséder un système automatique qui empêche d'atteindre brutalement ces limites ou de les dépasser.

5.3.3 Précision de l'indicateur de pression relative

Pour les instruments des classes 1 et 2, la pression relative réelle produite par l'instrument dans des cavités de $0,5 \text{ cm}^3$ à 5 cm^3 ne doit pas différer de la valeur indiquée de plus de $\pm 10 \text{ daPa}$ ou $\pm 10\%$; on choisira la plus élevée de ces valeurs.

Pour les instruments de classe 3, la valeur réelle de la pression relative produite dans des cavités de $0,5 \text{ cm}^3$ à 2 cm^3 ne doit pas différer de la valeur indiquée de plus de $\pm 10 \text{ daPa}$ ou $\pm 15\%$; on choisira la plus élevée de ces valeurs.

Ces spécifications doivent être respectées pour les diverses vitesses disponibles de changement de la pression.

5.3.4 Vitesse de changement de la pression

Les instruments des classes 1 et 2 (le cas échéant) doivent offrir au moins la possibilité de modifier

The manufacturer shall state the sensitivity for the acoustic reflex measuring system and the stimulus level at which there is a possibility of artefactual changes occurring in the measurement display synchronously with the presentation of the reflex eliciting stimulus.

NOTE — Measurement of artefact on a hard-walled cavity does not necessarily represent the conditions that occur in human ears. Therefore no method of measurement of artefacts in human ears is specified.

5.2.5 Accuracy of measurement

The difference between indicated and actual impedance/admittance values shall not exceed $\pm 5\%$ or $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ of the equivalent volume, or $\pm 10^{-9} \text{ m}^3/\text{Pa} \cdot \text{s}$, whichever is greater. The manufacturer shall state the deviation between the static and the dynamic mode of operation and the method of measurement.

5.2.6 Electrical output

If an electrical output is provided, the output shall be linearly related to the component of acoustic impedance/admittance by the instrument. The overall tolerances described in 5.2.5 shall be maintained when they are measured at the electrical output.

When applicable, full scale representation of the acoustic impedance indicator shall correspond to an output voltage of not less than 0,5 V and capable of driving a load with an impedance of 100 k Ω .

NOTE — A single-ended output with zero d.c. bias is desirable.

5.2.7 Temporal characteristics

The various temporal response parameters as defined in 4.1.7, measured in accordance with the procedure described in 6.1.2, shall not exceed 50 ms and overshoot and undershoot shall not exceed 10%.

NOTE — At probe tone frequencies higher than 226 Hz, shorter response times are desirable.

5.3 Pneumatic system

5.3.1 Pressure ranges

For instruments of types 1 and 2 the range of relative pressure shall be at least from +200 daPa to –600 daPa.

For type 3, the range shall be specified by the manufacturer but shall not exceed the maximum limits as defined in 5.3.2.

5.3.2 Maximum limits

The limits of relative pressure shall be –800 daPa and +600 daPa as measured in a 0,5 cm³ cavity. These limits shall apply to all types of instruments. All instruments shall have an automatic system which will prevent the pressure from suddenly reaching or exceeding these limits.

5.3.3 Accuracy of the relative pressure indicator

For instruments of types 1 and 2 the actual relative pressure produced by the instrument in cavities from 0,5 cm³ to 5 cm³ shall not differ from the indicated relative pressure by more than $\pm 10 \text{ daPa}$ or $\pm 10\%$, whichever is the greater.

For type 3 instruments, the actual relative pressure produced in cavities from 0,5 cm³ to 2 cm³ shall not differ from the indicated relative pressure by more than $\pm 10 \text{ daPa}$ or $\pm 15\%$, whichever is greater.

These specifications shall be met for the rates of changes of pressure provided.

5.3.4 Rate of pressure change

Instruments of types 1 and 2 (when applicable) shall at least provide the possibility of changing the

la pression relative (par valeur croissante ou décroissante) à une vitesse de 50 ± 10 daPa/s, la mesure étant effectuée dans des cavités de volume compris entre $0,5 \text{ cm}^3$ et 5 cm^3 .

NOTE — D'autres vitesses peuvent également être prévues.

5.3.5 Sortie électrique

S'il existe une sortie électrique, la tension de sortie doit être une fonction linéaire de la pression relative. Les tolérances globales données en 5.3.3 doivent être maintenues lorsqu'elles sont mesurées aux bornes de sortie électriques.

Le cas échéant, l'indication pleine échelle de l'indicateur de pression relative doit correspondre à une tension de sortie qui ne doit pas être inférieure à 0,5 V, pour une impédance de charge de 100 k Ω .

NOTE — Il est souhaitable que la sortie soit dissymétrique et sans tension de polarisation continue.

5.4 Système d'excitation du réflexe acoustique

5.4.1 Spécifications générales

Les spécifications du système d'excitation du réflexe acoustique sont celles qui figurent aux articles 7, 8 et 10 de la CEI 645-1, aux exceptions près données ci-dessous.

5.4.2 Signaux d'excitation

5.4.2.1 Signaux sinusoïdaux

Les fréquences des sons sinusoïdaux, lorsqu'ils existent, doivent être choisies parmi les fréquences normalisées pour l'audiométrie. Les instruments de classe 1 doivent fournir au moins des signaux à 500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz pour l'excitation et les mesures aussi bien contralatérales qu'ipsilatérales: les instruments de classe 2 doivent fournir au moins les fréquences 500, 1 000 et 2 000 Hz pour l'excitation et les mesures contralatérales ou ipsilatérales. La fréquence doit être exacte à $\pm 3\%$.

5.4.2.2 Distorsion harmonique des sons sinusoïdaux

Pour les fréquences et les niveaux de stimuli donnés ci-dessous, la distorsion harmonique totale du signal d'essai ne doit pas dépasser les valeurs données au tableau 2. Pour des niveaux plus élevés, la distorsion harmonique totale ne doit pas dépasser 5% pour les écouteurs supra-auraux et 10% pour les écouteurs à embout ou intra-auriculaires.

Tableau 2 — Distorsion harmonique des sons sinusoïdaux

Stimulus	Ecouteur supra-aural		Ecouteur à embout		
Fréquence (Hz)	250	500 à 4 000	500	1 000—3 000	4 000
Niveau du stimulus					
· Niveau d'audition (dB)	90	110	85	100	75
· Niveau de pression acoustique (dB)	—	—	95	100	75
Distorsion harmonique totale maximale (%)	3	3	5	5	5

NOTES

1 Si le niveau maximal de sortie d'un instrument est inférieur au niveau d'audition ou au niveau de pression acoustique donné au tableau 3, les prescriptions de ce tableau s'appliquent au niveau de sortie maximal de l'instrument.

2 Les valeurs de niveau d'audition ou de niveau de pression acoustique données dans ce tableau représentent deux possibilités pour tout instrument. Elles ne doivent pas être considérées comme exprimant une équivalence. Pour des écouteurs supra-auraux, les valeurs se réfèrent à l'ISO 389. Pour les écouteurs à embouts, les niveaux de pression acoustique se réfèrent à l'utilisation d'un coupleur acoustique conforme à la 126 de la CEI, ou d'un simulateur d'oreille occluse conforme à la 711 de la CEI. Il est recommandé que le constructeur spécifie le coupleur ou le simulateur utilisé.

relative pressure (increasing and/or decreasing) at a calibrated rate of 50 ± 10 daPa/s, measured in cavities from 0,5 cm³ to 5 cm³.

NOTE — Other rates may also be provided.

5.3.5 Electrical output

If an electrical output is provided, the output shall be linearly related to the relative pressure. The overall tolerances described in 5.3.3 shall be maintained when they are measured at the electrical output.

When applicable, full scale representation of the relative pressure indicator shall correspond to an output voltage of not less than 0,5 V and capable of driving a load with an impedance of 100 kΩ.

NOTE — A single-ended output with zero d.c. bias is desirable.

5.4 Acoustic reflex activating stimulus system

5.4.1 General requirements

Specifications for the acoustic reflex activating stimulus system are as given in clauses 7, 8 and 10 of IEC 645-1, with the exceptions specified below.

5.4.2 Stimulus signals

5.4.2.1 Pure tone signals

When fixed frequencies are provided, they shall be selected from the standard audiometric frequencies. Type 1 instruments shall provide at least 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz and 4 000 Hz stimuli for both contralateral and ipsilateral acoustic reflex stimulation and measurements; type 2 instruments shall provide at least 500, 1 000 and 2 000 Hz stimuli for contralateral or ipsilateral acoustic reflex stimulation and measurements. The frequency shall be accurate within $\pm 3\%$.

5.4.2.2 Pure tone harmonic distortion

For the frequencies and stimulus level settings listed below, the total harmonic distortion of the test tone shall not exceed the specified values given in Table 2. At higher level settings the maximum level of harmonics shall not exceed 5% total harmonic distortion for supra-aural earphones, and 10% total harmonic distortion for insert or probe-type earphones.

Table 2 — Pure tone harmonic distortion

Stimulus	Supra-aural earphones		Insert earphones		
Frequency (Hz)	250	500 to 4 000	500	1 000—3 000	4 000
<i>Stimulus level</i>					
• Hearing level (dB)	90	110	85	100	75
• Sound pressure level (dB)	—	—	95	100	75
Maximal total harmonic distortion (%)	3	3	5	5	5

NOTES

1 If the maximum output for an instrument is less than the hearing level or the sound pressure level value given in Table 3, the requirements given in this table shall apply to the maximum output levels of the instruments.

2 The values of HL and SPL given in this table are alternatives in any given instrument. They are not to be regarded as expressing equivalence. In the case of supra-aural earphones the values are referred to ISO 389. In the case of insert earphones the SPL values are referred to either an IEC 126 acoustic coupler or an IEC 711 occluded-ear simulator. The manufacturer should state the coupler or simulator used.

5.4.2.3 Bruit à large bande

Si un signal de bruit à large bande existe, son niveau de pression acoustique, mesuré acoustiquement, doit être constant à ± 5 dB près, par rapport au niveau à 1 000 Hz, dans la gamme des fréquences comprises entre 250 et 4 000 Hz, pour les écouteurs supra-auraux; il doit être constant à ± 10 dB près dans la gamme des fréquences comprises entre 400 Hz et 4 000 Hz pour les écouteurs à embout ou intra-auriculaires.

5.4.2.4 Autres stimuli

S'il existe d'autres types de stimuli, le constructeur doit en décrire les caractéristiques.

5.4.3 Commande de niveau du stimulus

5.4.3.1 Marquages

Les instruments étalonnés selon cette norme doivent comporter un marquage sur la face avant, sur la commande de niveau ou sur le dispositif d'affichage. Pour les écouteurs supra-auraux, l'indication doit être: «niveau d'audition en décibels, selon la norme ISO 389». Pour les écouteurs à embout, l'indication doit être: «niveau de pression acoustique en décibels», ou «niveau d'audition en décibels», et le constructeur doit préciser les procédures employées pour déduire les niveaux de pression acoustique liminaire équivalents de référence. Le réglage correspondant au niveau maximal doit être indiqué pour chaque fréquence et pour le bruit à large bande.

NOTE — Pour les écouteurs autres que ceux qui sont spécifiés dans l'ISO 389, les niveaux de référence équivalents liminaires peuvent être déterminés suivant les procédures recommandées à l'annexe A.2 de l'ISO 389.

5.4.3.2 Limites et domaine de variation minimaux

Pour les instruments des classes 1 et 2, la commande de niveau du stimulus doit couvrir au moins les domaines indiqués au tableau 3. Les échelons de graduation pour le niveau du stimulus doivent être inférieurs ou égaux à 5 dB.

Tableau 3 — Domaines minimaux de niveaux d'audition ou de niveau de pression acoustique pour les différents stimuli

Stimulus	250 Hz	500—2 000 Hz	4 000 Hz	6 000 Hz	Bruit
Domaine de niveaux d'audition* pour les écouteurs supra-auraux (dB)	50 à 90	50 à 120	50 à 120	50 à 100	50 à 115
Domaine de niveaux d'audition pour les écouteurs à embouts ou intra-auriculaires (dB)	—	50 à 100	50 à 80	—	—
Domaine de niveaux de pression acoustique pour les écouteurs à embouts ou intra-auriculaires (dB)	—	60 à 110	60 à 90	—	50 à 100
* Dans le cas des signaux de bruit, les domaines peuvent être également spécifiés en termes de niveaux de pression acoustique.					

NOTES

1 Les domaines de niveaux spécifiés dans ce tableau pour les signaux de bruit utilisés avec des écouteurs supra-auraux et pour les signaux sinusoïdaux ou de bruit utilisés avec des écouteurs à embout ou intra-auriculaires peuvent être donnés sous forme de niveaux d'audition ou de niveaux de pression acoustique, exprimés en décibels. Si les niveaux correspondent à des niveaux d'audition, le constructeur doit indiquer les niveaux de référence équivalents liminaires correspondants, ainsi que la procédure utilisée pour les déterminer.

2 Chez les enfants, les niveaux des stimuli peuvent être plus élevés que ceux qui sont indiqués.

5.4.2.3 Broad band noise

If a broad band (random) noise is provided, it shall have a spectrum pressure level, as measured acoustically, which is uniform within ± 5 dB relative to the 1 000 Hz level over the frequency range of 250 to 4 000 Hz for the supra-aural earphone, and within ± 10 dB over the frequency range from 400 to 4 000 Hz for the insert or probe-type earphone.

5.4.2.4 Other stimuli

If other types of stimuli are provided, the manufacturer shall describe the characteristics of such stimuli.

5.4.3 Stimulus level control

5.4.3.1 Markings

Instruments calibrated to this standard shall be identified either on the front panel or on the stimulus level control or line display. For a supra-aural earphone the designation shall be “hearing level in decibels according to ISO 389”. For an insert earphone, the designation shall be “sound pressure level in decibels” or “hearing level in decibels”, and the manufacturer shall state the procedures used to derive the reference equivalent threshold sound pressure levels. The maximum level setting for each frequency and for the broad band noise shall be indicated.

NOTE — For other earphones than those specified by ISO 389, reference equivalent threshold sound pressure levels may be determined by procedures recommended in ISO 389, annex A.2.

5.4.3.2 Intervals and minimum range

For instruments of types 1 and 2, the stimulus level control shall cover at least the ranges listed in table 3. Readings of stimulus level shall be indicated in intervals of 5 dB or less.

Table 3 — Minimum hearing level ranges or sound pressure level ranges for different stimuli

Stimulus	250 Hz	500 to 2 000 Hz	4 000 Hz	6 000 Hz	Noise
Hearing level range* for supra-aural earphones (dB)	50 to 90	50 to 120	50 to 120	50 to 100	50 to 115
Hearing level range for insert or probe-type earphones (dB)	—	50 to 100	50 to 80	—	—
Sound pressure level range for insert or probe-type earphones (dB)	—	60 to 110	60 to 90	—	50 to 100
* In the case of noise the range may alternatively be specified in terms of sound pressure levels.					

NOTES

1 The level ranges specified in this table for noise stimuli with supra-aural earphones and for pure tone and noise stimuli with insert or probe-type earphones may be given as hearing level or sound pressure level, in decibels. If the levels are given as hearing levels, the manufacturer shall state the corresponding reference equivalent threshold levels and the procedure of deriving them.

2 In children, stimulus levels may be higher than indicated.

5.4.3.3 Précision de la commande de niveau du stimulus

Le niveau de pression acoustique produit par le transducteur engendrant le stimulus ne doit pas différer de la valeur indiquée de plus de ± 3 dB, pour n'importe quelle position de la commande de stimulus et pour les fréquences comprises dans la gamme 250 Hz–4 000 Hz; il ne doit pas différer de plus de ± 5 dB pour la fréquence 6 000 Hz et pour un stimulus de bruit, dans le cas d'utilisation d'écouteurs supra-auraux. En ce qui concerne les écouteurs à embouts ou intra-auriculaires, la différence ne doit pas dépasser ± 5 dB dans la gamme des fréquences comprises entre 500 et 2 000 Hz et $+5/-10$ dB à 4 000 Hz.

5.4.4 Commande de présentation du stimulus

Les instruments doivent être équipés d'un interrupteur manuel ou automatique servant à présenter les signaux de stimulus. L'interrupteur et les circuits associés doivent être conçus de manière qu'on obtienne la réponse au stimulus et non pas aux transitoires ou à d'autres bruits.

5.4.4.1 Rapport signal à bruit et rapport «émission-coupeure»

Le rapport signal à bruit et celui qui est obtenu pour les deux positions de l'interrupteur doivent être d'au moins 70 dB. Toutefois le niveau résiduel de pression acoustique, mesuré avec la pondération fréquentielle A, lorsque l'interrupteur est ouvert, ne doit pas être inférieur à 25 dB.

5.4.4.2 Temps de montée et de descente

a) Condition «émission»

Lorsque la commande de présentation du stimulus est mise en position «émission», le niveau de pression acoustique produit par le transducteur doit atteindre une valeur inférieure de 1 dB à sa valeur en régime permanent, en moins de 100 ms à partir de l'instant où l'on agit sur la commande. Le temps de montée progressive du niveau de pression acoustique, de -20 dB à -1 dB de sa valeur finale, ne doit pas être inférieur à 5 ms. A aucun moment de la montée ou de la décroissance du son, le niveau de pression acoustique produit par le transducteur ne doit atteindre une valeur supérieure de 1 dB à sa valeur finale, pour la condition «émission».

b) Condition «coupeure»

Lorsque la commande de présentation du stimulus est mise en position «coupeure du signal», le niveau de pression acoustique produit par le transducteur doit atteindre une valeur inférieure de 20 dB à la valeur en régime permanent, en moins de 100 ms à partir de l'instant où l'on agit sur la commande. Le temps de descente progressive du niveau de pression acoustique, de -1 dB à -20 dB de sa valeur en régime permanent pour la condition «émission», ne doit pas être inférieur à 5 ms.

5.4.4.3 Signal de stimulus impulsionnel

Si un stimulus de nature impulsionnelle est utilisé, le constructeur doit spécifier ses caractéristiques temporelles.

5.4.5 Sortie électrique

S'il existe une sortie électrique, celle-ci doit délivrer un signal qui indique l'enveloppe du signal d'excitation du réflexe stapédien.

6 Méthodes de mesure des caractéristiques

Les procédures ci-dessous doivent être employées pour s'assurer que les caractéristiques des instruments sont conformes aux spécifications de cette norme. Il n'est pas prévu que ces procédures soient utilisées pour des vérifications de routine. Pour ce but particulier, le constructeur doit décrire des méthodes simplifiées et des tolérances appropriées permettant de confirmer la conformité des instruments aux spécifications.

5.4.3.3 *Stimulus level control accuracy*

The sound pressure level produced by the stimulus transducer shall not differ by more than ± 3 dB from the indicated values at any setting of the stimulus level control at indicated frequencies in the range from 250 to 4000 Hz and by more than ± 5 dB at 6000 Hz and for noise stimuli, by supra-aural earphones; and by not more than ± 5 dB over the frequency range from 500 to 2000 Hz and $+5/-10$ dB at 4000 Hz for insert or probe-type earphones.

5.4.4 *Stimulus presentation control*

Instruments shall be provided with a manual or automatic switch for presenting the stimulus signals. The switch and its associated circuit shall be such that the response shall be to the stimulus signal rather than to transients or to other noise.

5.4.4.1 *On-off and signal-to-noise ratios*

The on-off and signal-to-noise ratios shall be at least 70 dB. However, the A-weighted residual sound pressure level with the stimulus presentation switch in the off-position need not be less than 25 dB.

5.4.4.2 *Rise-fall times*

a) *On-condition*

When the stimulus presentation control is changed to the ON condition, the time taken for the sound pressure level produced by the transducer to attain -1 dB relative to its final steady state level shall not exceed 100 ms from the instant the stimulus presentation control is changed. The time required for the sound pressure level to rise in a progressive manner from -20 dB to -1 dB relative to its final steady state level shall not be less than 5 ms. At no time during the rise or decay of the tone shall the sound pressure level produced by the transducer attain a value exceeding 1 dB, relative to its steady state level in the ON position.

b) *Off-condition*

When the stimulus presentation control is changed by the OFF position the time taken for the sound pressure level produced by the transducer to fall to -20 dB relative to its steady state level in the ON position shall not exceed 100 ms from the instant the stimulus presentation control is changed. The time required for the sound pressure level to fall in a progressive manner from -1 dB to -20 dB relative to its steady state level in the ON position shall be not less than 5 ms.

5.4.4.3 *Pulsed stimulus signal*

If a pulsed stimulus signal is used, the manufacturer shall specify the temporal characteristics of the signal.

5.4.5 *Electrical output*

When an electrical output is provided, it shall have a signal which indicates the envelope of the reflex activating stimulus signal.

6 *Methods of test of performance*

The following procedures are to be used for ensuring that the instruments meet the specifications given in this standard. It is not intended that they be used for routine calibration. For this purpose, the manufacturer shall provide simplified procedures with appropriate tolerances to confirm that instruments meet the specifications.

6.1 *Système de mesure*

6.1.1 *Indicateur d'impédance/admittance*

La sonde doit être couplée alternativement à une série de cavités à parois rigides, de manière étanche. Le nombre, les formes et les cavités doivent être conformes aux spécifications de l'article 7. Les essais doivent être effectués à une fréquence de sonde de 226 Hz.

La lecture de l'indicateur d'impédance/admittance doit être faite pour une pression égale à la pression atmosphérique et en tenant compte d'une correction de la cavité d'essai en fonction de la température et de la pression atmosphérique conformément à la formule en 3.10.

NOTE — Pour d'autres types de signaux de sonde, le constructeur doit spécifier des dispositifs de mesure appropriés qui représentent les valeurs extrêmes de l'étendue de mesure et, au minimum, une valeur intermédiaire.

6.1.2 *Caractéristiques temporelles globales*

Pour mesurer les caractéristiques temporelles globales illustrées par la figure 1, la sonde doit être couplée à une cavité d'essai à parois rigides d'un volume de 2 cm³. Une source sonore miniature, alimentée par un signal électrique issu du signal de sonde, doit être fixée dans la cavité d'essai au voisinage de la sonde. A l'aide d'un dispositif commutateur convenable, la source sonore doit être excitée à un niveau qui correspond à une décroissance du volume de la cavité de 0,2 cm³. Les temps de réponse, représentés dans la figure 1, doivent être mesurés en faisant ainsi varier de manière simulée le volume équivalent, avec des temps de montée et de descente de 5 ms, et un palier d'au moins 1 s. La sortie électrique à mesurer doit être chargée par l'impédance de charge minimale spécifiée et reliée à un oscilloscope à une ou deux voies, ou à un enregistreur Y-T dont la fréquence limite supérieure soit au moins égale à 20 Hz (à -3 dB).

6.1 *Measuring system*

6.1.1 *Impedance/admittance indicator*

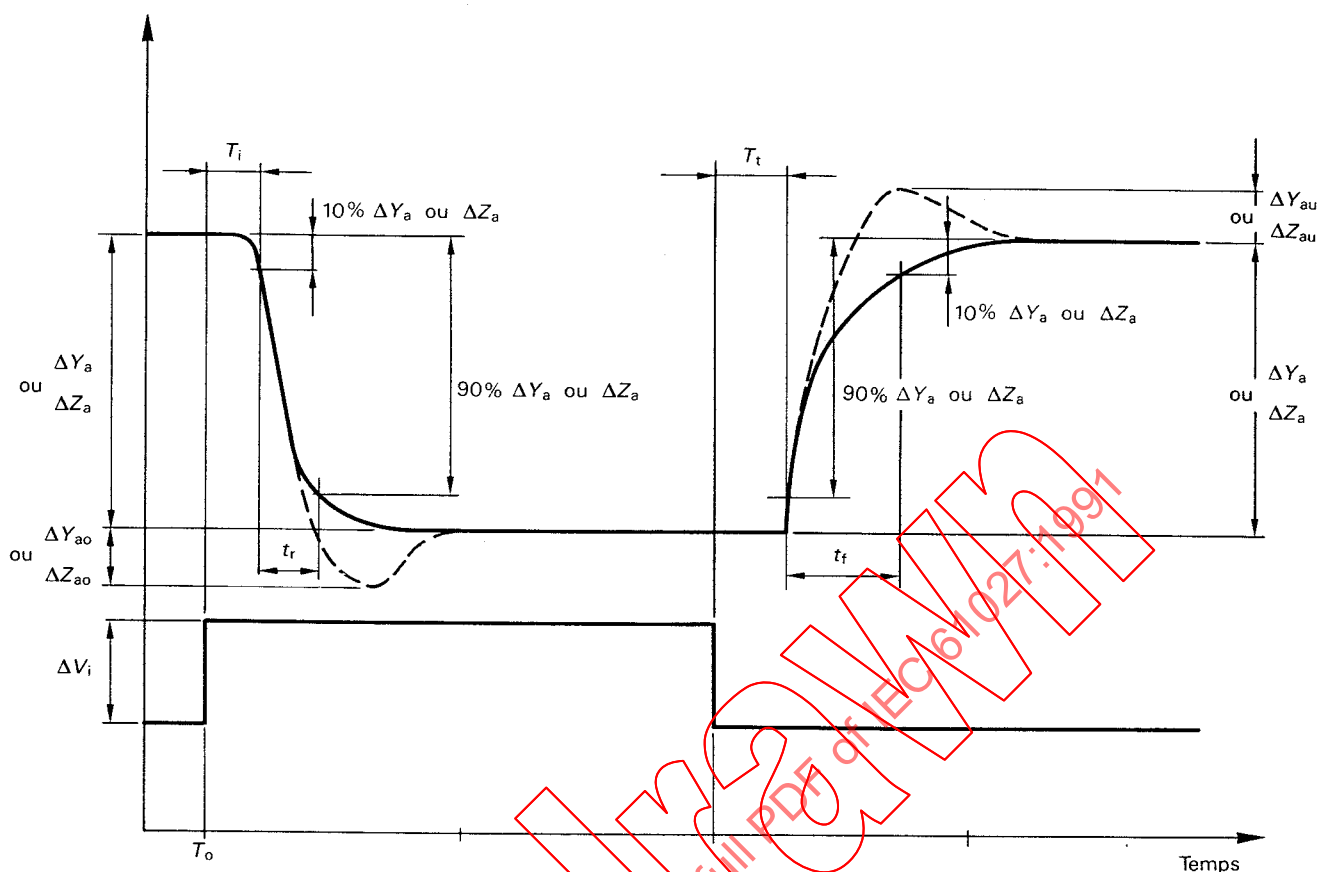
The probe shall be connected in turn to a set of hard-walled cavities, making an air-tight seal. The number, shapes and cavities shall be as specified in clause 7. Tests shall be carried out at a probe frequency of 226 Hz.

The impedance/admittance indicator shall be read with the pressure set at ambient pressure and the test cavity corrected for temperature and barometric air pressure in accordance with the formula in 3.10.

NOTE — For other types of probe signal the manufacturer shall specify suitable test objects that represent the extreme parts of the measurement range and at least one intermediate value.

6.1.2 *Overall temporal characteristics*

For measuring the overall temporal characteristics as illustrated in figure 1, the probe shall be connected to a hard-walled test cavity of 2 cm³. A miniature sound source, fed by an electrical signal derived from the probe signal shall be connected to the cavity near to the probe. By means of suitable switching circuits, the sound source shall be activated to a level which corresponds to a decrease in test cavity volume of 0,2 cm³. The response times according to figure 1 shall be measured by the presentation of such simulated changes in equivalent volume with a 5 ms rise- and fall-time and a duration of at least 1 s. The electrical output to be tested shall be loaded by the specified minimum load impedance and connected to one channel of a two channel oscilloscope or Y-T recorder with upper frequency limit of at least 20 Hz (−3 dB).



001/90

La ligne pointillée indique les dépassements supérieur et inférieur, qui doivent être exprimés en pourcentage par:

$$\frac{\Delta Y_{ao}}{\Delta Y_a} \cdot 100 \text{ ou } \frac{\Delta Z_{ao}}{\Delta Z_a} \cdot 100 \text{ et } \frac{\Delta Y_{au}}{\Delta Y_a} \cdot 100 \text{ ou } \frac{\Delta Z_{au}}{\Delta Z_a} \cdot 100$$

Figure 1 — Caractéristiques temporelles globales mesurées dans une cavité d'essai en réponse à un changement brusque (échelon) à l'entrée qui commence à l'instant T_0

T_i Latence initiale: définie comme la durée, en secondes, qui sépare le début du changement simulé de l'impédance ou de l'admittance d'entrée, du temps pour lequel on atteint 10% du changement de l'impédance, mesuré en régime permanent.

t_r Temps de montée: défini comme la durée, en secondes, qui sépare les temps correspondant à 10% et 90% du changement mesuré de l'impédance ou de l'admittance, mesuré en régime permanent.

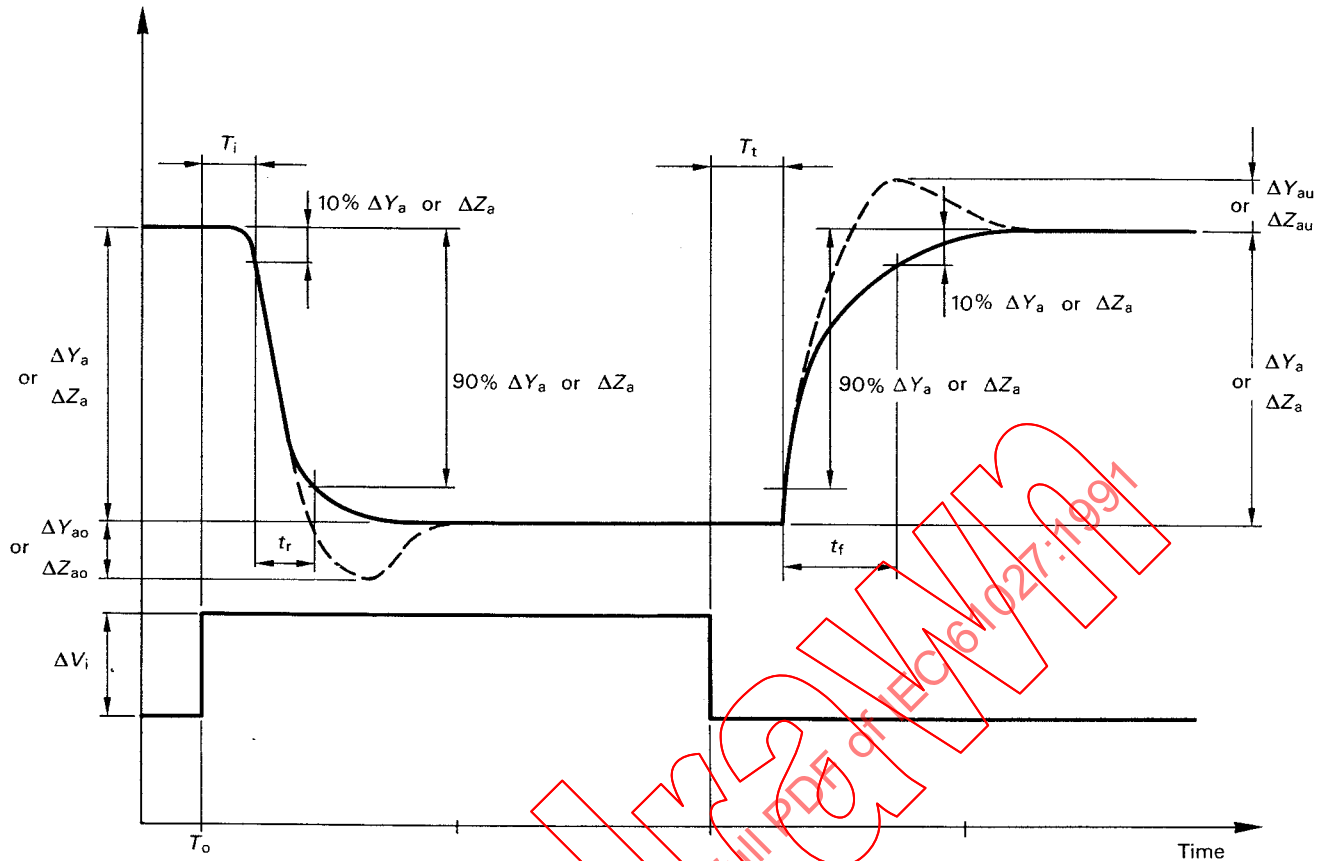
T_t Latence finale: définie comme la durée, en secondes, qui sépare la fin du changement simulé de l'impédance ou de l'admittance d'entrée, du temps pour lequel on atteint 90% du changement de l'impédance, mesuré en régime permanent.

t_f Temps de descente: défini comme la durée, en secondes, qui sépare les temps correspondant à 90% et 10% du changement de l'impédance ou de l'admittance, mesuré en régime permanent après la fin du changement initial d'impédance.

ΔV_i Echelon simulé de l'impédance ou de l'admittance d'entrée.

$\Delta Z_a, \Delta Y_a$ Changement en régime permanent de la valeur de l'impédance ou de l'admittance lorsque le changement simulé est introduit ou supprimé à l'entrée.

$\Delta Z_{ao}, \Delta Y_{ao}$ Dépassement supérieur: réponse transitoire dans la valeur mesurée avant que la valeur en régime permanent soit atteinte, lorsque le changement simulé est introduit à l'entrée.



001/90

Dotted line indicates overshoot and undershoot, to be expressed as percentage by:

$$\frac{\Delta Y_{ao}}{\Delta Y_a} \cdot 100 \text{ or } \frac{\Delta Z_{ao}}{\Delta Z_a} \cdot 100 \text{ and } \frac{\Delta Y_{au}}{\Delta Y_a} \cdot 100 \text{ or } \frac{\Delta Z_{au}}{\Delta Z_a} \cdot 100$$

Figure 1 — Overall temporal characteristics measured in a test cavity in response to step-wise input changes, starting at T_0

T_i Initial latency: defined as the time in seconds from the stepwise beginning of the simulated input impedance/admittance change to 10% of the measured steady-state impedance change.

t_r Rise time: defined as the time in seconds from 10 to 90% of the measured steady-state impedance/admittance change.

T_t Terminal latency: defined as the time in seconds from stepwise termination of the simulated input impedance/admittance change to 90% of the measured steady-state impedance change.

t_f Fall time: defined as the time in seconds from 90 to 10% of the measured steady-state impedance/admittance change after termination of the initial impedance change.

ΔV_i Simulated stepwise change in input impedance/admittance.

$\Delta Z_a, \Delta Y_a$ Change in steady-state value of impedance/admittance when the simulated change in input is switched on or off.

$\Delta Z_{ao}, \Delta Y_{ao}$ Overshoot, the transient artefactual response in measured value prior to reaching steady-state when the simulated change in input is switched on.

ΔZ_{au} , ΔY_{au} Dépassement inférieur: réponse transitoire dans la valeur mesurée avant que la valeur en régime permanent soit atteinte, lorsque le changement simulé est supprimé à l'entrée.

Les dépassements supérieur et inférieur doivent être exprimés en pourcentage du changement de valeur en régime permanent, comme indiqué à la figure 1.

6.2 Signal de sonde

6.2.1 Spectre du signal de sonde

La fréquence d'un signal de sonde sinusoïdal doit être mesurée électriquement. L'incertitude due à l'instrument de mesure doit être inférieure à ± 1 Hz ou $\pm 0,5\%$; on choisit la plus élevée de ces valeurs.

Pour les signaux de sonde autres que des sons purs, leur spectre doit être mesuré en couplant de façon étanche la sonde à un coupleur conforme à la 126 de la CEI. L'extrémité de la sonde doit se trouver dans le même plan que la paroi de la cavité comme représenté dans la figure 3 de la 126 de la CEI.

6.2.2 Niveau du signal de sonde et distorsion harmonique

Le niveau et la distorsion harmonique du signal de sonde doivent être mesurés en couplant de façon étanche la sonde à un coupleur conforme à la 126 de la CEI, son extrémité étant située dans le même plan que la paroi de la cavité, comme illustré dans la figure 3 de la 126 de la CEI.

6.3 Système pneumatique

6.3.1 Précision de l'indicateur de pression d'air

La pression d'air doit être vérifiée en couplant de manière étanche la sonde à un système de mesure manométrique dont l'incertitude ne dépasse pas $\pm 2\%$ ou ± 3 daPa (on choisit la plus grande de ces deux valeurs). Le déplacement en volume de la membrane doit être inférieur à $0,2 \text{ cm}^3$ pour la gamme mesurée. A la pression atmosphérique, le système de mesure manométrique doit comporter un volume rempli d'air de $0,5 \text{ cm}^3$ pour la mesure des valeurs maximales spécifiées selon le paragraphe 5.3.2, et un volume de 5 cm^3 pour la mesure des valeurs minimales de pression conformes à 5.3.1.

NOTES

1 Un déplacement en volume de la membrane de $0,2 \text{ cm}^3$ correspond au changement de volume moyen du conduit auditif pendant une tympanométrie.

2 La petite cavité d'un volume de $0,5 \text{ cm}^3$ peut être obtenue par exemple en utilisant des transducteurs de pression pouvant être remplis partiellement d'un fluide (huile, eau).

6.3.2 Vitesse de changement de la pression

La vitesse de changement de la pression d'air doit être mesurée en couplant de manière étanche la sonde à un système de mesure manométrique dont l'incertitude ne doit pas dépasser $\pm 2\%$ ou ± 3 daPa (on choisit la plus élevée des deux valeurs) et dont la membrane doit avoir un déplacement en volume inférieur à $0,2 \text{ cm}^3$.

La réponse de l'instrument de mesure doit être au moins trois fois plus rapide que les vitesses de changement de pression disponibles sur l'instrument à vérifier.

Les mesures doivent être effectuées avec des volumes de $0,5 \text{ cm}^3$ et de 2 cm^3 , remplis d'air et couplés au système de mesure manométrique.

6.3.3 Précision de la sortie électrique et/ou de l'enregistreur de la pression d'air

La précision de la sortie électrique, représentant la pression d'air conformément au 5.3.5, doit être vérifiée au moyen du même système de mesure manométrique que celui qui est décrit en 6.3.2. Les mesures doivent être effectuées avec des volumes de $0,5 \text{ cm}^3$ et de 2 cm^3 remplis d'air, pour les vitesses disponibles sur l'instrument à vérifier.

ΔZ_{au} , ΔY_{au} Undershoot, the transient artefactual response in measured value prior to reaching steady-state when the simulated change in input is switched off.

Overshoot and undershoot shall be expressed in terms of percentage of change in indicated steady-state value, as shown in figure 1.

6.2 Probe signal

6.2.1 Probe signal spectrum

The frequency of a pure tone probe signal shall be measured electrically; the measuring instrument uncertainty shall be less than ± 1 Hz or $\pm 0,5\%$, whichever is greater.

For probe signals other than pure tones, the probe signal spectrum shall be measured by applying the probe with air-tight seal on a coupler according to IEC 126, with the probe tip placed even with the cavity wall as illustrated in figure 3 of IEC 126.

6.2.2 Probe signal level and harmonic distortion

The probe signal level and the harmonic distortion of the probe tone shall be measured by means of a coupler according to IEC 126, to which the probe is coupled with an airtight seal, placed with the probe tip placed even with the cavity wall as illustrated in figure 3 of IEC 126.

6.3 Pneumatic system

6.3.1 Accuracy of air pressure indicator

The air pressure shall be checked by applying the probe with the air-tight seal to a pressure measuring system with a maximum instrument uncertainty not exceeding $\pm 2\%$ or ± 3 daPa, whichever is greater, and a membrane volume displacement of less than $0,2 \text{ cm}^3$ for the range measured. At ambient pressure, the pressure measuring system shall have an air-filled volume of $0,5 \text{ cm}^3$ for the measurement of the maximum pressure limits required according to 5.3.2 and a volume of 5 cm^3 for the measurement of the minimum pressure limits according to 5.3.1.

NOTES

- 1 A membrane volume displacement of $0,2 \text{ cm}^3$ corresponds to the average volume change of the external auditory meatus during tympanometry.
- 2 The small cavity volume of $0,5 \text{ cm}^3$ can be attained, for example, by using pressure transducers which can be partly filled with fluid (oil, water).

6.3.2 Rate of change of pressure

The rate of change of air pressure shall be measured by applying the probe with air-tight seal to a pressure measuring system with a maximum instrument uncertainty of $\pm 2\%$ or ± 3 daPa, whichever is greater, and a membrane volume displacement less than $0,2 \text{ cm}^3$.

The response of the measuring instrument shall be at least three times faster than the rate provided on the instrument to be tested.

Measurements shall be made with air-filled volumes of $0,5$ and 2 cm^3 coupled to the pressure measuring system.

6.3.3 Accuracy of air pressure electrical output and/or recorder

The accuracy of the air pressure electrical output and/or of the recorder according to 5.3.5 shall be checked by means of the same pressure measuring system as in 6.3.2. Measurements shall be made with air-filled volumes of $0,5$ and 2 cm^3 at the rates provided by the instrument tested.

6.4 Signaux d'excitation du réflexe stapédien

Les mesures de la distorsion harmonique, de la précision de la commande de niveau du stimulus, et du rapport «émission-coupure» doivent être effectuées pour les écouteurs supra-auraux en utilisant un coupleur acoustique ou une oreille artificielle. Pour les écouteurs intra-auriculaires, ces mesures doivent être faites en couplant la sonde à un coupleur conforme à la 126 de la CEI, l'extrémité de la sonde étant placée dans le même plan que la paroi de la cavité, comme illustré dans la figure 3 de la 126 de la CEI.

NOTE — L'étalonnage des stimuli ipsilatéraux étant effectué à l'aide d'un coupleur de 2 cm³, on doit noter que les niveaux nominaux (niveau de pression acoustique [SPL] et/ou niveau d'audition [HL] selon les indications du dispositif de commande de niveau du stimulus) peuvent varier par rapport au volume du conduit auditif soumis à l'essai. Les constructeurs doivent spécifier ces variations pour toutes les fréquences des sons sinusoïdaux fournies et au moins pour les lectures du volume équivalent de 0,5 cm³ et 1,0 cm³.

7 Cavités d'étalonnage

Pour l'étalonnage des instruments en volume équivalent et en pression relative, le constructeur doit fournir au moins trois cavités d'étalonnage pour les instruments des classes 1 et 2, et deux cavités d'étalonnage pour les instruments de classe 3. Cette norme ne recommande pas de méthodes d'étalonnage des autres composantes de l'impédance ou de l'admittance acoustique. Le constructeur doit spécifier la méthode employée pour étalonner de tels composants.

7.1 Dimensions des cavités d'étalonnage

Les cavités d'étalonnage doivent avoir une forme cylindrique dont la hauteur est d'environ une à trois fois le diamètre. Pour les classes 1 et 2, les trois cavités doivent avoir des volumes de 0,5 cm³, 2,0 cm³ et 5 cm³. Pour la classe 3, les deux cavités doivent avoir des volumes de 0,5 cm³ et 1,0 cm³ ou un volume voisin de la limite maximale de l'étendue de mesure de l'instrument. Si des cavités supplémentaires sont fournies, elles doivent avoir des volumes choisis parmi les valeurs suivantes: 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 cm³. Les tolérances sur les volumes doivent être inférieures à $\pm 2\%$ ou 0,05 cm³; on choisit la plus grande de ces deux valeurs.

7.2 Matériau des parois des cavités d'étalonnage

Les cavités d'étalonnage doivent présenter des surfaces dures et non poreuses, et être fabriquées de préférence en métal ou dans une matière plastique suffisamment dure et stable.

7.3 Couplage de la sonde à une cavité d'étalonnage

Les cavités et la sonde doivent être conçues de façon que, lorsqu'elles sont couplées de façon étanche, le volume de la cavité corresponde à la valeur indiquée. L'extrémité de la sonde ne doit pas pénétrer dans le volume cylindrique de la cavité, et ne doit pas être à plus de 1 mm au-dessus de la face circulaire supérieure de la cavité.

8 Prescriptions générales

8.1 Marquage

L'instrument doit comporter les marquages suivants: nom du constructeur, classe conformément au 5.1, modèle, numéro de série et identification du ou des transducteurs utilisés.

8.2 Notice d'emploi

Une notice d'emploi doit être fournie avec chaque instrument. Le constructeur doit préciser dans cette notice toutes les caractéristiques et leurs spécifications selon la présente norme; il doit en particulier se référer aux articles 4 à 6 afin de permettre un étalonnage correct de l'instrument.

8.3 Règles de sécurité

Les instruments alimentés par le secteur doivent être conformes à la 601-1 de la CEI pour les appareils des classes I et II, du type B.

6.4 *Acoustic reflex activating stimulus signals*

Measurements of harmonic distortion, stimulus level control accuracy and ON/OFF ratio of the supra-aural earphones shall be made on an acoustic coupler or an artificial ear as appropriate. For probe earphones, such measurements shall be made with the probe connected to a coupler (IEC 126) with the probe tip placed even with the cavity wall as illustrated in Figure 3 of IEC 126.

NOTE — Since calibration of ipsilateral stimuli is carried out on a 2 cm³ coupler, it must be noted that nominal levels (sound pressure level [SPL] and/or hearing level [HL] as indicated on the stimulus level control) may vary depending on the volume of the tested ear canal. The manufacturers shall specify these variations for all pure tone frequencies provided and at least for 0,5 cm³ and 1,0 cm³ equivalent volume readings.

7 Calibration cavities

For the purpose of calibrating the instruments for equivalent volume and for pressure, the manufacturer shall provide at least three calibration cavities for instruments of types 1 and 2, and two calibration cavities for type 3 instruments. This standard does not provide recommendations for calibration procedures for other components of acoustic impedance or admittance. The manufacturer shall specify the technique employed for calibrating such components.

7.1 *Dimensions of calibration cavities*

The calibration cavities shall be shaped as cylinders with a length/diameter ratio ranging between one and three. For types 1 and 2, the three cavities shall have volumes of 0,5 cm³, 2,0 cm³ and 5,0 cm³. For type 3, the two cavities shall have volumes of 0,5 cm³ and either 1,0 cm³ or a volume near the maximum limit of the measurement range of the instrument. Additional cavities, when provided, shall have volumes chosen from 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 cm³. Volume tolerances shall be $\pm 2\%$ or 0,05 cm³, whichever is greater.

7.2 *Material of calibration cavity walls*

The calibration cavities shall have hard, non-porous surfaces, preferably of metal or sufficiently hard and stable plastic.

7.3 *Connection of probe to a calibration cavity*

The cavities and the probe shall be designed in such a way that, when connected with an air-tight fit, the indicated volume of the cavity shall be obtained. The probe tip shall not enter the cylindrical volume of the cavity, nor shall the tip be more than 1 mm above the top circular plane of the cavity.

8 General requirements

8.1 *Marking*

The instrument shall be marked with the name of the manufacturer, the type as in 5.1, the model and its serial number as well as the identification of the transducer(s) employed.

8.2 *Instruction manual*

An instruction manual shall be supplied with each instrument. In this manual the manufacturer shall specify all characteristics as required by this standard with special reference to clauses 4 to 6 to ensure proper calibration of the instrument.

8.3 *Safety requirements*

Mains (power-line) operated instruments shall conform to IEC 601-1 for Classes I and II, Type B equipment.

8.4 *Durée de préchauffage*

La durée maximale de préchauffage doit être spécifiée par le constructeur et ne doit pas dépasser 10 min lorsque l'instrument a été entreposé à la température de la pièce. Les exigences sur les caractéristiques décrites dans cette norme doivent être satisfaites après la durée de préchauffage spécifiée et après réglages éventuels suivant les indications du constructeur.

8.5 *Variation de la tension d'alimentation et conditions d'environnement*

8.5.1 *Fonctionnement sur secteur*

Les spécifications doivent être satisfaites pour toute variation combinée à long terme, la plus défavorable, de la tension d'alimentation dans les limites de $\pm 10\%$ et de la fréquence du courant d'alimentation dans les limites de $\pm 5\%$. Lors d'une variation rapide du secteur qui affecte les performances de l'instrument, celui-ci doit revenir à un mode de fonctionnement qui ne mette pas en danger le sujet soumis à l'examen.

8.5.2 *Fonctionnement sur batterie*

Le constructeur doit préciser les limites de tension de batterie à l'intérieur desquelles les spécifications sont satisfaites, et un indicateur approprié doit exister pour s'assurer que les tensions de batterie sont dans les limites spécifiées.

8.5.3 *Domaines de température et d'humidité*

Les spécifications doivent être satisfaites pour toute combinaison de valeurs de températures comprises entre $+15^{\circ}\text{C}$ et $+35^{\circ}\text{C}$ et de taux d'humidité relative compris entre 30% et 90%; en tenant compte, pour la cavité d'essai, des corrections de température et de pression atmosphérique comme indiqué au 4.1.1.

8.6 *Rayonnements et signaux acoustiques indésirables*

8.6.1 *Sons indésirables émis par la sonde*

Les sons indésirables, quelle que soit leur origine, par exemple le bruit produit par le système pneumatique, ne doivent pas affecter la précision des mesures. On doit le vérifier en utilisant la cavité d'essai de $0,5\text{ cm}^3$ dans des conditions dynamiques aussi bien que statiques.

8.6.2 *Bruit acoustique rayonné*

Lorsque le stimulus d'excitation du réflexe acoustique est coupé, le niveau de pression acoustique correspondant au bruit rayonné par les appareils, y compris les dispositifs nécessaires d'enregistrement associés fournis par le constructeur, mesuré à une distance de 1 m de n'importe quelle partie de l'appareillage, et avec les caractéristiques de pondération fréquentielle A et temporelle S, ne doit pas dépasser 50 dB pendant les mesures.

9 *Symboles utilisés et présentation des données concernant l'impédance et l'admittance acoustiques*

9.1 *Symboles pour l'indication des grandeurs mesurées*

Impédance acoustique:	Z_a
Résistance acoustique:	R_a
Réactance acoustique:	X_a
Admittance acoustique:	Y_a
Conductance acoustique:	G_a
Susceptance acoustique:	B_a
Pression relative:	Δp_s
Volume équivalent:	V_e
Angle de phase:	Φ_z, Φ_y