

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electroacoustics – Simulators of human head and ear –
Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to
the ear by means of ear inserts**

**Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –
Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à
l'oreille par des embouts**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electroacoustics – Simulators of human head and ear –
Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to
the ear by means of ear inserts**

**Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –
Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à
l'oreille par des embouts**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 17.140.50

ISBN 2-8318-1076-6

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Construction	7
4.1 General.....	7
4.2 Principal cavity dimensions	7
4.3 Calibrated pressure-type microphone	7
4.4 Pressure equalization.....	8
4.5 Acoustic transfer impedance level	8
4.6 Example of design.....	8
5 Calibration.....	9
5.1 Atmospheric reference conditions.....	9
5.2 Calibration method	9
6 Coupling of earphones and hearing aids to the occluded-ear simulator.....	9
6.1 Audiometers with insert earphones.....	9
6.2 In-the-ear hearing aids (custom made)	9
6.3 Hearing aids with insert earphone	10
6.4 Behind-the-ear and spectacle hearing aids.....	11
6.5 Modular in-the-ear hearing aids.....	12
7 Maximum permitted expanded uncertainty of measurements	14
Annex A (informative) Example of one specific design of occluded-ear simulator	16
Annex B (informative) Principle of calibration for the occluded-ear simulator.....	17
Bibliography.....	19
Figure 1 – Connection of an in-the-ear hearing aid to the occluded-ear simulator	10
Figure 2 – Connection of an insert earphone to the occluded-ear simulator	11
Figure 3 – Connection of a behind-the-ear hearing aid to the occluded-ear simulator.....	13
Figure 4 – Connection of an in-the-ear hearing aid (modular type) to the occluded-ear simulator.....	14
Figure A.1 – Example of one specific design of occluded-ear simulator.....	16
Table 1 – Level of the acoustic transfer impedance modulus and associated tolerances	8
Table 2 – Values of maximum permitted expanded uncertainty $U_{\max}$ for basic type approval measurements.....	15
Table B.1 – Sound pressure level relative to that at the reference frequency 500 Hz ($L_p(f) - L_p(500)$) for the nominal effective volume (1 260 mm ³) of the occluded-ear simulator, and associated tolerances	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROACOUSTICS –
SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –****Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement
of earphones coupled to the ear by means of ear inserts**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60318-4 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

This first edition of IEC 60318-4 cancels and replaces IEC 60711, published in 1981 and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- extension of the usable frequency range to 100 Hz – 16 000 Hz;
- addition of values of maximum permitted expanded uncertainties to all tolerances.

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

Enquiry draft	Report on voting
29/662/CDV	29/685/RVC

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

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

A list of all parts of the IEC 60318 series can be found on the IEC website under the title: *Electroacoustics – Simulators of human head and ear*.

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

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

ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –

Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts

1 Scope

This part of IEC 60318 describes an occluded-ear simulator intended for the measurement of insert earphones in the frequency range from 100 Hz to 10 000 Hz. It is suitable for air conduction hearing aids and earphones, coupled to the ear by means of ear inserts e.g. ear moulds or similar devices. The occluded-ear simulator is also suitable as the basis for an extension intended to simulate the complete ear canal and the outer ear (for instance in head simulators).

The occluded-ear simulator simulates the acoustic transfer impedance for the occluded normal adult human ear. However, it does not simulate the leakage between an earmould and a human ear canal; therefore, the results obtained with the occluded-ear simulator may deviate from the performance of an insert earphone on a real ear, especially at low frequencies. Moreover, large performance variations among individual ears will occur which should be considered when using the ear simulator.

Above 10 kHz the device does not simulate a human ear, but can be used as an acoustic coupler at additional frequencies up to 16 kHz. Below 100 Hz, the device has not been verified to simulate a human ear, but can be used as an acoustic coupler at additional frequencies down to 20 Hz.

NOTE Due to resonances in the acoustic transfer impedance of the occluded-ear simulator above 10 kHz, high measurement uncertainties, e.g. in the order of 10 dB, can occur in earphone responses. Repeatable results mainly are obtained for insert earphones with high acoustic damping (used for instance in the extended high-frequency audiometry, see the earphones listed in ISO 389-6)[3]¹ coupled to the occluded-ear simulator by means of a simple, symmetrically designed and air tight coupling device.

2 Normative references

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

IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

3.1

ear insert

device used to provide the acoustic coupling between an earphone and the ear canal (e.g. an earmould or a similar device with or without a connecting tube)

3.2

insert earphone

small earphone coupled to the ear canal by means of an ear insert or attached to a connecting element which is inserted into the ear canal

NOTE This ear insert may be a part of the insert earphone.

3.3

ear-mould simulator

ear insert simulator

insert which terminates the entrance of the ear simulator and provides for passage of sound into the occluded-ear simulator through an opening on its axis

3.4

ear simulator

device for measuring the acoustic output of sound sources where the sound pressure is measured by a calibrated microphone coupled to the source so that the overall acoustic impedance of the device approximates that of the normal human ear at a given location and in a given frequency band

3.5

occluded-ear simulator

ear simulator which approximates the acoustic transfer impedance of the inner part of the ear canal, from the tip of an ear insert to the eardrum

3.6

acoustic coupler

device for measuring the acoustic output of sound sources where the sound pressure is measured by a calibrated microphone coupled to the source by a cavity of predetermined shape and volume which does not necessarily approximate the acoustical impedance of the normal human ear

3.7

reference plane of the occluded-ear simulator

plane perpendicular to the axis of the cavity of the simulator, chosen to pass through the position normally occupied by the tip of an earmould in a human ear

3.8

acoustic transfer impedance of the occluded-ear simulator

quotient of the sound pressure at the diaphragm of its microphone by the volume velocity through the reference plane

unit: $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$

3.9

acoustic transfer impedance level of the occluded-ear simulator

ten times the logarithm to the base of ten of the quotient of the absolute value (modulus) of the squared acoustic transfer impedance of the occluded-ear simulator by the squared reference acoustic transfer impedance of one pascal second per cubic metre ($\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$)

unit: dB

3.10

effective volume

equivalent volume of air of the acoustic compliance of the ear simulator formed by the cavity and the microphone at a frequency of 500 Hz

unit: mm³

4 Construction

4.1 General

The occluded-ear simulator shall be constructed of hard, dimensionally stable, non-porous and non-magnetic material. The general construction of the occluded-ear simulator and mounting of the microphone shall aim at minimizing the response of the microphone to vibration (for example from an earphone) or to extraneous sound outside the cavity.

NOTE 1 The external diameter of the occluded-ear simulator should be kept as small as possible in order to minimize diffractive errors which might affect the measurements when the occluded-ear simulator has to be placed in a free sound field.

NOTE 2 In order to avoid a possible sound attenuation caused by the dust protector (see Figure A.1), an earphone calibration should be performed above 10 kHz at least every two years with the occluded-ear simulator equipped with and without its dust protector in place. The two results should not differ by more than 0,2 dB at frequencies up to 16 kHz. If this is not the case at some frequencies, earphone measurements at those frequencies should generally be performed without the dust protector.

The construction of the occluded-ear simulator shall permit the location of a transducer at the reference plane for calibrating the simulator.

Where tolerances are specified in this part of IEC 60318, these shall be reduced by an amount equal to the actual expanded measurement uncertainty of the test laboratory before deciding if a device conforms to the stated requirement.

4.2 Principal cavity dimensions

The diameter of the principal cavity shall be $(7,50 \pm 0,04)$ mm.

The length of the principal cavity shall be such as to produce a half-wavelength resonance of the sound pressure at $(13,5 \pm 1,5)$ kHz.

4.3 Calibrated pressure-type microphone

A calibrated microphone is located at the base of principal cavity of the occluded-ear simulator. The acoustic impedance of the microphone diaphragm shall be high, so that the equivalent volume is less than 20 mm³ over the specified range of frequencies. The microphone shall conform to the requirements of IEC 61094-4 for a type WS2P microphone. The microphone shall be coupled to the principal cavity with a seal that prevents acoustic leaks.

In the frequency range 20 Hz to 10 kHz, the overall sound pressure sensitivity level of the microphone and associated measuring system shall be known with an uncertainty not exceeding 0,3 dB for a level of confidence of 95 %. For measurements above 10 kHz, the overall pressure sensitivity level of the microphone and associated measuring system over the specified frequency range shall be known with an uncertainty not exceeding 0,5 dB for a level of confidence of 95 %.

The make and model of the microphone shall be specified by the manufacturer of the occluded-ear simulator.

NOTE The acoustic impedance of the microphone affects the overall acoustic impedance of the occluded-ear simulator.

4.4 Pressure equalization

A vent shall be provided to equalize the static pressure in the cavity of the occluded-ear simulator. The vent shall have an acoustic resistance of $(7,0 \pm 5,5) \text{ GPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$.

4.5 Acoustic transfer impedance level

The level of the acoustic transfer impedance modulus of the occluded-ear simulator and the associated tolerances shall be as specified in Table 1.

NOTE 1 At 500 Hz, the specified transfer impedance level corresponds to the magnitude of the acoustic transfer impedance $35,9 \text{ MPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ and also to the magnitude of the effective volume $1\,260 \text{ mm}^3$ of the ear simulator.

NOTE 2 The tolerances have minimum values at the frequency 500 Hz, where the influence of leakage and wave motion is small.

4.6 Example of design

An example of one specific design of occluded-ear simulator is shown in Annex A.

Table 1 – Level of the acoustic transfer impedance modulus and associated tolerances

Nominal frequency Hz	Acoustic transfer impedance level re $1 \text{ MPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ in dB	
	Level	Tolerances
100	44,8	$\pm 0,7$
125	42,9	$\pm 0,7$
160	40,8	$\pm 0,7$
200	39,0	$\pm 0,6$
250	37,0	$\pm 0,6$
315	35,0	$\pm 0,6$
400	33,0	$\pm 0,6$
500	31,1	$\pm 0,3$
630	29,2	$\pm 0,6$
800	27,2	$\pm 0,6$
1 000	26,7	$\pm 0,7$
1 250	26,4	$\pm 0,7$
1 600	25,5	$\pm 0,7$
2 000	24,2	$\pm 0,8$
2 500	23,1	$\pm 0,8$
3 150	22,0	$\pm 0,9$
4 000	21,1	$\pm 1,0$
5 000	20,4	$\pm 1,2$
6 300	20,5	$\pm 1,2$
8 000	20,8	$\pm 1,7$
10 000	23,1	$\pm 2,2$

NOTE 1 Using the measurement method described in Annex B, it is not easy to measure the acoustical transfer impedance level below 100 Hz, due to the effects of an imperfectly sealed measurement configuration. However, the acoustical transfer impedance between 20 Hz and 100 Hz is governed predominantly by the volumetric elements of the occluded-ear simulator, and their contribution to the overall acoustical transfer impedance can be validated by the measurements at higher frequencies.

NOTE 2 The values in Table 1 are valid for the exact one-third-octave frequencies calculated from $1\,000 \times 10^{n/10}$, where n is a positive or negative integer or zero.

5 Calibration

5.1 Atmospheric reference conditions

Reference ambient pressure: 101,325 kPa

Reference temperature: 23 °C

Reference relative humidity: 50 %

5.2 Calibration method

The manufacturer shall describe the method(s) for determining calibration and overall stability of the complete occluded-ear simulator including the microphone in an instruction manual.

The method shall include the determination of the effective volume at 500 Hz.

The principle of calibration is given in Annex B.

The calibration should be performed for the atmospheric reference conditions given in 5.1 with the following tolerances:

Ambient pressure: ± 3 kPa

Temperature: ± 3 °C

Relative humidity: ± 20 %

If it is not possible to perform the calibration at reference conditions, the calibration shall be referred to the atmospheric reference conditions given in 5.1, see [8], [9].

6 Coupling of earphones and hearing aids to the occluded-ear simulator

6.1 Audiometers with insert earphones

Insert earphones with standardized reference equivalent threshold sound pressure levels shall be connected to the occluded-ear simulator as specified in the relevant ISO standards. For other earphones, the manufacturer of the audiometer shall describe the method of connection.

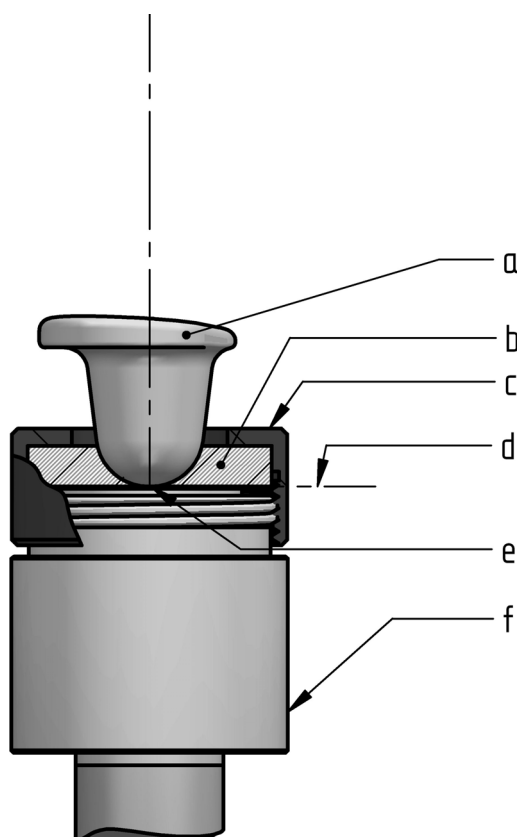
NOTE Reference hearing threshold sound pressure levels of insert earphones for audiometers and its connection to the occluded-ear simulator are standardized in ISO 389-2 [1], ISO 389-5 [2] and ISO 389-6 [3].

6.2 In-the-ear hearing aids (custom made)

The hearing aid shall be connected directly to the cavity of the occluded-ear simulator as indicated in Figure 1. The connection between the hearing aid and the occluded-ear simulator shall be made airtight by using a suitable seal. In doing so, care shall be taken not to introduce additional volume to the cavity which can affect the measured performance of the hearing aid.

In the same way, a hearing aid equipped with a separate ear insert can be measured.

Dimensions in millimetres



IEC 030/10

Key

- a hearing aid (custom-made)
- b airtight seal and support for hearing aid
- c retaining collar
- d reference plane
- e tip of hearing aid or insert should lie in the reference plane
- f occluded-ear simulator

NOTE 1 This diagram is only intended as a schematic representation illustrating the principle of connecting the hearing aid to the occluded-ear simulator. Effective airtight seals should be assured at all connection points.

NOTE 2 In the same manner, a hearing aid equipped with a separate ear insert can be connected to the occluded ear simulator.

Figure 1 – Connection of an in-the-ear hearing aid to the occluded-ear simulator

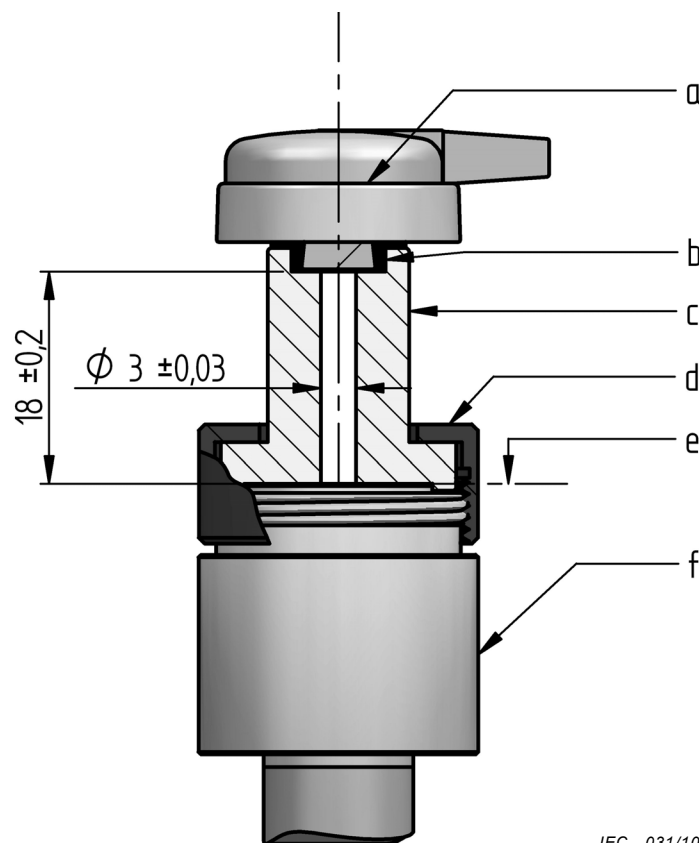
6.3 Hearing aids with insert earphone

Where possible, the ear insert used with the human ear shall be replaced by an ear-mould simulator consisting essentially of a rigid tube, coaxial with the cavity, of length $18,0 \text{ mm} \pm 0,20 \text{ mm}$ and internal diameter $3,00 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$, representing the tubular portion of an average ear mould.

The connection between the nub of the earphone and the ear-mould simulator shall be made airtight by using a suitable seal. In doing so, care shall be taken not to introduce additional volume to the cavity which can affect the measured performance of the earphone.

An example of an earphone connected to the occluded-ear simulator with an ear-mould simulator is shown in Figure 2. It illustrates the principal features of the connection method. However, other forms may also be used, provided that they conform to the above specifications.

Dimensions in millimetres



Key

- a insert earphone
- b airtight seal and support for nub of earphone
- c ear-mould simulator for insert earphone
- d retaining collar
- e reference plane
- f occluded-ear simulator

NOTE This diagram is only intended as a schematic representation illustrating the principle of connecting the hearing aid to the occluded-ear simulator. Effective airtight seals should be assured at all connection points.

Figure 2 – Connection of an insert earphone to the occluded-ear simulator

If it is inappropriate to disconnect the ear insert used with the human ear from the receiver, the ear insert shall be connected directly to the entrance of the cylindrical cavity and shall be coaxial with it. An airtight seal shall be ensured. In doing so, care shall be taken not to introduce additional volume to the cavity which can affect the measured performance of the earphone.

6.4 Behind-the-ear and spectacle hearing aids

The hearing aid with its acoustic outlet attachment (e.g. hook and flexible connecting tube of behind-the-ear hearing aids or nub and flexible connecting tube of spectacle hearing aids)

shall be connected to the occluded-ear simulator with an ear-mould simulator as described in 6.3. This shall be accomplished by means of a small coupling device of rigid material, having the same internal diameter as the nominal diameter at the end of the acoustic outlet attachment $\pm 0,06$ mm and a length of $5,0$ mm $\pm 0,1$ mm.

The connection between the small coupling device and the ear-mould simulator shall be made airtight by using a suitable seal. In doing so, care shall be taken not to introduce additional volume to the cavity which can affect the measured performance of the hearing aid.

The material, length and internal diameter of the connecting tube between the hearing aid and the small coupling device shall conform to the hearing-aid manufacturer's specifications. In particular, the connecting tube can be of flexible or rigid material. This connecting tube between the hearing aid and the small coupling device shall be connected to the nub of a spectacle hearing aid or to the hook, if any, of a behind-the-ear hearing aid. The connecting tube shall not be connected directly to the behind-the-ear type of hearing aid if this aid is intended to be used with a hook.

Unless otherwise specified, the length of the connecting tube measured from the end of the hook or from the end of the nub to the entrance of the 3 mm diameter rigid tube of the ear-mould simulator shall be 25 mm ± 1 mm.

The principal features of the occluded-ear simulator with ear-mould simulator and small coupling device, showing the connection arrangement for a behind-the-ear hearing aid are indicated in Figure 3. As an example, the internal diameter of the small coupling device is chosen to be 2 mm in accordance with the tubing most commonly used. Forms other than the one illustrated may be used, provided that they conform to the above specifications.

NOTE The manufacturer's specifications for the dimensions of the tubing should be in accordance with the average conditions found in practical use of the hearing aid. If, for some unusual reason, it is impossible to simulate the average conditions of practical use with the ear-mould simulator specified above in the occluded-ear simulator, an appropriate different system may be used if fully described.

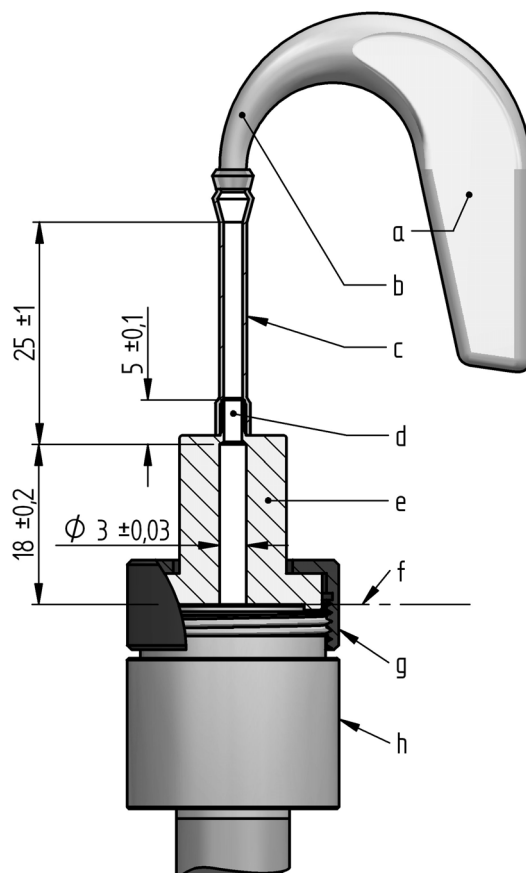
6.5 Modular in-the-ear hearing aids

The modular version of the hearing aid shall be connected directly to the cavity of the occluded-ear simulator as indicated in Figure 4. This shall be accomplished by means of a tube coupling device of rigid material, having the same internal diameter as the nominal diameter at the end of the acoustic outlet attachment $\pm 0,06$ mm and a length of $5,0$ mm $\pm 0,1$ mm.

The connection between the tube coupling device and the occluded-ear simulator shall be made airtight by using a suitable seal. In doing so, care shall be taken not to introduce additional volume to the cavity which can affect the measured performance of the hearing aid.

Unless otherwise specified, the length of the connecting tube measured from the outlet of the hearing aid to the entrance of the reference plane of the occluded-ear simulator shall be $8,0$ mm $\pm 0,7$ mm.

Dimensions in millimetres



IEC 032/10

Key

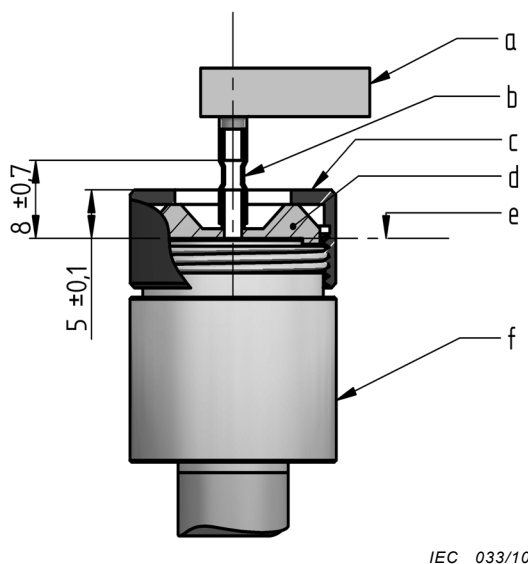
- a behind-the-ear type of hearing aid (BTE)
- b acoustical outlet of hearing aid (hook)
- c flexible connecting tube, typically $\varnothing$ 2 mm internal
- d small tube coupling device having the same internal diameter as the nominal diameter of the acoustical outlet attachment of the hearing aid, typically $\varnothing$ 2 mm
- e ear-mould simulator for hearing aids
- f reference plane
- g retaining collar
- h occluded-ear simulator

NOTE 1 The length of the tubing and the inside diameters of both the tubing and the coupling device (which are to be equal) should be as shown and stated above, unless otherwise specified by the manufacturer, in order to meet the average conditions found in practical use of a particular hearing aid.

NOTE 2 This diagram is only intended as a schematic representation illustrating the principle of connecting the hearing aid to the occluded-ear simulator. Effective airtight seals should be assured at all connection points.

Figure 3 – Connection of a behind-the-ear hearing aid to the occluded-ear simulator

Dimensions in millimetres



Key

- a hearing aid (modular type)
- b flexible connecting tube, typically Ø 2 mm internal
- c retaining collar
- d tube coupling device, typically Ø 2 mm internal
- e reference plane
- f occluded-ear simulator

NOTE 1 The length of the tubing and the inside diameters of both the tubing and the tube coupling device (which are to be equal) should be as shown and stated above, unless otherwise specified by the manufacturer, in order to meet the average conditions found in practical use of a particular hearing aid.

NOTE 2 This diagram is only intended as a schematic representation illustrating the principle of connecting the hearing aid to the occluded-ear simulator. Effective airtight seals should be assured at all connection points.

Figure 4 – Connection of an in-the-ear hearing aid (modular type) to the occluded-ear simulator

7 Maximum permitted expanded uncertainty of measurements

Table 2 specifies the maximum permitted expanded uncertainty $U_{\max}$ for a probability of approximately 95 % equivalent to a coverage factor of $k = 2$, associated with the measurements undertaken in this part of IEC 60318 (see ISO/IEC Guide 98-3). One set of values for $U_{\max}$ is given for basic type approval measurements.

The expanded uncertainties of measurements given in Table 2 are the maximum permitted for demonstration of conformance to the requirements of this part of IEC 60318. If the actual expanded uncertainty of a measurement performed by the test laboratory exceeds the maximum permitted value in Table 2, the measurement shall not be used to demonstrate conformance to the requirements of this part of IEC 60318.

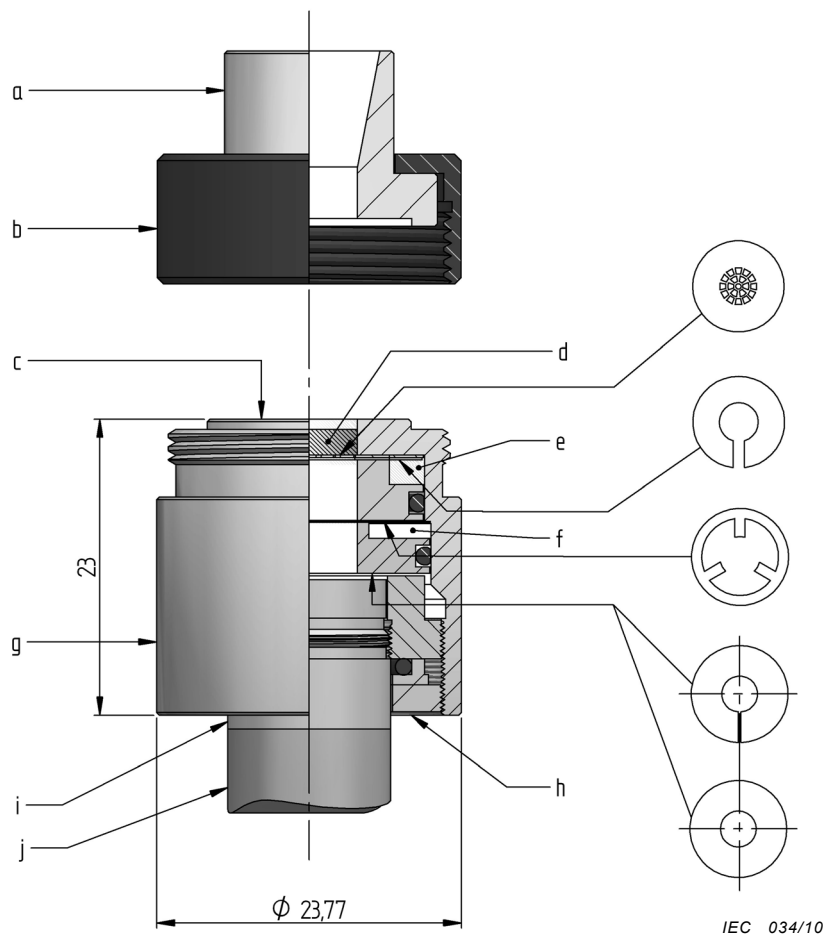
Table 2 – Values of maximum permitted expanded uncertainty $U_{\max}$ for basic type approval measurements

Measured quantity	Relevant subclause number	Basic $U_{\max}$ ($k = 2$)
Diameter of principal cavity	4.2	0,02 mm
Resonance frequency of the principal cavity	4.2	0,3 kHz
Microphone pressure sensitivity level (≤ 10 kHz)	4.3	0,3 dB
Microphone pressure sensitivity level (> 10 kHz)	4.3	0,5 dB
Microphone equivalent volume	4.3	2 mm ³
Acoustic resistance of vent	4.4	0,5 GPa·s·m ⁻³
Acoustic transfer impedance level at 500 Hz	4.5	0,1 dB
Acoustic transfer impedance level (< 500 Hz and > 500 Hz)	4.5	0,3 dB
Ambient pressure	5.2	0,1 kPa
Temperature	5.2	0,5 °C
Relative humidity	5.2	5 %
Effective volume of the occluded-ear simulator at 500 Hz	5.2	15 mm ³
Internal diameter of ear-mould simulator or small coupling device	6.3, 6.4	0,02 mm
Length of ear-mould simulator or small coupling device	6.3, 6.4	0,02 mm

Annex A (informative)

Example of one specific design of occluded-ear simulator

Dimensions in millimetres



Key

- a external-ear simulator
- b retaining collar
- c reference plane
- d dust protector
- e annular groove
- f annular groove
- g main housing
- h pressure equalizing holes
- i pressure microphone
- j microphone preamplifier

NOTE The lower part of the figure shows an example of one specific design of an occluded-ear simulator conforming to this standard.

Figure A.1 – Example of one specific design of occluded-ear simulator

Annex B (informative)

Principle of calibration for the occluded-ear simulator

The acoustic transfer impedance $Z_t(f)$ of an occluded-ear simulator can be defined as the ratio between the sound pressure $p(f)$ at the membrane of the microphone and the volume velocity at the ear simulator reference plane:

$$Z_t(f) = \frac{p(f)}{\Delta V 2\pi f} \quad (\text{B.1})$$

where the volume velocity is the volume displacement ΔV times the angular frequency $2\pi f$.

The value of the acoustic transfer impedance $Z_t(f)$ relative to that at the reference frequency 500 Hz can be determined by using as a sound source a transducer producing constant volume displacement at the reference plane.

In this case, at 500 Hz, we have

$$Z_t(500) = \frac{p(500)}{\Delta V 2\pi 500} \quad (\text{B.2})$$

and – by dividing Equation (B.1) by Equation (B.2) and taking into account that the nominal effective volume of the ear simulator cavity is 1 260 mm³ corresponding to a magnitude of the acoustic transfer impedance of 35,9 MPa·s·m⁻³ (see 4.5)

$$Z_t(f) = 35,9 \frac{500}{f} \frac{p(f)}{p(500)} \quad (\text{B.3})$$

Thus, the acoustic transfer impedance of the ear simulator at a frequency f can be calculated from the ratio of the sound pressures at that frequency and the frequency 500 Hz.

So, by using logarithmic values, the acoustic transfer impedance level $L_{Z_t}(f)$ can be calculated from the measured sound pressure levels at that frequency and the reference frequency 500 Hz:

$$L_{Z_t}(f) = 10 \lg Z_t(f)^2 = 20 \lg(35,9 \times 500) - 20 \lg f + (L_p(f) - L_p(500)), \quad (\text{B.4})$$

where $(L_p(f) - L_p(500))$ can be found in Table B.1.

EXAMPLE According to Table B.1, the relative sound pressure level at 100 Hz is –0,3 dB. Using Equation (B.4) we get:

$$L_{Z_t}(100) = 85,08 - 40 - 0,3 = 44,78 \text{ dB}$$

For the nominal effective volume of the cavity of 1 260 mm³ at 500 Hz, the sound pressure level at a frequency f minus the sound pressure level at 500 Hz $(L_p(f) - L_p(500))$ – and the corresponding tolerances – will be as given in Table B.1. If the actual effective volume V in cubic millimetres at 500 Hz deviates from 1 260 mm³, $10 \lg (V^2/1\,260^2)$ dB shall be added to the magnitudes of the relative sound pressure level given in Table B.1.

NOTE 1 A WS3P microphone driven by a constant voltage may be used as a constant volume displacement sound source.

NOTE 2 The effective volume may be measured using a reference volume of about 1 260 mm³. For a cylindrical reference volume and frequency of 500 Hz, the diameter should be greater than 0,6 of the length (see [7]).

NOTE 3 The values in Table B.1 are valid for the exact one-third octave frequencies calculated from $1\,000 \times 10^{n/10}$, where n is a positive or negative integer or zero.

NOTE 4 At high frequencies, the electrically measured frequency response of the occluded-ear simulator has to be corrected for the frequency-response characteristics of the microphone and the sound source.

Table B.1 – Sound pressure level relative to that at the reference frequency 500 Hz ($L_p(f) - L_p(500)$) for the nominal effective volume (1 260 mm³) of the occluded-ear simulator, and associated tolerances

Nominal frequency Hz	Relative sound pressure level dB	
	Magnitude	Tolerances
100	–0,3	±0,7
125	–0,2	±0,7
160	–0,2	±0,7
200	–0,1	±0,6
250	–0,1	±0,6
315	–0,1	±0,6
400	0	±0,6
630	0,1	±0,6
800	0,2	±0,6
1 000	1,6	±0,7
1 250	3,3	±0,7
1 600	4,5	±0,7
2 000	5,2	±0,7
2 500	6,0	±0,8
3 150	6,9	±0,9
4 000	8,0	±1,0
5 000	9,3	±1,2
6 300	11,4	±1,2
8 000	13,7	±1,7
10 000	18,0	±2,2
NOTE The sound pressure levels in this table are valid for an input with constant volume displacement.		

Bibliography

- [1] ISO 389-2, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 2: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones*
 - [2] ISO 389-5, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz*
 - [3] ISO 389-6, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 6: Reference threshold of hearing for test signals of short duration*
 - [4] BRÜEL, P.V., FREDERIKSEN, E., MATHIASSEN, H., RASMUSSEN, G., SIGH, E., TARNOW, V.: *Impedance of real and artificial ears*. Copenhagen, Denmark, 1976, Literature number Brüel&Kjaer BN0221 (only available in English)
 - [5] ANSI S 3.7:1995 (R2003), *Methods for coupler calibration of earphones* (only available in English)
 - [6] RICHTER, U.: *Characteristic data of different kinds of earphones used in the extended high-frequency range for pure-tone audiometry*. PTB report MA-72, 2003 (only available in English)
 - [7] DANIELS, F.B.: *Acoustical impedances of enclosures*. J Acoust Soc Am, 1947, Vol 19, 569-571 (only available in English)
 - [8] JONSSON, S.: *Modelling of the Bruel & Kjaer Type 4157 occluded ear simulators at different ambient conditions*. Copenhagen, Denmark 2009, Brüel & Kjaer report number BN0583 (only available in English)
 - [9] HEEREN, W., RASMUSSEN, P.: *RA 0045 (IEC 711 coupler), different ambient conditions*. Copenhagen, Denmark 2008, G.R.A.S. Sound & Vibration, Internal Report (only available in English)
 - [10] JONSSON, S., Liu, B., SCHUHMACHER, A., NIELSEN, L.: *Simulation of the IEC 711 occluded ear simulator*. Audio Engineering Society 2004, Berlin (only available in English)
 - [11] ZHANG, Bin L., JONSSON, S., SCHUHMACHER, A., NIELSEN, L.: *A Combined BEM/FEM Acoustic Model of an Occluded Ear Simulator*. Internoise 2004, Prague (only available in English)
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application	23
2 Références normatives	23
3 Termes et définitions	24
4 Construction	25
4.1 Généralités	25
4.2 Dimensions de la cavité principale	25
4.3 Microphone de type pression étalonné	25
4.4 Egalisation de pression	26
4.5 Niveau d'impédance acoustique de transfert	26
4.6 Exemple de conception	26
5 Etalonnage	27
5.1 Conditions atmosphériques de référence	27
5.2 Méthode d'étalonnage	28
6 Couplage d'écouteurs et d'appareils de correction auditive au simulateur d'oreille occluse	28
6.1 Audiomètres avec écouteurs internes	28
6.2 Appareils de correction auditive intra-auriculaires (personnalisés)	28
6.3 Appareils de correction auditive avec écouteur interne	29
6.4 Appareils de correction auditive du genre contour d'oreille et du genre lunettes	31
6.5 Appareils de correction auditive intra-auriculaires modulaires	31
7 Incertitude élargie maximale admise des mesures	33
Annexe A (informative) Exemple de conception spécifique d'un simulateur d'oreille occluse	35
Annexe B (informative) Principe d'étalonnage du simulateur d'oreille occluse	36
Bibliographie	38
Figure 1 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre intra-auriculaire au simulateur d'oreille occluse	29
Figure 2 – Connexion d'un écouteur interne au simulateur d'oreille occluse	30
Figure 3 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre contour d'oreille au simulateur d'oreille occluse	32
Figure 4 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre intra-auriculaire (type modulaire) au simulateur d'oreille occluse	33
Figure A.1 – Exemple de conception spécifique d'un simulateur d'oreille occluse	35
Tableau 1 – Niveau du module de l'impédance acoustique de transfert et tolérances associées	27
Tableau 2 – Valeurs de l'incertitude élargie maximale admise $U_{\max}$ pour des mesures d'homologation de base	34
Tableau B.1 – Niveau de pression acoustique par rapport au niveau à la fréquence de référence de 500 Hz ($L_p(f) - L_p(500)$) pour le volume effectif nominal (1 260 mm ³) du simulateur d'oreille occluse, et tolérances associées	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ÉLECTROACOUSTIQUE –
SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –****Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure
des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60318-4 a été établie par le comité d'études 29 de la CEI: Electroacoustique.

Cette première édition de la CEI 60318-4 annule et remplace la CEI 60711, parue en 1981, dont elle constitue une révision technique.

La liste des principales modifications par rapport à l'édition précédente est la suivante:

- élargissement du domaine de fréquence utile de 100 Hz à 16 000 Hz;
- ajout des valeurs d'incertitude élargie maximale admise à toutes les tolérances.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
29/662/CDV	29/685/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60318 peut être consultée sur le site web de la CEI, sous le titre: *Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines*.

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

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

ÉLECTROACOUSTIQUE – SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –

Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60318 décrit un simulateur d'oreille occluse, destiné à la mesure des écouteurs internes, dans la plage de fréquences comprise entre 100 Hz et 10 000 Hz. Ce simulateur est adapté aux appareils de correction auditive et écouteurs en conduction aérienne, couplés à l'oreille au moyen d'embouts, par exemple embouts moulés ou dispositifs similaires. Le simulateur d'oreille occluse peut aussi être utilisé comme appareil destiné à simuler le canal auditif complet et l'oreille externe (par exemple, dans les simulateurs de tête).

Le simulateur d'oreille occluse simule l'impédance acoustique de transfert pour l'oreille occluse humaine normale d'adulte. Il ne simule cependant pas la fuite entre l'embout moulé et le canal auditif humain; par conséquent, les résultats obtenus avec le simulateur d'oreille occluse peuvent s'écarter des résultats fournis par un écouteur interne couplé à une oreille réelle, particulièrement aux fréquences basses. De plus, de grandes variations des résultats existent pour différentes oreilles, ce qu'il convient de prendre en compte lors de l'utilisation du simulateur d'oreille.

Au-delà d'une fréquence de 10 kHz, le dispositif ne simule pas l'oreille humaine, mais peut en revanche être utilisé comme coupleur acoustique à des fréquences supplémentaires jusqu'à 16 kHz. En dessous d'une fréquence de 100 Hz, il n'a pas été vérifié que le dispositif simule l'oreille humaine, ce dernier pouvant en revanche être utilisé comme coupleur acoustique à des fréquences supplémentaires jusqu'à 20 Hz.

NOTE Les résonances de l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille occluse au-delà d'une fréquence de 10 kHz peuvent entraîner des incertitudes de mesure importantes, par exemple de l'ordre de 10 dB, dans les réponses des écouteurs. On obtient principalement des résultats répétitifs avec les écouteurs internes ayant un amortissement élevé (utilisés par exemple en audiométrie haute fréquence étendue, voir la liste des écouteurs donnée dans l'ISO 389-6) [3]¹, couplés au simulateur d'oreille occluse au moyen d'un dispositif de couplage étanche et symétrique simple.

2 Références normatives

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

CEI 61094-4, *Microphones de mesure – Partie 4: Spécifications des microphones étalons de travail*

Guide ISO/CEI 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

embout (d'oreille)

dispositif utilisé pour permettre le couplage acoustique entre un écouteur et le canal auditif (par exemple, un embout moulé ou un dispositif similaire, possédant ou non un tube de connexion)

3.2

écouteur interne

écouteur de petites dimensions couplé au canal auditif au moyen d'un embout, ou fixé à un dispositif associé inséré dans le canal auditif

NOTE Cet embout d'oreille peut faire partie intégrante de l'écouteur interne.

3.3

simulateur d'embout moulé

simulateur d'embout d'oreille

embout placé à l'entrée du simulateur d'oreille, et qui permet le passage du son dans le simulateur d'oreille occluse, par un trou percé sur son axe

3.4

simulateur d'oreille

dispositif de mesure de la sortie acoustique de sources sonores, où la pression acoustique est mesurée à l'aide un microphone étalonné couplé à la source (sonore), de sorte que l'impédance acoustique globale du dispositif avoisine celle de l'oreille humaine normale en un emplacement donné et dans une bande de fréquences donnée

3.5

simulateur d'oreille occluse

simulateur d'oreille qui approche l'impédance acoustique de transfert de la partie interne du canal auditif, comprise entre l'extrémité d'un embout et le tympan

3.6

coupleur acoustique

dispositif de mesure de la sortie acoustique de sources sonores, où la pression acoustique est mesurée à l'aide un microphone étalonné couplé à la source (sonore) au moyen d'une cavité de forme et de volume prédéterminés, qui n'approche pas nécessairement l'impédance acoustique de l'oreille humaine normale

3.7

plan de référence du simulateur d'oreille occluse

plan perpendiculaire à l'axe de la cavité du simulateur, choisi de façon à passer par la position normalement occupée par l'extrémité d'un embout moulé inséré dans l'oreille humaine

3.8

impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille occluse

quotient de la pression acoustique sur la membrane du microphone par le flux de vitesse à travers le plan de référence

unité: $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$

3.9

niveau d'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille occluse

valeur égale à dix fois le logarithme décimal du quotient de la valeur absolue (module) du carré de l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille occluse par le carré de

l'impédance acoustique de transfert de référence égale à un pascal-seconde par mètre cube ($\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$)

unité: dB

3.10

volume effectif

volume d'air dont l'élasticité acoustique est équivalente à celle du simulateur d'oreille formé par la cavité et le microphone à la fréquence de 500 Hz

unité: mm^3

4 Construction

4.1 Généralités

Le simulateur d'oreille occluse doit être constitué d'un matériau rigide, de dimensions stables, non poreux et non magnétique. La construction générale du simulateur d'oreille occluse et la fixation du microphone doivent avoir pour objectif de réduire au minimum la réponse du microphone aux vibrations (par exemple d'un écouteur) ou à un son parasite à l'extérieur de la cavité.

NOTE 1 Il convient que le diamètre extérieur du simulateur d'oreille occluse soit le plus petit possible, afin de réduire au minimum les erreurs de diffraction susceptibles d'affecter les mesures lorsque le simulateur d'oreille occluse doit être placé dans un champ acoustique libre.

NOTE 2 Afin d'éviter une possible atténuation du son provoquée par le dispositif de protection contre les poussières (voir la Figure A.1), il convient de réaliser un étalonnage des écouteurs au-dessus de 10 kHz, au moins tous les deux ans, avec le simulateur d'oreille occluse avec et sans son dispositif de protection contre les poussières. Il convient que les deux résultats ne diffèrent pas de plus de 0,2 dB à des fréquences jusqu'à 16 kHz. Si tel n'est pas le cas à certaines fréquences, il convient en général d'effectuer les mesures des écouteurs à ces fréquences sans le dispositif de protection contre les poussières.

La construction du simulateur d'oreille occluse doit permettre le positionnement d'un transducteur dans le plan de référence, en vue de l'étalonnage du simulateur.

Lorsque la présente partie de la CEI 60318 spécifie des tolérances, ces dernières doivent être réduites d'une valeur égale à l'incertitude de mesure élargie réelle du laboratoire d'essai, avant de déterminer si un dispositif est conforme à l'exigence énoncée.

4.2 Dimensions de la cavité principale

Le diamètre de la cavité principale doit être de $(7,50 \pm 0,04)$ mm.

La longueur de la cavité principale doit être choisie de façon à produire une résonance en demi-longueur d'onde de la pression acoustique à $(13,5 \pm 1,5)$ kHz.

4.3 Microphone de type pression étalonné

Un microphone étalonné est placé à la base de la cavité principale du simulateur d'oreille occluse. L'impédance acoustique de la membrane du microphone doit être élevée, de sorte que le volume équivalent soit inférieur à 20 mm^3 sur la gamme de fréquences spécifiée. Le microphone doit être conforme aux exigences de la CEI 61094-4 relatives à un microphone de type WS2P. Il doit par ailleurs être couplé à la cavité principale avec un joint étanche qui permet d'éviter les fuites acoustiques.

Dans la gamme de fréquences comprise entre 20 Hz et 10 kHz, le niveau global d'efficacité global en pression acoustique du microphone et du système de mesure associé doit être déterminé avec une incertitude ne dépassant pas 0,3 dB pour un niveau de confiance de 95 %. Pour les mesures effectuées à une fréquence supérieure à 10 kHz, le niveau d'efficacité global en pression du microphone et du système de mesure associé sur la gamme

de fréquences spécifiée doit être déterminé avec une incertitude ne dépassant pas 0,5 dB pour un niveau de confiance de 95 %.

La marque et le modèle de microphone doivent être spécifiés par le fabricant du simulateur d'oreille occluse.

NOTE L'impédance acoustique du microphone affecte l'impédance acoustique globale du simulateur d'oreille occluse.

4.4 Egalisation de pression

Un événement destiné à égaliser la pression statique dans la cavité du simulateur d'oreille occluse doit être prévu. L'événement doit présenter une résistance acoustique de $(7,0 \pm 5,5) \text{ GPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$.

4.5 Niveau d'impédance acoustique de transfert

Le niveau du module d'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille occluse et les tolérances associées doivent être tels que spécifiés dans le Tableau 1.

NOTE 1 A une fréquence de 500 Hz, le niveau de l'impédance acoustique de transfert spécifiée correspond à une valeur de l'impédance acoustique de transfert de $35,9 \text{ MPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ et également à une valeur du volume effectif de $1\,260 \text{ mm}^3$.

NOTE 2 Les tolérances ont des valeurs minimales à la fréquence de 500 Hz, pour laquelle l'influence des fuites acoustiques et de la propagation des ondes est faible.

4.6 Exemple de conception

Un exemple de conception spécifique de simulateur d'oreille occluse est illustré à l'Annexe A.

**Tableau 1 – Niveau du module de l'impédance acoustique de transfert
et tolérances associées**

Fréquence nominale Hz	Niveau de l'impédance acoustique de transfert re 1 MPa·s·m ⁻³ en dB	
	Niveau	Tolérances
100	44,8	± 0,7
125	42,9	± 0,7
160	40,8	± 0,7
200	39,0	± 0,6
250	37,0	± 0,6
315	35,0	± 0,6
400	33,0	± 0,6
500	31,1	± 0,3
630	29,2	± 0,6
800	27,2	± 0,6
1 000	26,7	± 0,7
1 250	26,4	± 0,7
1 600	25,5	± 0,7
2 000	24,2	± 0,8
2 500	23,1	± 0,8
3 150	22,0	± 0,9
4 000	21,1	± 1,0
5 000	20,4	± 1,2
6 300	20,5	± 1,2
8 000	20,8	± 1,7
10 000	23,1	± 2,2

NOTE 1 La méthode de mesure décrite dans l'Annexe B ne permet pas de déterminer facilement le niveau de l'impédance acoustique de transfert en dessous de 100 Hz, en raison des effets d'une configuration de mesure insuffisamment étanche. Cependant, l'impédance acoustique de transfert entre 20 Hz et 100 Hz est régie principalement par les éléments volumétriques du simulateur d'oreille occluse, leur contribution à l'impédance globale acoustique de transfert pouvant par ailleurs être validée par les mesures effectuées à des fréquences supérieures.

NOTE 2 Les valeurs du Tableau 1 sont valables pour les fréquences de tiers d'octave exactes calculées à partir de $1\,000 \times 10^{n/10}$, où n est un entier positif, négatif ou nul.

5 Etalonnage

5.1 Conditions atmosphériques de référence

Pression ambiante de référence: 101,325 kPa

Température de référence: 23 °C

Taux d'humidité relative de référence: 50 %.

5.2 Méthode d'étalonnage

Le fabricant doit décrire dans un manuel d'instructions la (ou les) méthode(s) de détermination de l'étalonnage et de la stabilité globale du simulateur d'oreille occluse complet, y compris le microphone.

La méthode doit inclure la détermination du volume effectif à une fréquence de 500 Hz.

Le principe d'étalonnage est décrit à l'Annexe B.

Il convient d'effectuer l'étalonnage dans les conditions atmosphériques de référence données en 5.1, avec les tolérances suivantes:

Pression ambiante: ± 3 kPa

Température: ± 3 °C

Taux d'humidité relative: ± 20 %.

Si l'étalonnage ne peut pas être effectué dans les conditions de référence, il doit être ramené dans les conditions atmosphériques de référence données en 5.1, voir [8], [9].

6 Couplage d'écouteurs et d'appareils de correction auditive au simulateur d'oreille occluse

6.1 Audiomètres avec écouteurs internes

Les écouteurs internes possédant des niveaux de référence équivalent de pression acoustique liminaire normalisés doivent être reliés au simulateur d'oreille occluse, tel que spécifié dans les normes ISO applicables. Pour les autres écouteurs, le fabricant de l'audiomètre doit décrire la méthode de connexion.

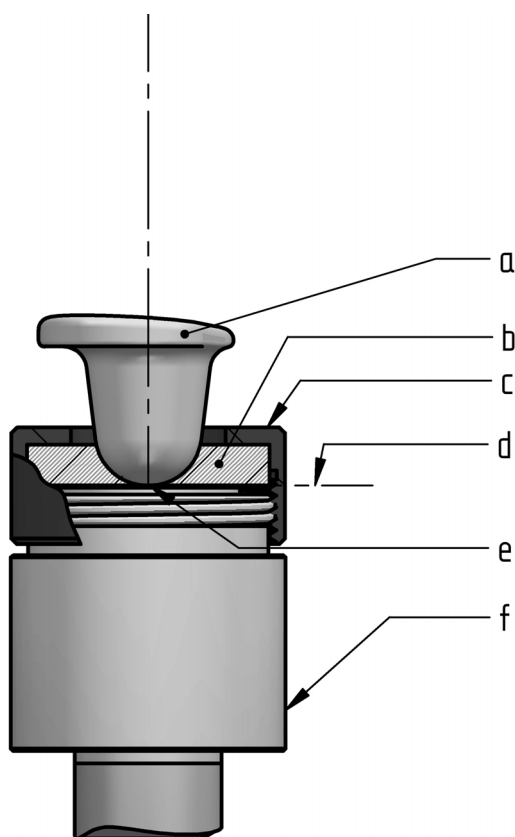
NOTE Les niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire pour les écouteurs internes utilisés avec des audiomètres et leur connexion avec le simulateur d'oreille occluse sont normalisés dans l'ISO 389-2 [1], l'ISO 389-5 [2] et l'ISO 389-6 [3].

6.2 Appareils de correction auditive intra-auriculaires (personnalisés)

L'appareil de correction auditive doit être relié directement à la cavité du simulateur d'oreille occluse, tel qu'indiqué à la Figure 1. La connexion entre l'appareil de correction auditive et le simulateur d'oreille occluse doit être rendue étanche au moyen d'un joint approprié. Ce faisant, il faut veiller à ne pas introduire de volume supplémentaire dans la cavité, susceptible d'affecter les performances mesurées de l'appareil de correction auditive.

De la même manière, un appareil de correction auditive équipé d'un embout séparé peut être mesuré.

Dimensions en millimètres



IEC 030/10

Légende

- a appareil de correction auditive (personnalisé)
- b joint étanche et support de l'appareil de correction auditive
- c collier de fixation
- d plan de référence
- e il convient que l'extrémité de l'appareil de correction auditive ou de l'embout se situe dans le plan de référence
- f simulateur d'oreille occluse

NOTE 1 Ce schéma a uniquement valeur de schéma d'illustration du principe de connexion de l'appareil de correction auditive au simulateur d'oreille occluse. Il convient de placer des joints étanches efficaces à tous les points de connexion.

NOTE 2 De la même manière, un appareil de correction auditive équipé d'un embout distinct peut être connecté au simulateur d'oreille occluse.

Figure 1 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre intra-auriculaire au simulateur d'oreille occluse

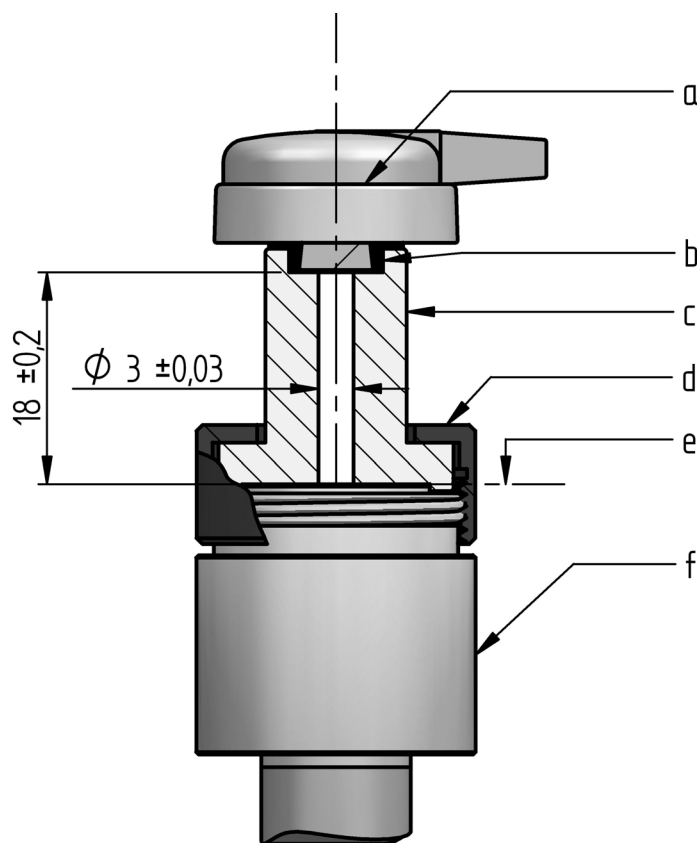
6.3 Appareils de correction auditive avec écouteur interne

L'embout utilisé avec l'oreille humaine doit, dans toute la mesure du possible, être remplacé par un simulateur d'embout moulé constitué essentiellement d'un tube rigide, coaxial avec la cavité, d'une longueur de $18,0 \text{ mm} \pm 0,20 \text{ mm}$ et avec un diamètre intérieur de $3,00 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$ qui représente la partie tubulaire d'un embout moulé moyen.

La connexion entre le tenon de l'écouteur et le simulateur d'embout moulé doit être rendue étanche au moyen d'un joint approprié. Ce faisant, il faut veiller à ne pas introduire de volume supplémentaire dans la cavité, ce qui peut affecter les performances mesurées de l'écouteur.

Un exemple d'écouteur relié au simulateur d'oreille occluse comportant un simulateur d'embout moulé est donné à la Figure 2. Il illustre les principales caractéristiques de la méthode de connexion. D'autres formes peuvent toutefois être également utilisées, sous réserve qu'elles soient conformes aux spécifications susmentionnées.

Dimensions en millimètres



IEC 031/10

Légende

- a écouteur interne
- b joint étanche et support du tenon de l'écouteur
- c simulateur d'embout moulé pour écouteur interne
- d collier de fixation
- e plan de référence
- f simulateur d'oreille occluse

NOTE Ce schéma a uniquement valeur de schéma d'illustration du principe de connexion de l'appareil de correction auditive au simulateur d'oreille occluse. Il convient de placer des joints étanches efficaces à tous les points de connexion.

Figure 2 – Connexion d'un écouteur interne au simulateur d'oreille occluse

Si il est inapproprié de déconnecter l'embout utilisé avec l'oreille humaine du récepteur, cet embout doit être relié directement à l'entrée de la cavité cylindrique et doit être coaxial avec cette dernière. Un joint étanche doit être réalisé. Ce faisant, il faut veiller à ne pas introduire de volume supplémentaire dans la cavité, ce qui peut affecter les performances mesurées de l'écouteur.

6.4 Appareils de correction auditive du genre contour d'oreille et du genre lunettes

L'appareil de correction auditive doté de son dispositif de fixation de sortie acoustique (par exemple, crochet et tube de connexion flexible des appareils de correction auditive du genre contour d'oreille, ou tenon et tube de connexion flexible des appareils de correction auditive du genre lunettes) doit être relié au simulateur d'oreille occluse doté d'un simulateur d'embout moulé, tel que décrit en 6.3. Cette connexion doit être réalisée au moyen d'un petit dispositif de couplage en matériau rigide, de même diamètre intérieur que le diamètre nominal de l'extrémité du dispositif de fixation de sortie acoustique $\pm 0,06$ mm et d'une longueur de $5,0$ mm $\pm 0,1$ mm.

La connexion entre le petit dispositif de couplage et le simulateur d'embout moulé doit être rendue étanche au moyen d'un joint approprié. Ce faisant, il faut veiller à ne pas introduire de volume supplémentaire dans la cavité, ce qui peut affecter les performances mesurées de l'appareil de correction auditive.

Le matériau, la longueur et le diamètre intérieur du tube de connexion entre l'appareil de correction auditive et le petit dispositif de couplage doivent être conformes aux spécifications du fabricant de l'appareil de correction auditive. Plus particulièrement, le tube de connexion peut être constitué d'un matériau flexible ou rigide. Le tube de connexion doit être relié au tenon d'un appareil de correction auditive du genre lunettes ou au crochet, le cas échéant, d'un appareil de correction auditive du genre contour d'oreille. Le tube de connexion ne doit pas être relié directement à l'appareil de correction auditive du genre contour d'oreille, si ce dernier est destiné à être utilisé avec un crochet.

Sauf spécification contraire, la longueur du tube de connexion mesurée entre l'extrémité du crochet ou du tenon et l'entrée du tube rigide de 3 mm de diamètre du simulateur d'embout moulé doit être de 25 mm ± 1 mm.

Les principales caractéristiques du simulateur d'oreille occluse doté d'un simulateur d'embout moulé et d'un petit dispositif de couplage, illustrant la configuration de connexion d'un appareil de correction auditive du genre contour d'oreille, sont indiquées à la Figure 3. L'exemple choisi présente un diamètre intérieur du petit dispositif de couplage de 2 mm, conformément au diamètre du tube le plus couramment utilisé. D'autres formes que celle illustrée peuvent être utilisées, sous réserve qu'elles soient conformes aux spécifications susmentionnées.

NOTE Il convient que les spécifications du fabricant portant sur les dimensions du tube soient conformes aux conditions moyennes d'utilisation pratique de l'appareil de correction auditive. Si, pour quelque raison inhabituelle que ce soit, il est impossible de simuler les conditions moyennes d'utilisation pratique avec le simulateur d'embout moulé spécifié ci-dessus et inséré dans le simulateur d'oreille occluse, un dispositif approprié différent peut être utilisé, à condition d'en donner la description complète.

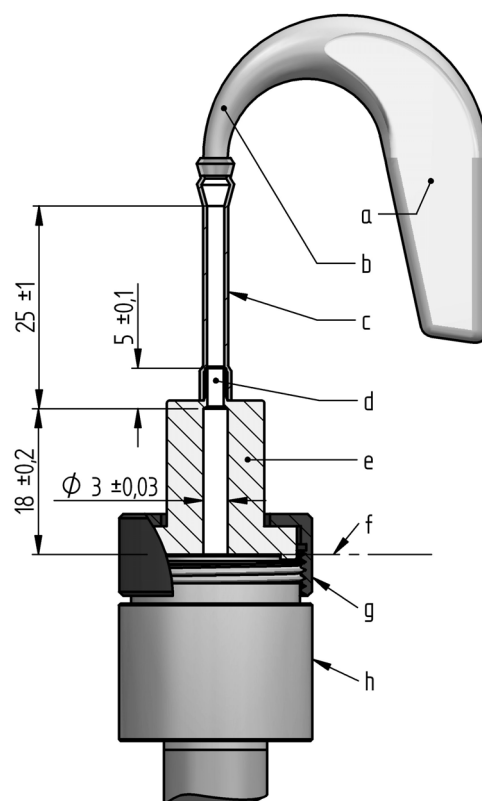
6.5 Appareils de correction auditive intra-auriculaires modulaires

L'appareil de correction auditive modulaire doit être relié directement à la cavité du simulateur d'oreille occluse, tel qu'indiqué à la Figure 4. Cette connexion doit être réalisée au moyen d'un dispositif de couplage du tube en matériau rigide, de même diamètre intérieur que le diamètre nominal de l'extrémité du dispositif de fixation de sortie acoustique $\pm 0,06$ mm et d'une longueur de $5,0$ mm $\pm 0,1$ mm.

La connexion entre le dispositif de couplage du tube et le simulateur d'oreille occluse doit être rendue étanche au moyen d'un joint approprié. Ce faisant, il faut veiller à ne pas introduire de volume supplémentaire dans la cavité, ce qui peut affecter les performances mesurées de l'appareil de correction auditive.

Sauf spécification contraire, la longueur du tube de connexion mesurée entre la sortie de l'appareil de correction auditive et l'entrée du plan de référence du simulateur d'oreille occluse doit être de $8,0$ mm $\pm 0,7$ mm.

Dimensions en millimètres



IEC 032/10

Légende

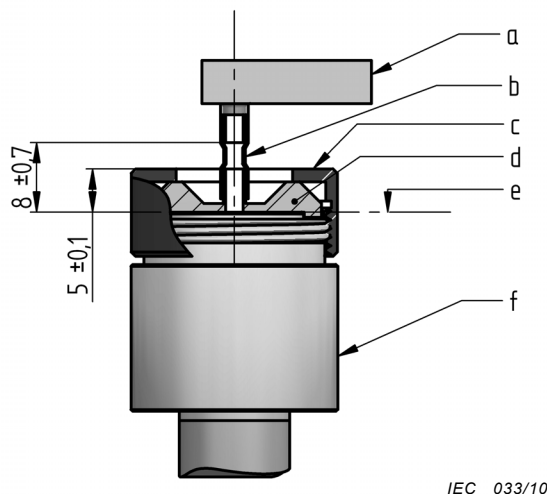
- a appareil de correction auditive du genre contour d'oreille (BTE, en anglais *behind-the-ear*)
- b sortie acoustique de l'appareil de correction auditive (crochet)
- c tube de connexion flexible, dont le diamètre intérieur est généralement de 2 mm
- d petit dispositif de couplage du tube ayant le même diamètre intérieur que le diamètre nominal du dispositif de fixation de la sortie acoustique de l'appareil de correction auditive (diamètre généralement de 2 mm)
- e simulateur d'embout moulé pour appareils de correction auditive
- f plan de référence
- g collier de fixation
- h simulateur d'oreille occluse

NOTE 1 Il convient que la longueur du tube et les diamètres intérieurs de ce dernier et de son dispositif de couplage (qui doivent être identiques) soient conformes aux indications et déclarations ci-dessus, sauf spécification contraire du fabricant, de façon à être en accord avec les conditions moyennes d'utilisation pratique d'un appareil de correction auditive particulier.

NOTE 2 Ce schéma a uniquement valeur de schéma d'illustration du principe de connexion de l'appareil de correction auditive au simulateur d'oreille occluse. Il convient de placer des joints étanches efficaces à tous les points de connexion.

Figure 3 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre contour d'oreille au simulateur d'oreille occluse

Dimensions en millimètres



IEC 033/10

Légende

- a appareil de correction auditive (type modulaire)
- b tube de connexion flexible, dont le diamètre intérieur est généralement de 2 mm
- c collier de fixation
- d dispositif de couplage du tube, dont le diamètre intérieur est généralement de 2 mm
- e plan de référence
- f simulateur d'oreille occlus

NOTE 1 Il convient que la longueur du tube et les diamètres intérieurs de ce dernier et de son dispositif de couplage (qui doivent être identiques) soient conformes aux indications et déclarations ci-dessus, sauf spécification contraire du fabricant, de façon à être en accord avec les conditions moyennes d'utilisation pratique d'un appareil de correction auditive particulier.

NOTE 2 Ce schéma a uniquement valeur de schéma d'illustration du principe de connexion de l'appareil de correction auditive au simulateur d'oreille occlus. Il convient de placer des joints étanches efficaces à tous les points de connexion.

Figure 4 – Connexion d'un appareil de correction auditive du genre intra-auriculaire (type modulaire) au simulateur d'oreille occlus

7 Incertitude élargie maximale admise des mesures

Le Tableau 2 indique l'incertitude élargie maximale admise $U_{\max}$ pour une probabilité d'environ 95 %, équivalant à un facteur d'élargissement de $k = 2$, associée aux mesures effectuées dans la présente partie de la CEI 60318 (voir Guide ISO/CEI 98-3). Un ensemble de valeurs de $U_{\max}$ est donné pour des mesures d'homologation de base.

Les incertitudes de mesures élargies données dans le Tableau 2 représentent les incertitudes maximales admises pour démontrer la conformité aux exigences de la présente partie de la CEI 60318. Si l'incertitude élargie réelle d'une mesure effectuée par le laboratoire d'essai est supérieure à la valeur maximale admise indiquée dans le Tableau 2, la mesure ne doit pas être utilisée pour démontrer la conformité aux exigences de la présente partie de la CEI 60318.

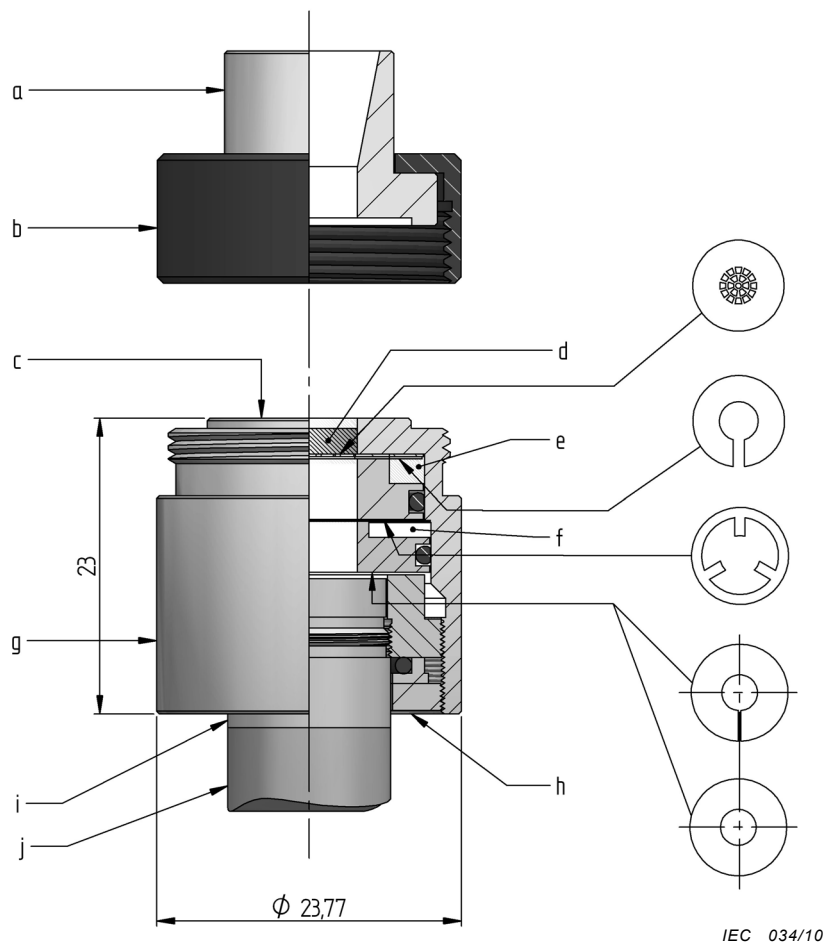
Tableau 2 – Valeurs de l'incertitude élargie maximale admise $U_{\max}$ pour des mesures d'homologation de base

Grandeur mesurée	Numéro de paragraphe correspondant	Valeur $U_{\max}$ de base ($k = 2$)
Diamètre de la cavité principale	4.2	0,02 mm
Fréquence de résonance de la cavité principale	4.2	0,3 kHz
Niveau d'efficacité en pression du microphone (≤ 10 kHz)	4.3	0,3 dB
Niveau d'efficacité en pression du microphone (> 10 kHz)	4.3	0,5 dB
Volume équivalent du microphone	4.3	2 mm ³
Résistance acoustique de l'évent	4.4	0,5 GPa·s·m ⁻³
Niveau d'impédance acoustique de transfert à une fréquence de 500 Hz	4.5	0,1 dB
Niveau d'impédance acoustique de transfert (< 500 Hz et > 500 Hz)	4.5	0,3 dB
Pression ambiante	5.2	0,1 kPa
Température	5.2	0,5 °C
Taux d'humidité relative	5.2	5 %
Volume effectif du simulateur d'oreille occluse à une fréquence de 500 Hz	5.2	15 mm ³
Diamètre intérieur du simulateur d'embout moulé ou du petit dispositif de couplage	6.3, 6.4	0,02 mm
Longueur du simulateur d'embout moulé ou du petit dispositif de couplage	6.3, 6.4	0,02 mm

Annexe A (informative)

Exemple de conception spécifique d'un simulateur d'oreille occluse

Dimensions en millimètres



Légende

- a simulateur d'oreille externe
- b collier de fixation
- c plan de référence
- d dispositif de protection contre les poussières
- e gorge circulaire
- f gorge circulaire
- g boîtier principal
- h orifices d'égalisation de pression
- i microphone de type pression
- j préamplificateur du microphone

NOTE La partie inférieure de la figure montre un exemple de conception spécifique d'un simulateur d'oreille occluse conforme à la présente norme.

Figure A.1 – Exemple de conception spécifique d'un simulateur d'oreille occluse

Annexe B (informative)

Principe d'étalonnage du simulateur d'oreille occluse

L'impédance acoustique de transfert $Z_t(f)$ d'un simulateur d'oreille occluse peut être définie comme le rapport de la pression acoustique $p(f)$ au niveau de la membrane du microphone au flux de vitesse dans le plan de référence du simulateur d'oreille:

$$Z_t(f) = \frac{p(f)}{\Delta V 2\pi f} \quad (\text{B.1})$$

où le flux de vitesse est égal à la variation de volume ΔV fois la pulsation $2\pi f$.

La valeur de l'impédance acoustique de transfert $Z_t(f)$ par rapport à celle à la fréquence de référence 500 Hz, peut être obtenue en utilisant comme source sonore un transducteur qui produit une variation de volume constante dans le plan de référence.

Dans ce cas, à une fréquence de 500 Hz, nous obtenons

$$Z_t(500) = \frac{p(500)}{\Delta V 2\pi 500} \quad (\text{B.2})$$

et – par division de l'Equation (B.1) par l'Equation (B.2), compte tenu par ailleurs du fait que le volume effectif nominal de la cavité du simulateur d'oreille est de 1 260 mm³, ce qui correspond à une amplitude de l'impédance acoustique de transfert de 35,9 MPa·s·m⁻³ (voir 4.5)

$$Z_t(f) = 35,9 \frac{500}{f} \frac{p(f)}{p(500)} \quad (\text{B.3})$$

Ainsi, l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille à une fréquence f peut être calculée à partir du rapport des pressions acoustiques à cette fréquence et à la fréquence de 500 Hz.

Ainsi, des valeurs logarithmiques permettent de calculer le niveau d'impédance acoustique de transfert $L_{Z_t}(f)$ à partir des niveaux de pression acoustique mesurés à cette fréquence et à la fréquence de référence de 500 Hz:

$$L_{Z_t}(f) = 10 \lg Z_t(f)^2 = 20 \lg(35,9 \times 500) - 20 \lg f + (L_p(f) - L_p(500)), \quad (\text{B.4})$$

où $(L_p(f) - L_p(500))$ est donnée dans le Tableau B.1.

EXEMPLE Selon le Tableau B.1, le niveau de pression acoustique relatif à une fréquence de 100 Hz est égal à -0,3 dB. L'Equation (B.4) permet d'obtenir:

$$L_{Z_t}(100) = 85,08 - 40 - 0,3 = 44,78 \text{ dB}$$

Pour le volume effectif nominal de la cavité, qui est de 1 260 mm³ à une fréquence de 500 Hz, le niveau de pression acoustique à une fréquence f moins le niveau de pression acoustique à la fréquence de 500 Hz $(L_p(f) - L_p(500))$ – et les tolérances correspondantes – est égal aux valeurs données dans le Tableau B.1. Si le volume effectif réel V en millimètres cubes à une fréquence de 500 Hz s'écarte de 1 260 mm³, $10 \lg (V^2/1\,260^2)$ dB doit être ajoutée aux amplitudes du niveau de pression acoustique relatif données dans le Tableau B.1.

NOTE 1 Un microphone WS3P alimenté par une source de tension constante peut être utilisé comme source sonore à variation de volume constante.

NOTE 2 Le volume effectif peut être mesuré en utilisant un volume de référence approximativement égal à 1 260 mm³. Il convient, pour un volume de référence cylindrique et une fréquence de 500 Hz, que le diamètre soit supérieur à 0,6 fois la longueur (voir [7]).

NOTE 3 Les valeurs du Tableau B.1 sont valables pour les fréquences de tiers d'octave exactes calculées à partir de $1\,000 \times 10^{n/10}$, où n est un entier positif, négatif ou nul.

NOTE 4 Aux fréquences élevées, il convient que la réponse en fréquence du simulateur d'oreille occluse, mesurée électriquement, soit corrigée pour tenir compte de la caractéristique de réponse en fréquence du microphone et de la source sonore.

Tableau B.1 – Niveau de pression acoustique par rapport au niveau à la fréquence de référence de 500 Hz ($L_p(f) - L_p(500)$) pour le volume effectif nominal (1 260 mm³) du simulateur d'oreille occluse, et tolérances associées

Fréquence nominale Hz	Niveau de pression acoustique relatif dB	
	Amplitude	Tolérances
100	−0,3	±0,7
125	−0,2	±0,7
160	−0,2	±0,7
200	−0,1	±0,6
250	−0,1	±0,6
315	−0,1	±0,6
400	0	±0,6
630	0,1	±0,6
800	0,2	±0,6
1 000	1,6	±0,7
1 250	3,3	±0,7
1 600	4,5	±0,7
2 000	5,2	±0,7
2 500	6,0	±0,8
3 150	6,9	±0,9
4 000	8,0	±1,0
5 000	9,3	±1,2
6 300	11,4	±1,2
8 000	13,7	±1,7
10 000	18,0	±2,2

NOTE Les niveaux de pression acoustique donnés dans ce tableau sont valables pour une entrée à variation de volume constante.

Bibliographie

- [1] ISO 389-2, *Acoustique – Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques – Partie 2: Niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire pour les écouteurs à son purs et à insertion*
- [2] ISO 389-5, *Acoustique – Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques – Partie 5: Niveaux de référence équivalents de pression acoustique liminaire pour les sons purs dans le domaine de fréquences de 8 kHz à 16 kHz*
- [3] ISO 389-6, *Acoustique – Zéro de référence pour l'étalonnage d'équipements audiométriques – Partie 6: Niveaux liminaires d'audition de référence pour signaux d'essai de courte durée*
- [4] BRÜEL, P.V., FREDERIKSEN, E., MATHIASSEN, H., RASMUSSEN, G., SIGH, E., TARNOW, V.: *Impedance of real and artificial ears*. Copenhagen, Denmark, 1976, Literature number Brüel&Kjaer BN0221 (disponible en anglais seulement)
- [5] ANSI S 3.7:1995 (R2003), *Methods for coupler calibration of earphones* (disponible en anglais seulement)
- [6] RICHTER, U.: *Characteristic data of different kinds of earphones used in the extended high-frequency range for pure-tone audiometry*. PTB report MA-72, 2003 (disponible en anglais seulement)
- [7] DANIELS, F.B.: *Acoustical impedances of enclosures*. J Acoust Soc Am, 1947, Vol 19, 569-571 (disponible en anglais seulement)
- [8] JONSSON, S.: *Modelling of the Bruel & Kjaer Type 4157 occluded ear simulators at different ambient conditions*. Copenhagen, Denmark 2009, Brüel & Kjaer report number BN0583 (disponible en anglais seulement)
- [9] HEEREN, W., RASMUSSEN, P.: *RA 0045 (IEC 711 coupler), different ambient conditions*. Copenhagen, Denmark 2008, G.R.A.S. Sound & Vibration, Internal Report (disponible en anglais seulement)
- [10] JONSSON, S., Liu, B., SCHUHMACHER, A., NIELSEN, L.: *Simulation of the IEC 711 occluded ear simulator*. Audio Engineering Society 2004, Berlin (disponible en anglais seulement)
- [11] ZHANG, Bin L., JONSSON, S., SCHUHMACHER, A., NIELSEN, L.: *A Combined BEM/FEM Acoustic Model of an Occluded Ear Simulator*. Internoise 2004, Prague (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch