

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Electroacoustics – Simulators of human head and ear –  
Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural  
earphones**

**Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –  
Partie 1: Simulateur d'oreille pour la mesure des écouteurs supra-auraux et  
circumauraux**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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](http://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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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](http://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](http://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](http://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](mailto: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](http://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](http://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](http://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](http://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](mailto: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 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural  
earphones**

**Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –  
Partie 1: Simulateur d'oreille pour la mesure des écouteurs supra-auraux et  
circumauraux**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

T

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-88910-120-7

## CONTENTS

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                                 | 4  |
| 1 Scope.....                                                                                                                  | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                                                  | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                                 | 6  |
| 4 Construction.....                                                                                                           | 7  |
| 4.1 General.....                                                                                                              | 7  |
| 4.2 Tolerances .....                                                                                                          | 9  |
| 4.3 Static pressure equalisation .....                                                                                        | 10 |
| 4.4 Calibrated pressure-type microphone .....                                                                                 | 10 |
| 4.5 Material.....                                                                                                             | 10 |
| 4.6 Measurement plane.....                                                                                                    | 11 |
| 4.7 Acoustic transfer impedance .....                                                                                         | 11 |
| 5 Coupling of earphone to ear simulator .....                                                                                 | 11 |
| 5.1 Supra-aural earphones.....                                                                                                | 11 |
| 5.2 Circumaural earphones .....                                                                                               | 11 |
| 6 Calibration.....                                                                                                            | 13 |
| 6.1 Reference environmental conditions.....                                                                                   | 13 |
| 6.2 Method of calibration.....                                                                                                | 13 |
| 7 Maximum permitted expanded uncertainty of measurements .....                                                                | 13 |
| Annex A (informative) Lumped-parameter electrical network analogue of the ear simulator.....                                  | 15 |
| Annex B (informative) Example of one specific design of ear simulator .....                                                   | 17 |
| Annex C (informative) Measurement method for the determination of the acoustical transfer impedance of the ear simulator..... | 21 |
| Bibliography.....                                                                                                             | 25 |
| Figure 1 – Schematic cross-section of the ear simulator configured for supra-aural earphones .....                            | 8  |
| Figure 2 – Schematic cross-section of the ear simulator configured for circumaural earphones .....                            | 9  |
| Figure A.1 – Analogue electrical network .....                                                                                | 15 |
| Figure A.2 – Level of impedance modulus of the electrical analogue network.....                                               | 16 |
| Figure A.3 – Phase of the impedance of the electrical analogue network .....                                                  | 16 |
| Figure B.1 – Example of one specific design of ear simulator.....                                                             | 17 |
| Figure B.2 – Adapter for use with circumaural earphones .....                                                                 | 18 |
| Figure B.3 – Conical ring .....                                                                                               | 19 |
| Figure B.4 – Configuration when using the adapter and the conical ring .....                                                  | 20 |
| Figure C.1 – Key elements of measurement system.....                                                                          | 22 |
| Figure C.2 – Transmitter microphone adapter to couple a transmitter microphone to the ear simulator.....                      | 23 |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 – Specification for the acoustic transfer impedance level.....                                               | 12 |
| Table 2 – Values of $U_{\max}$ for basic measurements .....                                                          | 14 |
| Table C.1 – Typical components of measurement uncertainty in the measurement of<br>acoustic transfer impedance ..... | 24 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –

### Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones

#### 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60318-1 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1998 as well as replacing IEC 60318-2, published in 1998. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- an extension of the frequency range to 16 kHz;
- a revised specification for the acoustical transfer impedance, including tolerances;
- a method for measuring the acoustical transfer impedance;
- expanded measurement uncertainties.

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 29/683/FDIS | 29/698/RVD       |

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 IEC 60318 series, under the general title *Electroacoustics – Simulators of human head and ear*, can be found on the IEC website.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

# ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –

## Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones

### 1 Scope

This part of IEC 60318 specifies an ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones (used for example in audiometry and telephonometry) applied to the ear without acoustical leakage, in the frequency range from 20 Hz to 10 kHz. The same device can be used as an acoustic coupler at additional frequencies up to 16 kHz.

NOTE 1 This device has alternative configurations for supra-aural earphones and different types of circumaural earphones. In practice, the alternative configurations can be realised through the use of adapters where necessary.

NOTE 2 Repeatability for supra-aural and circumaural earphones may get significantly worse above 10 kHz.

### 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.

#### 3.1

##### **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

#### 3.2

##### **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

#### 3.3

##### **supra-aural earphone**

earphone applied externally to the outer ear and intended to rest on the pinna

**3.4****circumaural earphone**

earphone which encloses the pinna and rests on the surrounding surface of the head

NOTE Contact with the head is normally maintained by compliant cushions. Circumaural earphones may touch but not significantly compress the pinna.

**3.5****acoustic impedance**

at a specified surface, quotient of the sound pressure by volume velocity through the surface

NOTE Unit:  $\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**3.6****acoustic transfer impedance of the ear simulator**

quotient of the sound pressure acting on the diaphragm of the microphone by volume velocity through the planar surface bounded by the upper rim of the ear simulator

NOTE Unit:  $\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**3.7****level of acoustic transfer impedance**

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 ear simulator by the squared reference acoustic transfer impedance of one pascal second per cubic meter ( $\text{Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$ )

NOTE Unit: decibel (dB).

**4 Construction****4.1 General**

The measurements of supra-aural and circumaural earphones each require the ear simulator to have a different external configuration. Apart from this, the remaining specifications apply to both types of earphone.

For supra-aural earphones the coupling surface of the ear simulator has sloped sides to match the shape of the earphone cushions. For circumaural earphones, a flat coupling surface is specified to suit the variety of earphone designs that may be encountered. Figure 1 shows the ear simulator configuration for supra-aural earphones and Figure 2 shows that for circumaural earphones.

Internally, the ear simulator is composed of three acoustically coupled cavities. The primary cavity is conical in shape and houses the microphone at its lower surface. The key dimensions of the primary cavity and the acoustical compliances of each cavity are specified in Figure 1 (and replicated in Figure 2). The secondary cavities are coupled to the primary cavity by elements having acoustical mass and resistance. The lumped-parameter values of the coupling elements shall be as follows:

$$M_{a2} = 4,5 \times 10^2 \text{ Pa}\cdot\text{s}^2\cdot\text{m}^{-3}$$

$$M_{a3} = 1,06 \times 10^4 \text{ Pa}\cdot\text{s}^2\cdot\text{m}^{-3}$$

$$R_{a2} = 6,05 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$R_{a3} = 2 \times 10^7 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$$

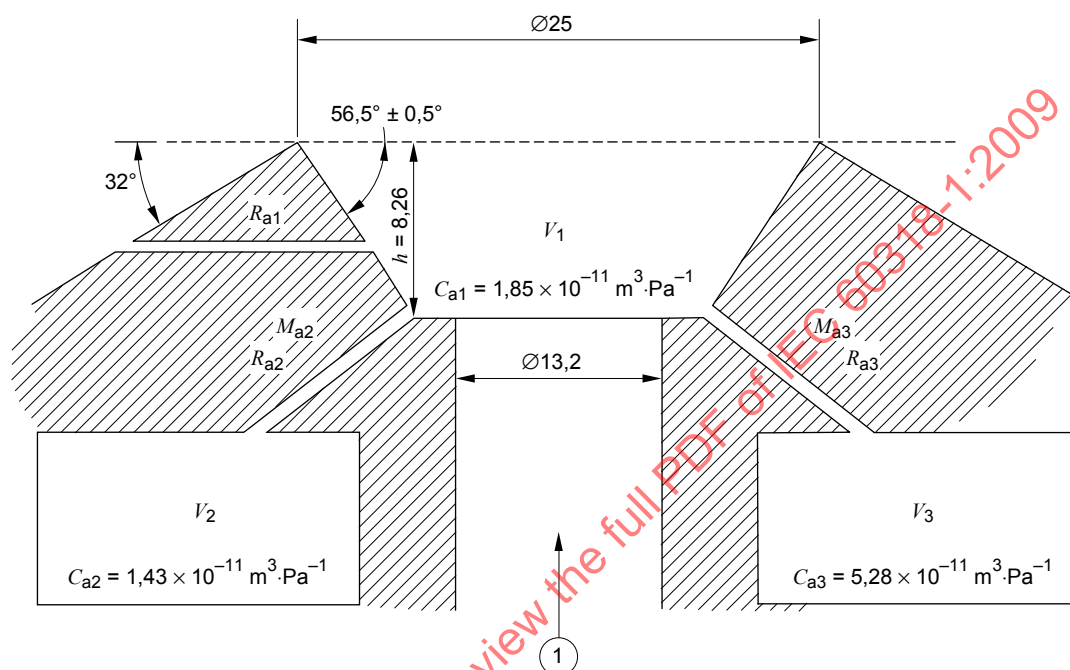
$M_{a2}$  and  $M_{a3}$  represent acoustic masses,  $R_{a2}$  and  $R_{a3}$  represent acoustic resistances. These values are applicable for the reference environment conditions and are subject to the tolerances of 4.2.

A pressure equalization mechanism ( $R_{a1}$ ) is included.

An electrical analogue of the ear simulator is given in Annex A.

The general construction of the ear simulator and mounting of the microphone shall aim to reduce the response to vibration of any earphone or to sound outside the cavity.

*Dimensions in millimeters*



IEC 1654/09

# Key

1 microphone

NOTE 1 The volume of cavity  $V_1$  includes the total effective volume of the microphone capsule, a corresponding correction for the presence of a protective grid also being taken into account.

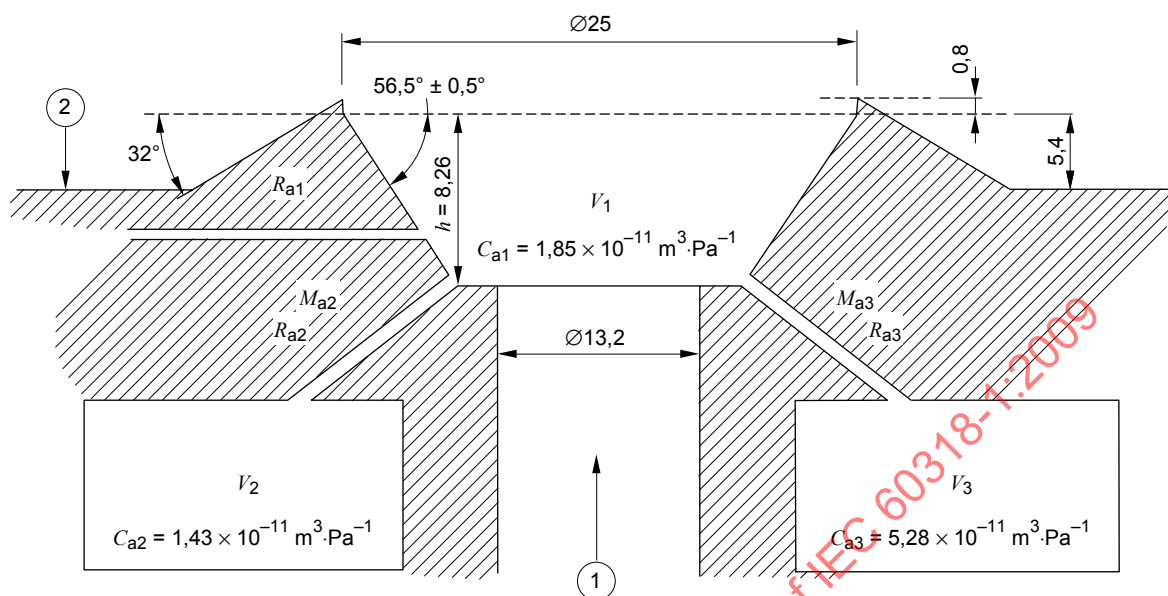
NOTE 2 The acoustical compliance of the cavities may depend on the shape as well as the volume.

NOTE 3 Tolerances on dimensions are specified in 4.2.

**Figure 1 – Schematic cross-section of the ear simulator configured for supra-aural earphones**

An ear simulator only capable of having the configuration shown in Figure 1, but meeting all other specifications in this standard shall be considered as conforming to this part of IEC 60318 for supra-aural earphones only.

Dimensions in millimeters



IEC 1655/09

**Key**

- 1 microphone
- 2 flat coupling surface

NOTE 1 The external face of the flat surface should be marked with a series of rings concentric with the opening in the ear simulator to aid alignment of the earphone.

NOTE 2 The 0,8 mm lip at the entrance to the ear simulator is an artefact of a typical practical realisation of this configuration, where a flat plate adapter is inserted between the body of the ear simulator and a removable conical ring (see Annex B for details).

NOTE 3 Tolerances on dimensions are specified in 4.2.

**Figure 2 – Schematic cross-section of the ear simulator configured for circumaural earphones**

The dimensions of the flat coupling surface are not critical, but shall be sized to accommodate the range of circumaural earphones to be measured (together with their headbands, if appropriate), noting that these are often non-circular. A size of approximately 100 mm × 120 mm is appropriate.

An ear simulator only capable of having the configuration shown in Figure 2, but meeting all other specifications in this standard shall be considered as conforming to this part of IEC 60318 for circumaural earphones only.

An example of a design of the ear simulator, including the adapter to convert from supra-aural to circumaural configuration, is shown in Annex B.

## 4.2 Tolerances

The following specified tolerances are for manufacturing the ear simulator and are not normally subject to checking by a test laboratory. The specified dimensions determine the acoustic transfer impedance of the device, which can be tested for conformance (see 4.7).

The distance  $h$  between a plane through the upper rim of the ear simulator and the diaphragm of the microphone shall be 8,26 mm ± 0,30 mm.

Other specified linear dimensions shall have a tolerance of  $\pm 0,3$  mm.

The angular dimensions  $56,5^\circ$  shall have a tolerance of  $\pm 0,5^\circ$ .

The angular dimension  $32^\circ$  shall have a tolerance of  $^{+3^\circ}_{-1^\circ}$ .

The acoustical compliances, masses and resistances shall each have a tolerance of  $\pm 10$  %.

#### 4.3 Static pressure equalization

Any change in the static pressure within the ear simulator caused by assembly of the earphone to the cavity and microphone shall decay toward the static ambient pressure with a time constant less than 1,5 s. If this necessitates the introduction of a controlled leak in the ear simulator, it shall have the following characteristics:

- a) it shall not alter the total cavity volume by more than  $20 \text{ mm}^3$ ;
- b) it shall attenuate external sound reaching the cavity, with the entrance blocked, by at least 16 dB at 100 Hz, increasing by 6 dB per octave for increasing frequency.

NOTE 1 This specification for the static pressure equalization is equivalent to a value for  $R_{a1}$  of nominally  $500 \times 10^6 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$ .

NOTE 2 Equalization can be realised, for example, by a capillary tube with a diameter of 0,3 mm and a length of 9 mm.

#### 4.4 Calibrated pressure-type microphone

A calibrated microphone is located at the base of cavity  $V_1$ . The acoustic impedance of the microphone diaphragm shall be high, so that the equivalent volume is less than  $20 \text{ mm}^3$  over the specified range of frequencies.

In the frequency range from 20 Hz to 10 kHz, the overall pressure sensitivity level of the microphone and associated measuring system shall be known with an uncertainty not exceeding 0,2 dB for a level of confidence of 95 %. The microphone shall be coupled to the cavity  $V_1$  with a protective grid and without leakage. The microphone shall conform to the requirements of IEC 61094-4 for a type WS2P microphone.

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 %. Furthermore there shall be no protection grid or other obstruction between the microphone diaphragm and cavity  $V_1$ .

The make and model of the microphone shall be specified, together with any adapter used.

NOTE 1 The obstruction caused by the protection grid may cause the sound pressure acting on the microphone diaphragm to be non-uniform.

NOTE 2 A microphone conforming with the requirements of IEC 61094-1 [1]<sup>1</sup> for a type LS2aP microphone provides a suitable configuration for use above 10 kHz. For some models of type WS2P microphone the manufacturer supplies an ring to be used in place of the grid, that enables the microphone to be converted to type LS2aP.

#### 4.5 Material

The ear simulator and the adapters shall be made of a material that has no negative influences on its performance. For example it should be acoustically hard and dimensionally stable.

<sup>1</sup> Figures in brackets refer to the bibliography.

#### 4.6 Measurement plane

The plane of the microphone diaphragm shall be understood to represent the entrance of the mean human ear canal, up to 10 kHz. Beyond this frequency, the device can only be considered as an acoustic coupler having no direct relation to the mean human ear canal.

#### 4.7 Acoustic transfer impedance

In the frequency range below 10 kHz, the ear simulator is designed so that its acoustic transfer impedance matches the input impedance of the average human ear under sealed conditions. Under reference environmental conditions, the ear simulator shall couple an applied earphone to the microphone with an acoustic transfer impedance given in Table 1. The tolerance on the frequency specified in Table 1 is 0,1 %.

NOTE 1 The acoustic transfer impedance is specified, because for practical reasons the locations of the earphone and microphone are physically separated within the ear simulator. By modelling the acoustic input impedance of real ears with the acoustic transfer impedance of the ear simulator, the sound pressure measured by the microphone represents the sound pressure applied to the entrance of the ear canal.

NOTE 2 The acoustic impedance of an applied earphone will add in parallel to the specified acoustic transfer impedance, when the earphone is modelled by a source of volume velocity in parallel with the acoustic impedance of the earphone.

NOTE 3 The specification is only given in the frequency range where the device acts as an ear simulator.

Annex C gives details of a method for determining the acoustic transfer impedance. The specified tolerance shall be reduced by an amount equal to the expanded uncertainty of measurement before deciding if a device conforms to this specification.

### 5 Coupling of earphone to ear simulator

#### 5.1 Supra-aural earphones

Supra-aural earphones shall be measured with the ear simulator having the configuration shown in Figure 1.

The earphone to be measured shall be applied to the ear simulator without acoustic leakage with a force  $4,5 \text{ N} \pm 0,5 \text{ N}$ , not including the weight of the earphone itself. If, for a specific earphone, a different coupling force is specified this shall be stated.

The earphone shall not rest on the sloping side of the ear simulator, but only on the upper rim.

In the case of earphones with a hard ear cushion, a thin film of sealing material or a thin soft rubber ring shall be used on the lip in order to produce an effective seal between the earphone and the upper edge of the coupler.

#### 5.2 Circumaural earphones

Circumaural earphones shall be measured with the ear simulator having the configuration shown in Figure 2.

The earphone shall be positioned symmetrically. For earphones with an asymmetric cushion the manner of placement on the coupler shall be stated by the manufacturer. The coupling force applied for the calibration shall be stated.

**Table 1 – Specification for the acoustic transfer impedance level**

| Frequency<br>Hz | Impedance level<br>(ref. 1 Pa·s·m <sup>-3</sup> )<br>dB | Tolerance<br>on level<br>± dB |
|-----------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 100             | 145,8                                                   | 1,5                           |
| 126             | 144,4                                                   | 1,5                           |
| 158             | 143,2                                                   | 1,5                           |
| 200             | 143,0                                                   | 1,5                           |
| 251             | 143,5                                                   | 1,5                           |
| 316             | 144,1                                                   | 1,5                           |
| 398             | 143,4                                                   | 1,5                           |
| 501             | 141,4                                                   | 1,5                           |
| 631             | 139,0                                                   | 1,5                           |
| 750*            | 137,2                                                   | 1,5                           |
| 794             | 136,6                                                   | 1,5                           |
| 1 000           | 134,4                                                   | 1,5                           |
| 1 259           | 132,5                                                   | 1,5                           |
| 1 500*          | 131,4                                                   | 1,5                           |
| 1 585           | 131,1                                                   | 1,5                           |
| 1 995           | 131,5                                                   | 1,5                           |
| 2 512           | 131,5                                                   | 1,5                           |
| 3 000*          | 130,8                                                   | 1,5                           |
| 3 162           | 130,6                                                   | 1,5                           |
| 3 982           | 128,5                                                   | 1,5                           |
| 5 012           | 126,0                                                   | 1,5                           |
| 6 000*          | 124,0                                                   | 1,5                           |
| 6 310           | 123,6                                                   | 1,5                           |
| 7 943           | 121,1                                                   | 1,5                           |
| 9 000*          | 119,9                                                   | 1,5                           |
| 10 000          | 118,5                                                   | 1,5                           |

NOTE 1 The values of frequency in Table 1 are calculated from  $1\,000 \times 10^{n/10}$ , where  $n$  is a positive or negative integer or zero, except those marked \* which are used specifically in audiometry.

NOTE 2 Using the measurement method described in Annex C, it is not easy to measure the acoustic transfer impedance level below 100 Hz, due to the effects of an imperfectly sealed measurement configuration. However, the acoustic transfer impedance between 20 Hz and 125 Hz is governed predominantly by the volumetric elements of the ear simulator, and their contribution to the overall acoustic transfer impedance can be validated by the measurements at higher frequencies.

## 6 Calibration

### 6.1 Reference environmental conditions

The reference environmental conditions are the following:

- static pressure: 101,325 kPa
- temperature: 23 °C
- relative humidity: 50 %

### 6.2 Method of calibration

The manufacturer shall describe in an instruction manual a method of calibration for the complete ear simulator, including the microphone, and for determining stability.

The quantity to be measured and the calibration method may vary depending on the intended application.

The calibration shall be performed at the reference environmental conditions with the following tolerances:

- static pressure:  $\pm 3$  kPa
- temperature:  $\pm 3$  °C
- relative humidity  $\pm 20$  %

If it is not possible to meet these requirements, or the application requires other conditions to be used, the actual values shall be stated.

## 7 Maximum permitted expanded uncertainty of measurements

Table 2 specifies the maximum permitted expanded uncertainty  $U_{\max}$ , calculated with a coverage factor of  $k = 2$  to give a level of confidence of approximately 95 %, associated with the measurements undertaken in this standard, according to 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 standard. 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  $U_{\max}$  for basic measurements**

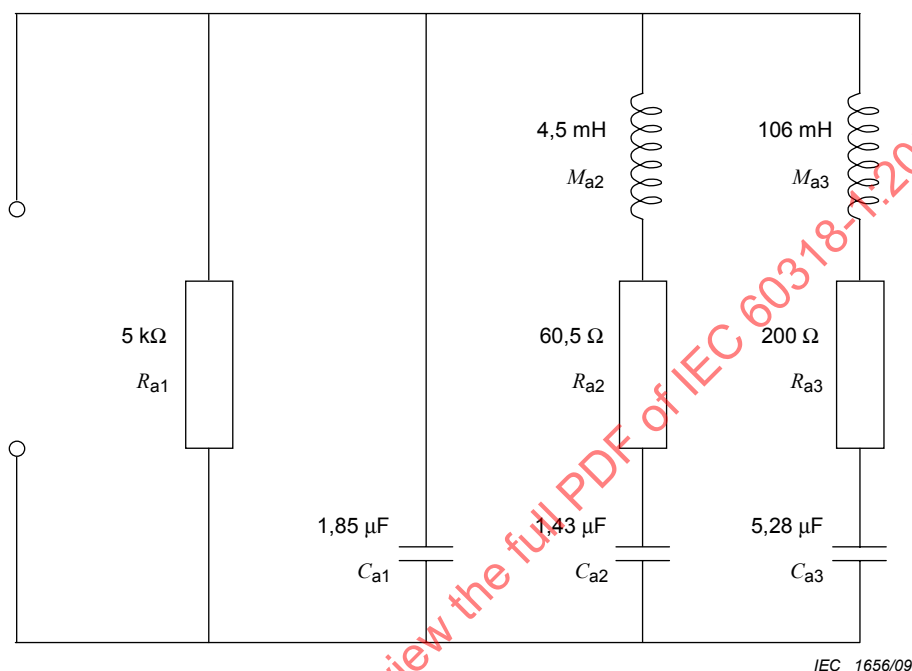
| Measured quantity                            | Relevant subclause number | $U_{\max} (k = 2)$ |
|----------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Acoustic impedance lumped parameter          | 4.1                       | 5 %                |
| Angle                                        | 4.1, 4.2, 5.1, 5.2        | 0,2°               |
| Linear dimensions                            | 4.1, 4.2, 5.1, 5.2        | 0,10 mm            |
| Static pressure equalization time constant   | 4.3                       | 0,1 s              |
| Sound attenuation                            | 4.3                       | 0,1 dB             |
| Microphone equivalent volume                 | 4.4                       | 5 mm <sup>3</sup>  |
| Microphone sensitivity level (≤10 kHz)       | 4.4                       | 0,2 dB             |
| Microphone sensitivity level (>10 kHz)       | 4.4                       | 0,5 dB             |
| Level of acoustic transfer impedance modulus | 4.7                       | 0,5 dB             |
| Frequency                                    | 4.7                       | 0,03 %             |
| Ambient pressure                             | 7.2                       | 0,1 kPa            |
| Temperature                                  | 7.2                       | 0,5 °C             |
| Relative humidity                            | 7.2                       | 5 %                |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

## Annex A (informative)

### Lumped parameter electrical network analogue of the ear simulator

In this analogue, one electrical ohm corresponds to  $10^5 \text{ Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$ .



**Figure A.1 – Analogue electrical network**

A number of independent determinations (see [8], [10], [11]) of the acoustic impedance of the mean human ear under no-leak conditions have been made covering various earphone cushion contours used on audiometric earphones. In each case, an analogue network of the type shown in Figure A.1 was devised with values of the elements adjusted to produce optimum fit to the experimental impedance data. Ear simulators have subsequently been designed and constructed according to these optimised parameters.

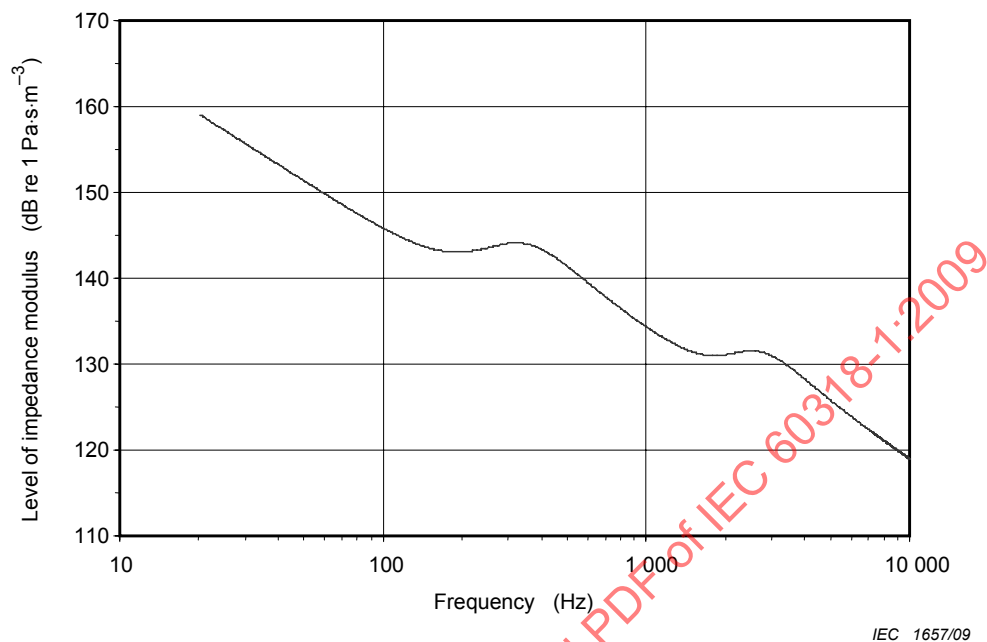
The model in Figure A.1 assumes that the sound pressure is spatially uniform in the cavity  $V_1$ . It follows that the acoustic transfer impedance between the microphone diaphragm and the plane where the sound source is applied, is constrained in this model to be the same as the acoustic input impedance of the ear simulator. However, the spatial uniformity assumption, and therefore the model overall, has limited validity at frequencies above about 5 kHz.

NOTE 1 The quoted scaling factor produces realistic electrical component values should it be necessary to construct the circuit. However if the response is to be evaluated analytically, the scaling factor is unnecessary and components having the value of the acoustical parameters can be used directly to yield data equivalent with that in Table 1.

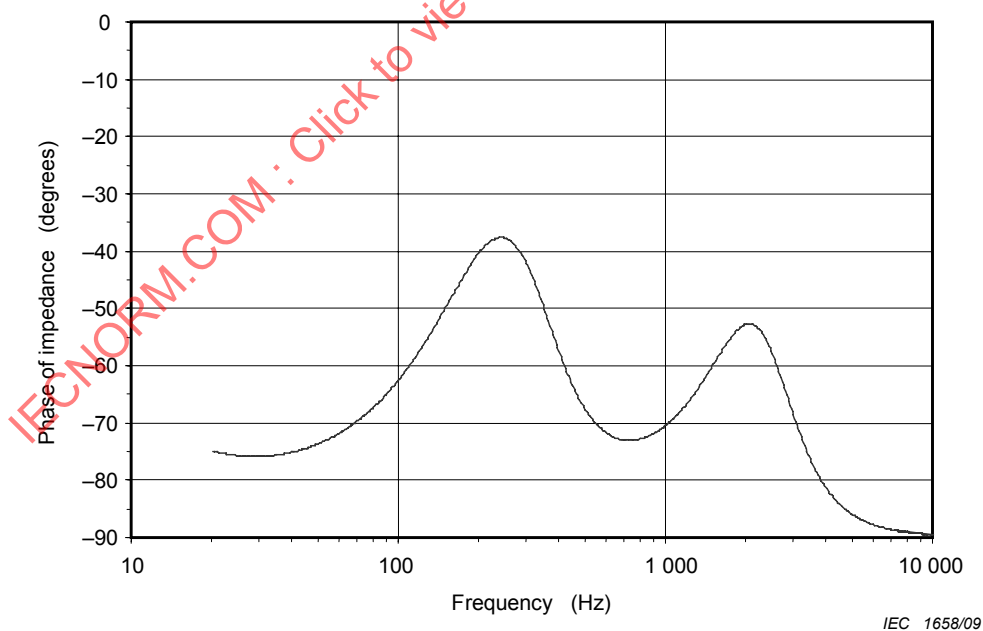
NOTE 2 The lumped parameter model is not a precise representation of actual devices. For example the elements corresponding to the acoustical compliances of the cavities can differ from those calculated from the volume of these cavities. Effects such as heat conduction, which depends on the shape as well as the volume, can cause differences.

NOTE 3 The lumped parameter model is a useful tool for designing new models of ear simulators. However, due to its limitations, it cannot be used as the basis for the acoustic transfer impedance specification.

The following Figures A.2 and A.3 show the level of impedance modulus of the electrical analogue network and the phase of the impedance of the electrical analogue network respectively.



**Figure A.2 – Level of impedance modulus of the electrical analogue network**



**Figure A.3 – Phase of the impedance of the electrical analogue network**

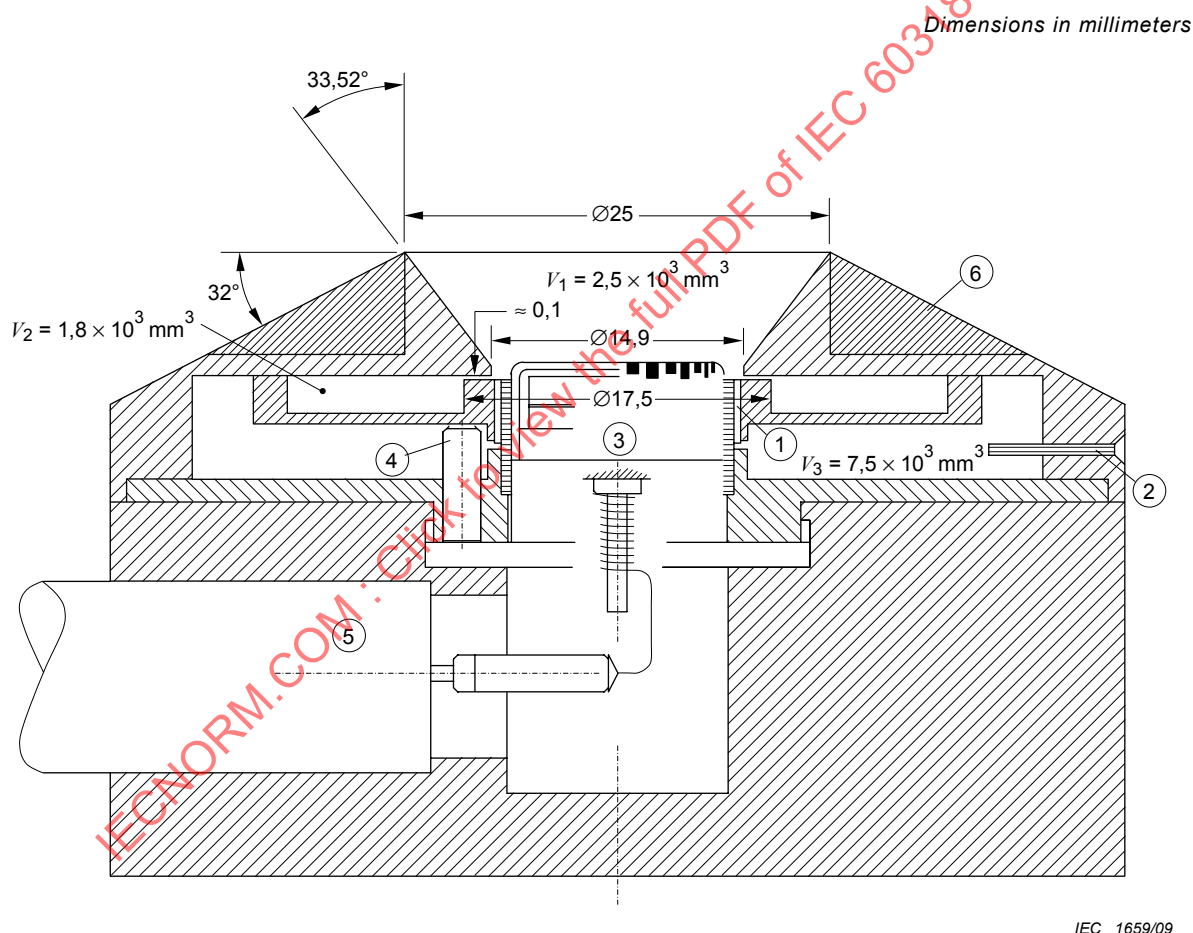
## Annex B (informative)

### Example of one specific design of ear simulator

#### B.1 General

Figure B.1 shows an ear simulator design having the basic configuration for the calibration of supra-aural earphones. Adapters are then specified to convert the design to have the external configuration for circumaural earphones.

NOTE The configuration shown in Figure B.1 is the one used in ISO 389-5 [5] and ISO 389-8 [6].



#### Key

- |                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1 four holes 0,45 Ø × 3,8 long | 4 three adjustment screws |
| 2 one hole 0,3 Ø × 9 long      | 5 microphone preamplifier |
| 3 microphone                   | 6 removable conical ring  |

NOTE 1 The three adjusting screws are set so that the corresponding acoustic resistance is  $6,05 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ .

NOTE 2 At higher frequencies, the configuration of the microphone will not be as shown (see 4.4).

**Figure B.1 – Example of one specific design of ear simulator**

## B.2 Adapter for use with circumaural earphones

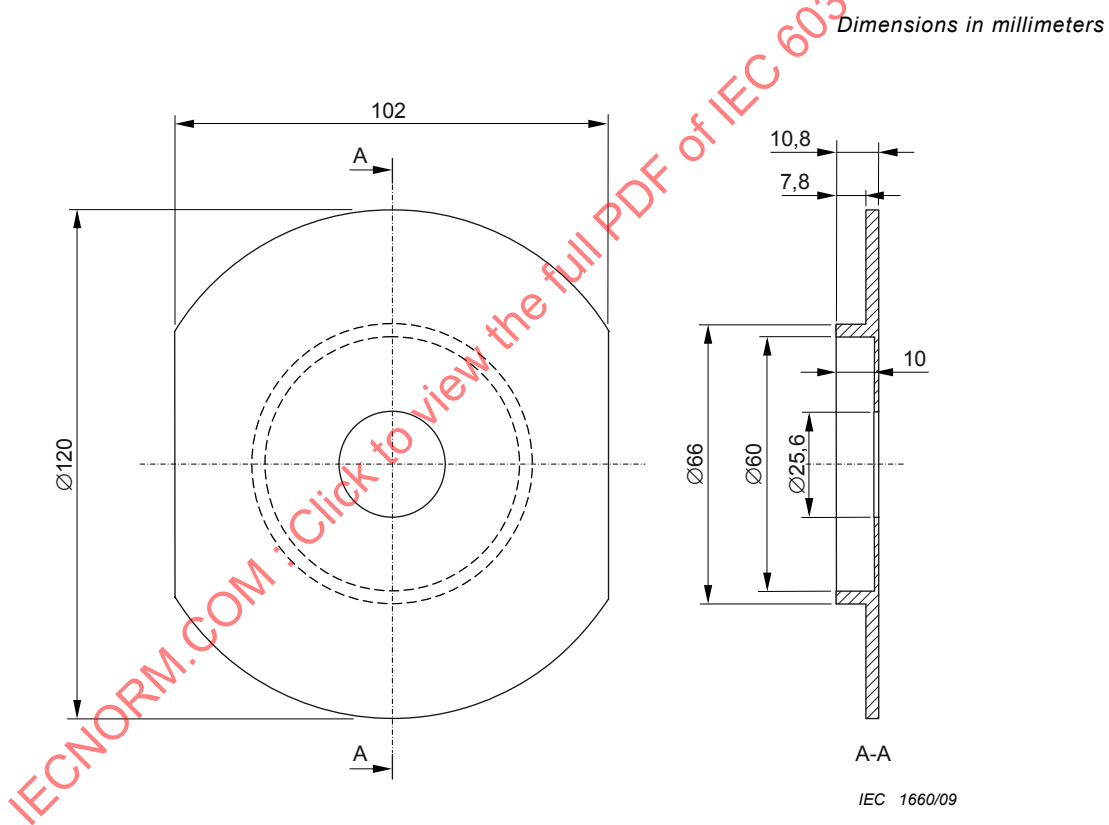
The ear simulator should be fitted with an adapter in order to use it with circumaural earphones. The manufacturer of the earphone shall state whether the earphone is compatible with this adapter.

Figure B.2 shows the design of the adapter to convert the configuration shown in Figure B.1.

The adapter is used in conjunction with a conical ring. The design of this ring is shown in Figure B.3.

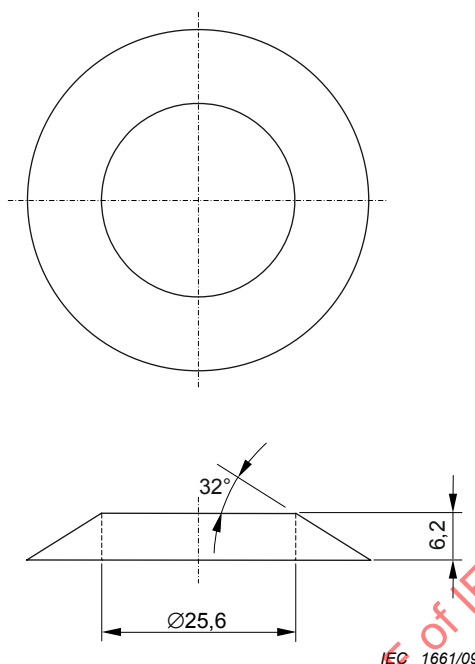
The tolerance on the linear dimensions and angles specified in Figure B.2 and Figure B.3 are  $\pm 0,3$  mm and  $\pm 2^\circ$  respectively.

The adapter and the conical ring should be made from an acoustically hard, dimensionally stable and non-magnetic material.



NOTE Tolerances on dimensions :  $\pm 0,3$  mm.

**Figure B.2 – Adapter for use with circumaural earphones**

*Dimensions in millimeters*

NOTE 1 Tolerances on dimensions :  $\pm 0,3$  mm.

NOTE 2 Tolerances on angles :  $\pm 2^\circ$ .

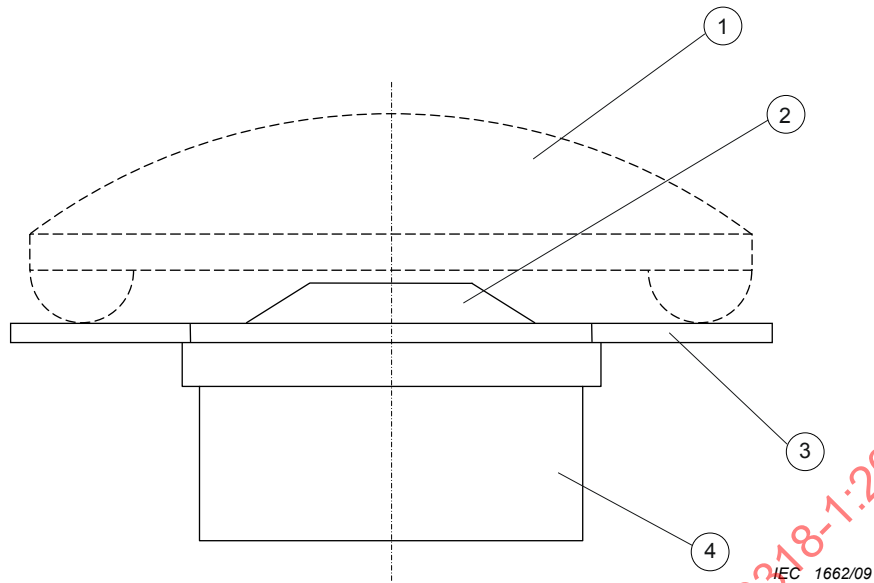
**Figure B.3 – Conical ring**

### **B.3 Configuration using the adapter**

For circumaural earphones designed to be calibrated using the adapter, the ear simulator should be adapted in the following manner:

- the conical ring shown in Figure B.1 should be removed from the ear simulator and the adapter fitted in its place, with the flat side uppermost;
- the conical ring should then be placed on top of the adapter as shown in Figure B.4.

Figure B.4 illustrates the final configuration.



**Key**

- 1 example of a circumaural earphone
- 2 conical ring
- 3 adapter
- 4 IEC 60318-1 ear simulator

**Figure B.4 – Configuration when using the adapter and the conical ring**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

## Annex C (informative)

### Measurement method for the determination of the acoustical transfer impedance of the ear simulator

#### C.1 Measurement method

Consider an electroacoustic transmitter, coupled acoustically to a remote receiver. For a given volume velocity developed by the transmitter, the pressure resulting at the receiver position is determined by the acoustic transfer impedance coupling the two transducers. For close-coupled transducers, the pressure sensitivity of the transmitter will determine the volume velocity produced for a given electrical current. Similarly, the receiver pressure sensitivity will determine the corresponding output voltage produced.

If both transducers are measurement microphones of known sensitivity, and if they are coupled appropriately by an ear simulator conforming to this standard, the arrangement then provides the basis for determining the acoustic transfer impedance of the ear simulator. Let the transmitter microphone, having a pressure sensitivity  $M_1$ , be driven by an electrical current  $i$ . If the acoustic transfer impedance of the ear simulator is  $Z_a$ , then by the chain of actions noted above, the output voltage  $U_2$  of the receiver microphone system is given by

$$U_2 = M_2 Z_a M_1 i \quad (\text{C.1})$$

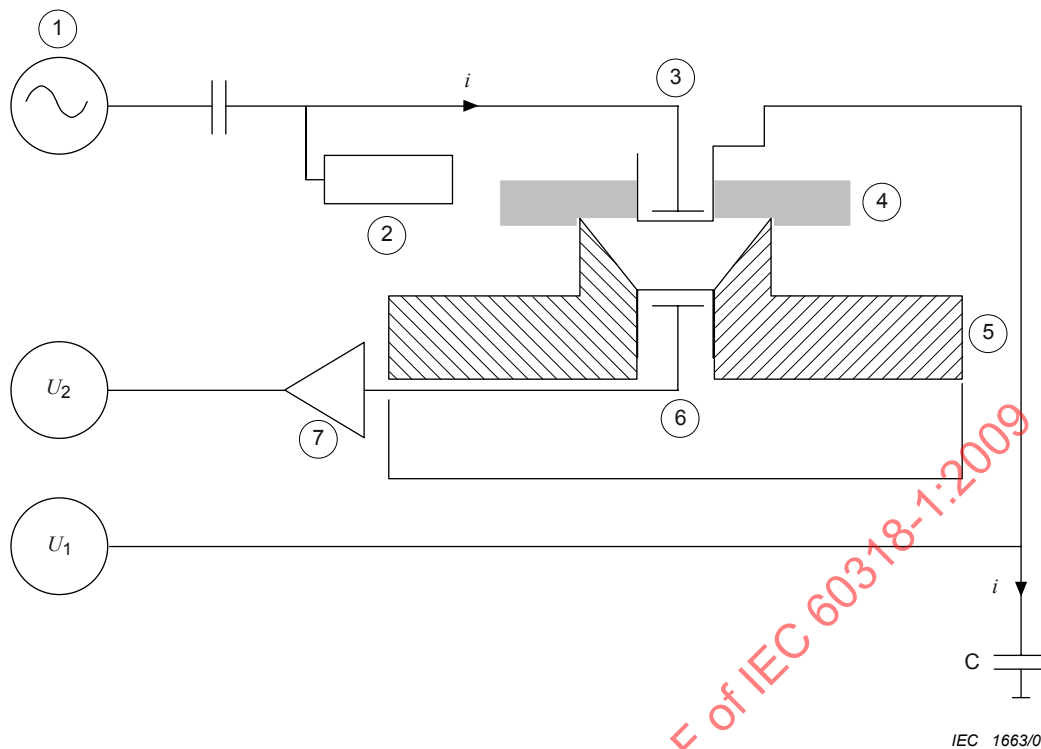
This relationship holds true whether the receiver system is considered to be the microphone capsule or the combination of a microphone, preamplifier and any other elements, provided  $M_2$  corresponds to the pressure sensitivity of the system considered.

In practice the sensitivity of the transmitter microphone is likely to be taken as its response as a receiver, while assuming that this particular device is reciprocal.

Then directly from Equation (C.1):

$$Z_a = \frac{1}{M_1 M_2} \frac{U_2}{i} \quad (\text{C.2})$$

Figure C.1 shows a generalized equipment set-up for conducting the necessary measurements to implement Equation (C.2).



**Key**

- |                           |                                            |
|---------------------------|--------------------------------------------|
| 1 signal generator        | 5 ear simulator                            |
| 2 microphone power supply | 6 receiver microphone in ear simulator     |
| 3 transmitter microphone  | 7 microphone preamplifier and power supply |
| 4 transmitter microphone  |                                            |

**Figure C.1 – Key elements of measurement system**

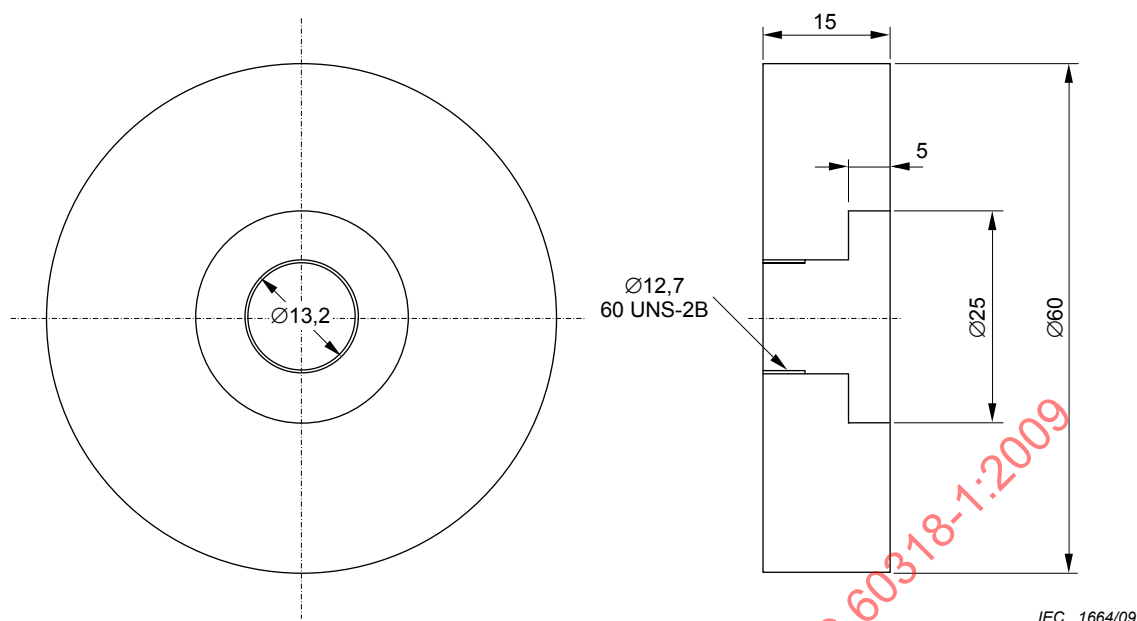
Here the electric current driving the transmitter microphone is determined by placing a known electric impedance in series with the microphone and measuring the voltage  $U_1$  developed across it. Any type of stable electric impedance element can be used, but a capacitor has the advantage that  $U_1$  remains approximately constant as a function of frequency when a fixed voltage drives the transmitter microphone.

In this case, and referring to Figure C.1, Equation (C.2) becomes

$$Z_a = \frac{1}{M_1 M_2} \frac{U_2}{U_1} \frac{1}{j\omega C} \quad (\text{C.3})$$

where  $\omega$  is the angular frequency.

The transmitter microphone should be a type WS2P having a nominal pressure sensitivity of approximately 12 mV/Pa, used without any protection grid in place. The microphone should be mounted in a flat plate, such that the microphone diaphragm is flush with the face that couples to the ear simulator. It is recommended that this coupling surface be set in a shallow recess to facilitate reproducible coupling to the upper edge of the ear simulator. The microphone should be placed concentrically in this recess. Figure C.2 shows an adapter suitable for the design of ear simulator given in Annex B.



**Figure C.2 – Transmitter microphone adapter to couple a transmitter microphone to the ear simulator**

The receiver microphone is housed in the ear simulator and should be fitted with its protection grid if the acoustic transfer impedance is to be determined in the frequency range where it is specified (see Table 1). The microphone and its preamplifier can be calibrated as a system. While it is possible to use the devices normally fitted to the ear simulator, they will not necessarily be suitably calibrated. However, it is possible to use an alternative microphone system, calibrated specifically for this purpose, in their place. Acoustical calibration can be considered, but given that the acoustic transfer impedance is likely to be determined at closely spaced frequency intervals, calibration by electrostatic actuator may be preferred for convenience. However, it should be noted that the actuator response only approximates the pressure response of the microphone. Frequency dependent differences of up to 0,3 dB can be expected and should be allowed for in the overall uncertainty budget.

Output signals  $U_1$  and  $U_2$  can be measured conveniently by a two-channel analyser. To reduce the effect of the measuring channel linearity, cross-talk etc. on the measurement uncertainty, it is useful to select the capacitance so that  $U_1 \approx U_2$ , noting that the variation in the acoustic impedance with frequency, makes this possible only within an order of magnitude. When both microphones are type WS2P with nominal pressure sensitivities of 12 mV/Pa, then a capacitor having a nominal value of 100 nF is optimal.

Given the frequency dependence of the acoustic transfer impedance, it is recommended that measurements be made with a frequency resolution of at least 1/12<sup>th</sup>-octaves in the frequency range from 125 Hz to 10 kHz. Appropriate test signals include stepped or swept sinusoids. Broadband noise can also be considered but may not produce the required signal-to-noise ratio.

The acoustic transfer impedance is sensitive to atmospheric pressure, which mainly influences the acoustical compliance of the volumes, and to the temperature which has greatest effect on the acoustical mass. The microphones will also have dependencies on the environment parameters. It is therefore recommended that measurements be performed at the reference environment conditions specified in 6.1, or an allowance be made in the measurement uncertainty for any variation.

## C.2 Measurement uncertainty

Table C.1 lists components of expanded measurement uncertainty and their typical value. This table is intended to be a guide only and should not be used as a substitute for an uncertainty analysis based on a specific measurement set up.

**Table C.1 – Typical components of measurement uncertainty  
in the measurement of acoustic transfer impedance**

| Component of uncertainty                                             | $U_{\text{typ}} (k = 2)$ |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Transmitter microphone sensitivity                                   | 0,2 dB                   |
| Receiver microphone sensitivity                                      | 0,2 dB                   |
| Capacitance (or other reference impedance)                           | 1 nF                     |
| Linearity of voltage measurement system                              | 0,1 dB                   |
| Transmitter microphone equivalent volume                             | 10 mm <sup>3</sup>       |
| Polarisation voltages                                                | 0,1 V                    |
| Temperature – deviation from reference conditions                    | 2 °C                     |
| Atmospheric pressure variation - deviation from reference conditions | 2 kPa                    |
| Cross-talk                                                           | 0,1 dB                   |
| Frequency                                                            | 0,01 %                   |
| Repeatability                                                        | 0,2 dB                   |
| Rounding error                                                       | 0,01 dB                  |

It is estimated that a determination of the acoustic transfer impedance according to this method can achieve an expanded uncertainty with coverage factor  $k = 2$ , of between 0,4 dB and 0,5 dB, depending on the method used to calibrate the microphones and whether measurements can be conducted (or corrected to be) close to the reference atmospheric pressure.

## Bibliography

- [1] IEC 61094-1, *Measurement microphones – Part 1: Specifications for laboratory standard microphones*
  - [2] IEC 61094-2, *Measurement microphones – Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*
  - [3] IEC 61094-6, *Measurement microphones – Part 6: Electrostatic actuators for determination of frequency response*
  - [4] ISO 389-1, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 1: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones*
  - [5] 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*
  - [6] ISO 389-8, *Acoustics – Reference zero for the calibration of audiometric equipment – Part 8: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones*
  - [7] BRÜEL, P.V., FREDERIKSEN, E., and RASMUSSEN, G.: *Artificial ears for the calibration of earphones of the external type*. B & K Tech. Rev. No. 4 (1961) and No. 1 (1962)
  - [8] DELANY, M.E.: *The acoustical impedance of human ears*. J. Sound Vib. 1 (1964), 455.
  - [9] DELANY, M.E., Whittle, L.S., Cook, J.P. and Scott, V.: *Performance studies on a new artificial ear*. Acustica 18 (1967), 231
  - [10] ITHELL, A.H.: *A determination of the acoustical input impedance characteristics of human ears*. Acustica 13 (1963), 311
  - [11] ITHELL, A.H., JOHNSON, E.G.T., and YATES, R.F.: *The acoustical impedance of human ears and a new artificial ear*. Acustica 15 (1965), 109
  - [12] BARHAM, R.G. *et al.* *Measurement of the acoustical impedance of artificial ears*. NPL Report Ac 6. Jul 2008
-

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                  | 28 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                       | 30 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                       | 30 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                       | 30 |
| 4 Construction .....                                                                                                                | 31 |
| 4.1 Généralités .....                                                                                                               | 31 |
| 4.2 Tolérances .....                                                                                                                | 33 |
| 4.3 Egalisation de la pression statique .....                                                                                       | 34 |
| 4.4 Microphone à pression étalonné .....                                                                                            | 34 |
| 4.5 Matériaux .....                                                                                                                 | 35 |
| 4.6 Plan de mesure .....                                                                                                            | 35 |
| 4.7 Impédance acoustique de transfert .....                                                                                         | 35 |
| 5 Couplage de l'écouteur au simulateur d'oreille .....                                                                              | 35 |
| 5.1 Ecouteurs supra-auraux .....                                                                                                    | 35 |
| 5.2 Ecouteurs circumauraux .....                                                                                                    | 36 |
| 6 Etalonnage .....                                                                                                                  | 38 |
| 6.1 Conditions ambiantes de référence .....                                                                                         | 38 |
| 6.2 Méthode d'étalonnage .....                                                                                                      | 38 |
| 7 Incertitude élargie de mesures maximale autorisée .....                                                                           | 38 |
| Annexe A (informative) Réseau électrique à paramètres localisés équivalent au simulateur d'oreille .....                            | 40 |
| Annexe B (informative) Exemple d'une réalisation particulière de simulateur d'oreille .....                                         | 42 |
| Annexe C (informative) Méthode de mesure pour la détermination de l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille ..... | 46 |
| Bibliographie .....                                                                                                                 | 50 |
| Figure 1 – Coupe schématique du simulateur d'oreille configuré pour les écouteurs supra-auraux .....                                | 32 |
| Figure 2 – Coupe schématique du simulateur d'oreille configuré pour les écouteurs circumauraux .....                                | 33 |
| Figure A.1 – Réseau électrique équivalent .....                                                                                     | 40 |
| Figure A.2 – Niveau du module de l'impédance du réseau électrique équivalent .....                                                  | 41 |
| Figure A.3 – Phase de l'impédance du réseau électrique équivalent .....                                                             | 41 |
| Figure B.1 – Exemple d'une réalisation particulière de simulateur d'oreille .....                                                   | 42 |
| Figure B.2 – Adaptateur utilisé pour les écouteurs circumauraux .....                                                               | 43 |
| Figure B.3 – Anneau conique .....                                                                                                   | 44 |
| Figure B.4 – Configuration avec l'adaptateur et l'anneau conique .....                                                              | 45 |
| Figure C.1 – Eléments principaux du système de mesure .....                                                                         | 47 |
| Figure C.2 – Adaptateur du microphone émetteur pour le couplage d'un microphone émetteur avec le simulateur d'oreille .....         | 48 |

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 – Spécifications pour le niveau d'impédance acoustique de transfert.....                                         | 37 |
| Tableau 2 – Valeurs de $U_{\max}$ pour les mesures essentielles .....                                                      | 39 |
| Tableau C.1 – Composantes typiques de l'incertitude de mesure lors du mesurage de l'impédance acoustique de transfert..... | 49 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ÉLECTROACOUSTIQUE – SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –

#### Partie 1: Simulateur d'oreille pour la mesure des écouteurs supra-auraux et circumauraux

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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"). Tout comité national de la CEI intéressé par le sujet traité peut prendre part à ces travaux préliminaires. Des organismes internationaux, gouvernementaux ou non gouvernementaux, opérant en relation avec la CEI participent également à cette élaboration. 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 60318-1 a été établie par le comité d'études 29 de la CEI: Electroacoustique.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1998 et remplace également la CEI 60318-2, publiée en 1998. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- une extension du domaine de fréquences à 16 kHz;
- une spécification révisée pour l'impédance acoustique de transfert, y compris les tolérances;
- une méthode pour la mesure de l'impédance acoustique de transfert;

- des incertitudes de mesure élargies.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 29/683/FDIS | 29/698/RVD      |

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, présentées sous le titre général *Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

# ÉLECTROACOUSTIQUE – SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –

## Partie 1: Simulateur d'oreille pour la mesure des écouteurs supra-auraux et circumauraux

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60318 donne les spécifications d'un simulateur d'oreille pour la mesure des écouteurs supra-auraux et circumauraux (utilisés, par exemple, en audiométrie et téléphonométrie) appliqués sur l'oreille sans fuite acoustique, dans le domaine de fréquence compris entre 20 Hz et 10 kHz. Le même dispositif peut être utilisé en tant que coupleur acoustique à des fréquences supplémentaires allant jusqu'à 16 kHz.

NOTE 1 Ce dispositif a des configurations alternatives pour les écouteurs supra-auraux et pour différents types d'écouteurs circumauraux. En pratique, les configurations alternatives peuvent être réalisées en utilisant des adaptateurs lorsqu'il est nécessaire.

NOTE 2 La répétabilité pour les écouteurs supra-auraux et circumauraux peut devenir sensiblement plus mauvaise aux fréquences supérieures à 10 kHz.

### 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, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM: 1995) (disponible uniquement en anglais)

### 3 Termes et définitions

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

#### 3.1

##### **simulateur d'oreille**

dispositif prévu pour mesurer la sortie acoustique des sources sonores, la pression sonore étant mesurée par un microphone étalonné couplé à la source de sorte que l'impédance acoustique globale du dispositif soit une approximation de celle de l'oreille humaine normale en un endroit donné et dans une bande de fréquences donnée

#### 3.2

##### **coupleur acoustique**

dispositif prévu pour mesurer la sortie acoustique des sources sonores, la pression sonore étant mesurée par un microphone étalonné, couplé à la source par une cavité de forme et volume prédéterminés, qui n'est pas nécessairement une approximation de l'impédance acoustique de l'oreille humaine normale

**3.3****écouteur supra-aural**

écouteur appliqué sur l'oreille externe et conçu pour être posé sur le pavillon

**3.4****écouteur circumaural**

écouteur qui entoure le pavillon et repose sur la surface externe de la tête

NOTE Le contact avec la tête est normalement maintenu par des coussins élastiques. Les écouteurs circumauraux peuvent toucher le pavillon, mais ne le compriment pas de manière significative.

**3.5****impédance acoustique**

sur une surface spécifiée, quotient de la pression acoustique par le flux de vitesse à travers cette surface

NOTE Unité:  $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ .

**3.6****impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille**

quotient de la pression acoustique agissant sur la membrane du microphone par le flux de vitesse à travers la surface plane délimitée par le bord supérieur du simulateur d'oreille

NOTE Unité:  $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ .

**3.7****niveau de l'impédance acoustique de transfert**

dix fois le logarithme décimal du quotient de la valeur absolue (module) du carré de l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille par le carré de l'impédance acoustique de transfert de référence égale à un pascal seconde par mètre cube ( $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ )

NOTE Unité: décibel (dB).

**4 Construction****4.1 Généralités**

Pour les mesures des écouteurs supra-auraux, il est exigé que le simulateur d'oreille ait une configuration externe différente de celle utilisée pour l'étalonnage des écouteurs circumauraux. À part cela, les autres spécifications s'appliquent aux deux types d'écouteurs.

Dans le cas des écouteurs supra-auraux, les bords de la surface de couplage du simulateur d'oreille sont inclinés pour s'adapter aux coussins des écouteurs. Dans le cas des écouteurs circumauraux, une surface de couplage plane est spécifiée pour convenir à la variété de conceptions d'écouteurs qui peuvent être rencontrées. La configuration d'un simulateur d'oreille pour les écouteurs supra-auraux est montrée à la Figure 1, tandis que celle pour les écouteurs circumauraux est montrée à la Figure 2.

À l'intérieur, le simulateur d'oreille est composé de trois cavités couplées acoustiquement. La première cavité est de forme conique et abrite le microphone sur sa surface inférieure. Les dimensions clés de la cavité primaire et l'élasticité acoustique de chaque cavité sont précisées à la Figure 1 (et reprises à la Figure 2). Les cavités secondaires sont couplées à la cavité primaire par des éléments ayant des masses et des résistances acoustiques. Les éléments de couplage définis sous forme de paramètres localisés doivent avoir les valeurs suivantes:

$$M_{a2} = 4,5 \times 10^2 \text{ Pa} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

$$M_{a3} = 1,06 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$$

$$R_{a2} = 6,05 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$$

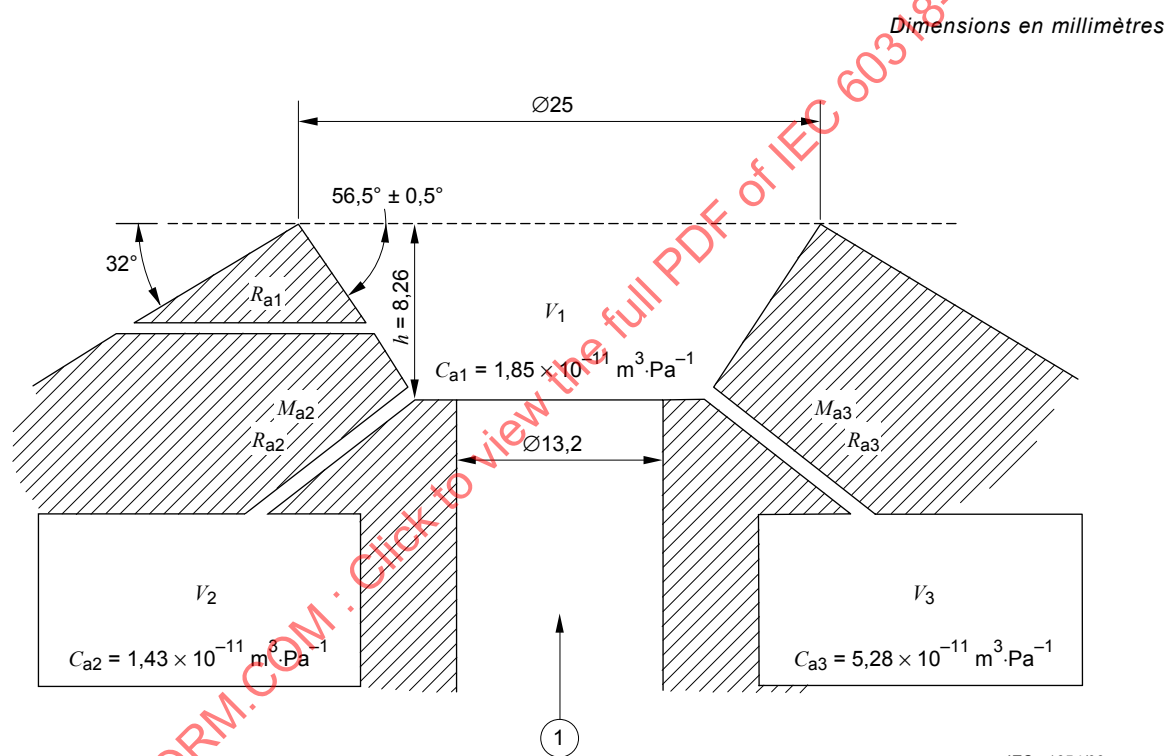
$$R_{a3} = 2 \times 10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$$

$M_{a2}$  et  $M_{a3}$  représentent des masses acoustiques,  $R_{a2}$  et  $R_{a3}$  représentent des résistances acoustiques. Ces valeurs sont applicables dans les conditions ambiantes de référence et sont soumises aux tolérances de 4.2.

Un mécanisme d'égalisation de la pression ( $R_{a1}$ ) est inclus.

Un circuit électrique équivalent au simulateur d'oreille est donné à l'Annexe A.

La construction générale du coupleur et la fixation du microphone doivent viser à réduire la réponse de n'importe quel écouteur aux vibrations ou aux sons extérieurs à la cavité.



#### Légende

1 microphone

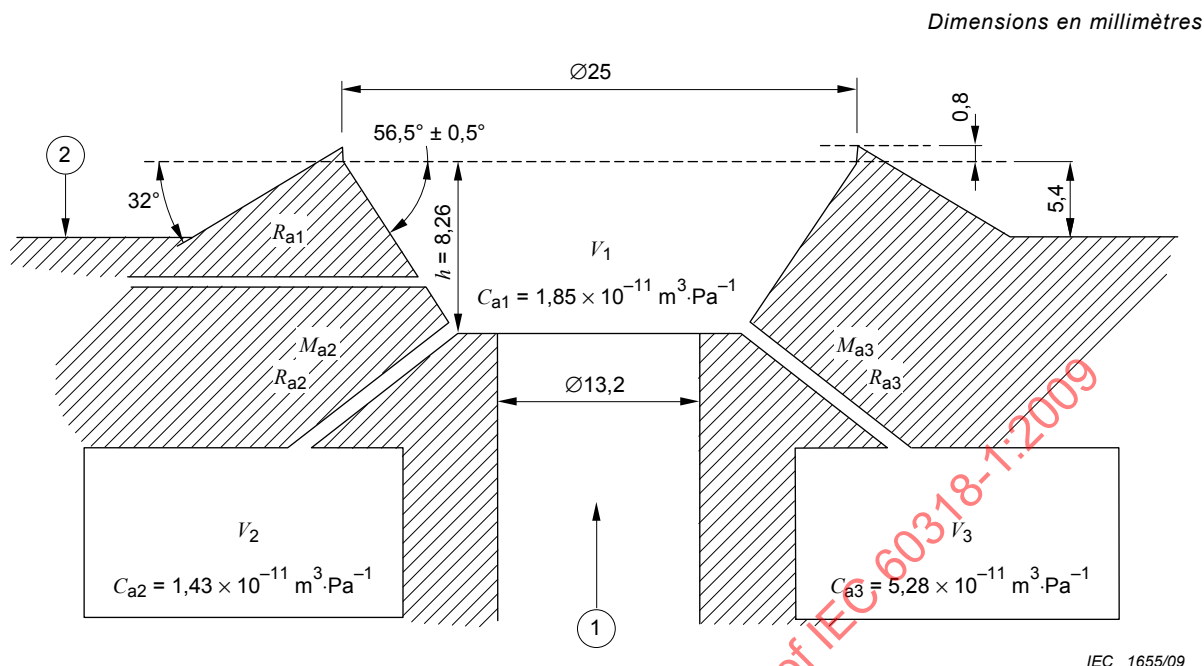
NOTE 1 Le volume de la cavité  $V_1$  inclut le volume effectif total de la capsule microphonique, une correction correspondant à la présence d'une grille de protection étant également prise en compte.

NOTE 2 L'élasticité acoustique des cavités peut dépendre de la forme, aussi bien que du volume.

NOTE 3 Les tolérances sur les dimensions sont données au 4.2

**Figure 1 – Coupe schématique du simulateur d'oreille configuré pour les écouteurs supra-auraux**

Un simulateur d'oreille, dont l'unique configuration possible est celle montrée à la Figure 1, mais qui satisfait à l'intégralité des autres spécifications de la présente norme, doit être considéré comme étant conforme à la présente partie de la CEI 60318 uniquement pour ce qui concerne les écouteurs supra-auraux.



### Légende

- 1 microphone
- 2 surface de couplage plate

NOTE 1 Il convient de marquer la face externe de la surface plane avec une série d'anneaux concentriques avec l'ouverture du simulateur d'oreille pour faciliter l'alignement de l'écouteur.

NOTE 2 Le bord de 0,8 mm à l'entrée du simulateur d'oreille est un artéfact d'une réalisation pratique typique de cette configuration, où une plaque adaptatrice plate est insérée entre le corps du simulateur d'oreille et un anneau conique amovible (voir l'Annexe B pour des détails).

NOTE 3 Les tolérances sur les dimensions sont données au 4.2.

**Figure 2 – Coupe schématique du simulateur d'oreille configuré pour les écouteurs circumauraux**

Les dimensions de la surface de couplage plate ne sont pas critiques, mais doivent être choisies de façon à être adaptées à la gamme des écouteurs circumauraux mesurés (avec leurs serre-têtes, le cas échéant), en tenant compte du fait que ceux-ci sont souvent non circulaires. Une taille d'approximativement 100 mm × 120 mm est appropriée.

Un simulateur d'oreille, dont l'unique configuration possible est celle montrée à la Figure 2, mais qui satisfait à l'intégralité des autres spécifications de la présente norme, doit être considéré comme étant conforme à la présente partie de la CEI 60318 uniquement pour ce qui concerne les écouteurs circumauraux.

L'Annexe B présente un exemple de conception de simulateur d'oreille, y compris l'adaptateur pour passer d'une configuration pour écouteurs supra-auraux à une configuration pour écouteurs circumauraux.

## 4.2 Tolérances

Les tolérances spécifiées suivantes sont données pour la fabrication du simulateur d'oreille et ne sont pas soumises normalement aux vérifications des laboratoires d'essai. Les dimensions spécifiées déterminent l'impédance acoustique de transfert du dispositif, qui peut être soumise à l'essai pour la conformité (voir 4.7).

La distance  $h$  comprise entre un plan passant par le bord supérieur du simulateur d'oreille et la membrane du microphone doit être de  $8,26 \text{ mm} \pm 0,30 \text{ mm}$ .

Les autres dimensions linéaires spécifiées doivent avoir une tolérance de  $\pm 0,3 \text{ mm}$ .

La tolérance sur les angles de  $56,5^\circ$  doit être de  $\pm 0,5^\circ$ .

La tolérance sur les angles de  $32^\circ$  doit être de  $^{+3^\circ}_{-1^\circ}$ .

Les élasticités, masses et résistances acoustiques doivent comporter une tolérance relative de  $\pm 10 \%$ .

### 4.3 Egalisation de la pression statique

Toute modification de la pression statique à l'intérieur du simulateur d'oreille, due au montage de l'écouteur avec la cavité et le microphone, doit décroître vers la pression statique ambiante avec une constante de temps inférieure à  $1,5 \text{ s}$ . Si cela nécessite l'introduction d'une fuite contrôlée dans le simulateur d'oreille, celle-ci doit présenter les caractéristiques suivantes:

- a) elle ne doit pas modifier le volume total de la cavité de plus de  $20 \text{ mm}^3$ ;
- b) elle doit atténuer les sons extérieurs atteignant la cavité, avec l'entrée bloquée, d'au moins  $16 \text{ dB}$  à  $100 \text{ Hz}$ , avec une augmentation de  $6 \text{ dB}$  par octave lorsque la fréquence augmente.

NOTE 1 Cette spécification pour l'égalisation de la pression statique est équivalente à une valeur nominale pour  $R_{a1}$  de  $500 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ .

NOTE 2 L'égalisation peut être réalisée, par exemple, au moyen d'un tube capillaire ayant un diamètre de  $0,3 \text{ mm}$  et une longueur de  $9 \text{ mm}$ .

### 4.4 Microphone à pression étalonné

Un microphone étalonné est placé à la base de la cavité  $V_1$ . L'impédance acoustique de la membrane du microphone doit être élevée, de telle sorte que le volume équivalent soit inférieur à  $20 \text{ mm}^3$  dans la bande de fréquences spécifiée.

Dans la bande de fréquences de  $20 \text{ Hz}$  à  $10 \text{ kHz}$ , le niveau d'efficacité globale en pression du microphone et du système de mesure associé doit être connu avec une incertitude ne dépassant pas  $0,2 \text{ dB}$  pour un niveau de confiance de  $95 \%$ . Le microphone doit être couplé sans fuite au volume  $V_1$  avec une grille de protection. Le microphone doit être conforme aux exigences de la CEI 61094-4 pour un microphone de type WS2P.

Pour des mesures à des fréquences supérieures à  $10 \text{ kHz}$ , le niveau d'efficacité globale en pression du microphone et du système de mesure associé doit être connu avec une incertitude ne dépassant pas  $0,5 \text{ dB}$  pour un niveau de confiance de  $95 \%$ , sur toute la bande de fréquences spécifiée. De plus, il ne doit pas y avoir de grille de protection ou autre obstruction entre la membrane du microphone et la cavité  $V_1$ .

La marque et le modèle du microphone doivent être spécifiés, ainsi que tout adaptateur utilisé.

NOTE 1 L'obstruction causée par la grille de protection peut créer des non-uniformités dans la pression acoustique qui agit sur la membrane du microphone.

NOTE 2 Un microphone conforme aux exigences de la CEI 61094-1 [1]<sup>1</sup> pour un microphone de type LS2aP fournit une configuration adaptée pour une utilisation aux fréquences supérieures à 10 kHz. Pour certains modèles de microphones de type WS2P, le fabricant fournit un anneau à utiliser à la place de la grille, ce qui permet la conversion en microphone de type LS2aP.

#### 4.5 Matériaux

Le simulateur d'oreille et les adaptateurs doivent être construits en un matériau qui n'a pas d'influences négatives sur les performances. Par exemple, il convient que le matériau soit dur du point de vue acoustique et stable du point de vue dimensionnel.

#### 4.6 Plan de mesure

Il doit être compris que le plan de la membrane du microphone représente l'entrée du conduit auditif d'une oreille humaine moyenne, pour des fréquences jusqu'à 10 kHz. Pour des fréquences supérieures, le dispositif peut être considéré uniquement comme un coupleur acoustique qui n'a pas de relation directe avec le conduit auditif des oreilles humaines moyennes.

#### 4.7 Impédance acoustique de transfert

Dans la gamme de fréquences inférieure à 10 kHz, le simulateur d'oreilles est conçu de telle sorte que son impédance acoustique de transfert soit égale à l'impédance d'entrée d'une oreille humaine moyenne en conditions d'étanchéité. Dans les conditions ambiantes de référence, le simulateur d'oreille doit réaliser le couplage entre un écouteur appliqué et le microphone avec une impédance acoustique de transfert donnée au Tableau 1. La tolérance à la fréquence spécifiée au Tableau 1 est de 0,1 %.

NOTE 1 L'impédance acoustique de transfert est spécifiée, car pour des raisons pratiques les positions de l'écouteur et du microphone sont séparées physiquement à l'intérieur du simulateur d'oreille. La modélisation de l'impédance d'entrée acoustique des oreilles réelles par l'impédance acoustique de transfert du simulateur d'oreille entraîne que la pression acoustique mesurée par le microphone représente la pression acoustique appliquée à l'entrée du conduit auditif.

NOTE 2 L'impédance acoustique d'un écouteur appliqué sera ajoutée en parallèle à l'impédance acoustique de transfert spécifiée, lorsque l'écouteur est modélisé par une source de flux de vitesse en parallèle avec l'impédance acoustique de l'écouteur.

NOTE 3 La spécification est donnée uniquement dans la bande de fréquences dans laquelle le dispositif se comporte comme un simulateur d'oreille.

L'Annexe C présente les détails d'une méthode pour déterminer l'impédance acoustique de transfert. Avant de décider si un dispositif est conforme à cette spécification, la tolérance spécifiée doit être diminuée d'une valeur égale à l'incertitude élargie de la mesure.

### 5 Couplage de l'écouteur au simulateur d'oreille

#### 5.1 Écouteurs supra-auraux

Les écouteurs supra-auraux doivent être mesurés avec le simulateur d'oreille dont la configuration est donnée à la Figure 1.

L'écouteur soumis à la mesure doit être appliqué sur le simulateur d'oreille sans fuite acoustique, avec une force de  $4,5 \text{ N} \pm 0,5 \text{ N}$ , sans compter le poids de l'écouteur lui-même. Si, pour un écouteur particulier, une force de couplage différente est spécifiée, celle-ci doit être précisée.

L'écouteur ne doit pas reposer sur la surface conique extérieure du simulateur d'oreille, mais uniquement sur le bord supérieur.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

Dans le cas d'écouteurs équipés d'un coussin d'oreille fait dans un matériau dur, une couche mince d'un matériau assurant l'étanchéité ou un anneau de faible épaisseur en caoutchouc souple doit être disposé sur le rebord afin de réaliser un joint efficace entre l'écouteur et le bord supérieur du coupleur.

## **5.2 Ecouteurs circumauraux**

Les écouteurs circumauraux doivent être mesurés avec le simulateur d'oreille dont la configuration est donnée à la Figure 2.

L'écouteur doit être placé de façon symétrique. Pour les écouteurs ayant un coussin asymétrique, la manière de positionnement sur le coupleur doit être indiquée par le fabricant. La force de couplage appliquée pour l'étalonnage doit être indiquée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

**Tableau 1 – Spécifications pour le niveau d'impédance acoustique de transfert**

| Fréquence<br>Hz | Niveau d'impédance<br>(ref. 1 Pa·s·m <sup>-3</sup> )<br>dB | Tolérance sur le<br>niveau<br>± dB |
|-----------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 100             | 145,8                                                      | 1,5                                |
| 126             | 144,4                                                      | 1,5                                |
| 158             | 143,2                                                      | 1,5                                |
| 200             | 143,0                                                      | 1,5                                |
| 251             | 143,5                                                      | 1,5                                |
| 316             | 144,1                                                      | 1,5                                |
| 398             | 143,4                                                      | 1,5                                |
| 501             | 141,4                                                      | 1,5                                |
| 631             | 139,0                                                      | 1,5                                |
| 750*            | 137,2                                                      | 1,5                                |
| 794             | 136,6                                                      | 1,5                                |
| 1 000           | 134,4                                                      | 1,5                                |
| 1 259           | 132,5                                                      | 1,5                                |
| 1 500*          | 131,4                                                      | 1,5                                |
| 1 585           | 131,1                                                      | 1,5                                |
| 1 995           | 131,5                                                      | 1,5                                |
| 2 512           | 131,5                                                      | 1,5                                |
| 3 000*          | 130,8                                                      | 1,5                                |
| 3 162           | 130,6                                                      | 1,5                                |
| 3 982           | 128,5                                                      | 1,5                                |
| 5 012           | 126,0                                                      | 1,5                                |
| 6 000*          | 124,0                                                      | 1,5                                |
| 6 310           | 123,6                                                      | 1,5                                |
| 7 943           | 121,1                                                      | 1,5                                |
| 9 000*          | 119,9                                                      | 1,5                                |
| 10 000          | 118,5                                                      | 1,5                                |

NOTE 1 Les valeurs de fréquence dans le Tableau 1 sont calculées avec la formule  $1\,000 \times 10^{n/10}$ , où  $n$  est un nombre entier positif ou négatif, ou zéro, à l'exception des valeurs marquées par le symbole \*, qui sont utilisées spécifiquement en audiométrie.

NOTE 2 Il n'est pas facile de mesurer le niveau de l'impédance acoustique de transfert en dessous de 100 Hz avec la méthode de mesure décrite à l'Annexe C, à cause des effets provoqués par une configuration de mesure qui n'est pas parfaitement étanche. Cependant, l'impédance acoustique de transfert entre 20 Hz et 125 Hz est régie principalement par les éléments volumétriques du simulateur d'oreille, et leur contribution à l'impédance acoustique de transfert globale peut être validée par des mesures à des fréquences plus hautes.

## 6 Etalonnage

### 6.1 Conditions ambiantes de référence

Les conditions ambiantes de référence sont les suivantes:

- pression statique: 101 325 kPa
- température: 23 °C
- humidité relative: 50 %

### 6.2 Méthode d'étalonnage

Le fabricant doit décrire dans le manuel d'instructions la méthode pour l'étalonnage du simulateur d'oreille complet, y compris le microphone, et pour déterminer la stabilité.

La grandeur à mesurer et la méthode d'étalonnage peuvent varier en fonction de l'application prévue.

L'étalonnage doit être réalisé aux conditions ambiantes de référence avec les tolérances suivantes:

- pression statique:  $\pm 3$  kPa
- température:  $\pm 3$  °C
- taux d'humidité relative:  $\pm 20$  %

S'il n'est pas possible de satisfaire à ces exigences, ou si l'application demande d'autres conditions, les valeurs réelles doivent être indiquées.

## 7 Incertitude élargie de mesures maximale autorisée

Le Tableau 2 spécifie l'incertitude élargie maximale autorisée  $U_{\max}$ , calculée avec un facteur d'élargissement de  $k = 2$  pour obtenir un niveau de confiance d'environ 95 %, associée aux mesures effectuées dans la présente norme, conformément au Guide ISO/CEI 98-3. Un ensemble de valeurs pour  $U_{\max}$  est donné pour les mesures essentielles pour l'approbation du modèle.

Les incertitudes élargies de mesures données dans le Tableau 2 sont les valeurs maximales autorisées pour la démonstration de conformité aux exigences de la présente norme. Si l'incertitude élargie réelle d'une mesure réalisée par le laboratoire d'essai dépasse la valeur autorisée maximale du 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  $U_{\max}$  pour les mesures essentielles**

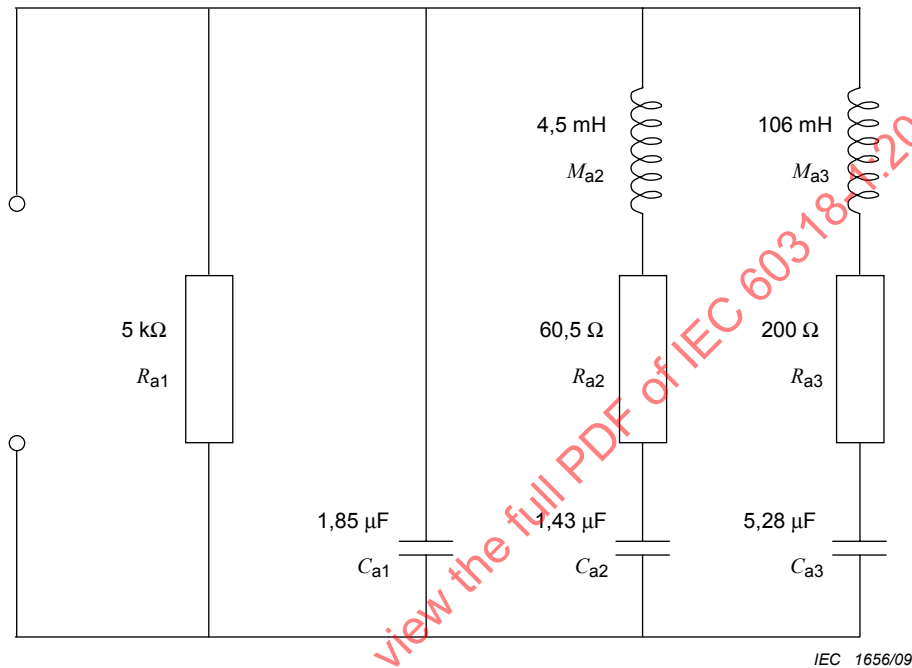
| Quantité mesurée                                            | Numéro du paragraphe correspondant | $U_{\max}$ ( $k = 2$ ) |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Paramètre localisé de l'impédance acoustique                | 4.1                                | 5 %                    |
| Angle                                                       | 4.1, 4.2, 5.1, 5.2                 | 0,2°                   |
| Dimensions linéaires                                        | 4.1, 4.2, 5.1, 5.2                 | 0,10 mm                |
| Constante de temps de l'égalisation de la pression statique | 4.3                                | 0,1 s                  |
| Affaiblissement du son                                      | 4.3                                | 0,1 dB                 |
| Volume équivalent du microphone                             | 4.4                                | 5 mm <sup>3</sup>      |
| Niveau d'efficacité du microphone ( $\leq 10$ kHz)          | 4.4                                | 0,2 dB                 |
| Niveau d'efficacité du microphone ( $> 10$ kHz)             | 4.4                                | 0,5 dB                 |
| Niveau du module de l'impédance acoustique de transfert     | 4.7                                | 0,5 dB                 |
| Fréquence                                                   | 4.7                                | 0,03 %                 |
| Pression ambiante                                           | 7.2                                | 0,1 kPa                |
| Température                                                 | 7.2                                | 0,5 °C                 |
| Taux d'humidité relative                                    | 7.2                                | 5 %                    |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-1:2009

## Annexe A (informative)

### Réseau électrique à paramètres localisés équivalent au simulateur d'oreille

Dans cette analogie, un ohm électrique correspond à  $10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ .



**Figure A.1 – Réseau électrique équivalent**

Des déterminations indépendantes (voir [8], [10], [11]) de l'impédance acoustique de l'oreille humaine moyenne, en l'absence de fuites, ont été réalisées; elles couvraient différentes formes de coussins d'écouteur utilisés sur des écouteurs audiométriques. Dans chaque cas, un réseau équivalent du type représenté à la Figure A.1 a été déterminé, les valeurs des éléments étant ajustées de façon à obtenir une adaptation optimale aux valeurs d'impédance mesurées. Des simulateurs d'oreille ont été conçus et fabriqués ensuite, conformément à ces paramètres optimisés.

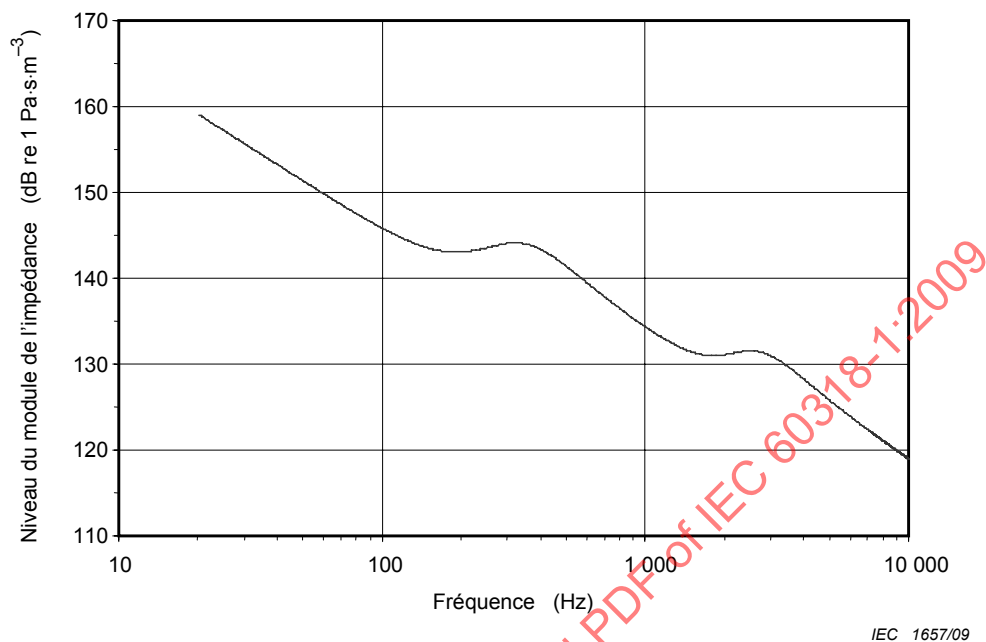
Le modèle de la Figure A.1 prend pour hypothèse que la pression acoustique est spatialement uniforme dans la cavité  $V_1$ . Il s'ensuit que l'impédance acoustique de transfert entre la membrane du microphone et le plan où est appliquée la source sonore, est dans ce modèle contrainte d'être la même que l'impédance d'entrée acoustique du simulateur d'oreille. Toutefois, l'hypothèse d'uniformité spatiale, et de ce fait, le modèle dans son ensemble, ont une validité limitée à des fréquences supérieures à environ 5 kHz.

NOTE 1 Dans le cas où il serait nécessaire de réaliser le circuit, le facteur d'échelle indiqué donne des valeurs réalistes pour les composants électriques. Cependant, si la réponse est à évaluer de manière analytique, le facteur d'échelle n'est pas nécessaire et des composants ayant les valeurs des paramètres acoustiques peuvent être utilisés directement pour générer des données équivalentes à celles présentées au Tableau 1.

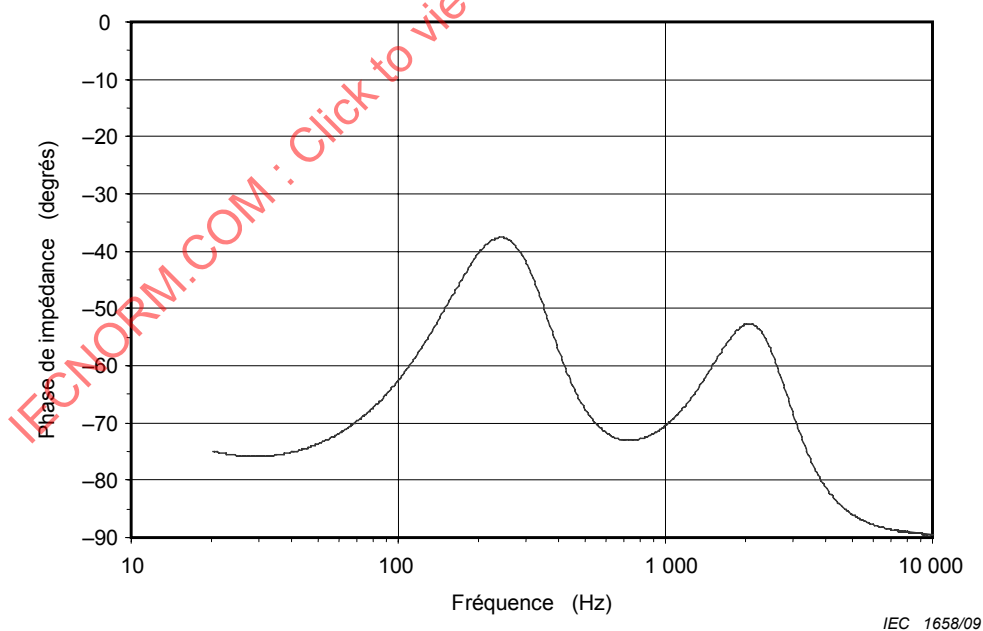
NOTE 2 Le modèle à paramètres localisés n'est pas une représentation précise des dispositifs réels. Par exemple, les éléments correspondant aux élasticités acoustiques des cavités peuvent différer de ceux calculés à partir du volume des dites cavités. Des effets, tels que la conduction thermique, qui dépend aussi bien de la forme que du volume, peuvent générer des différences.

NOTE 3 Le modèle à paramètres localisés est un outil utile en vue de la conception de nouveaux modèles de simulateurs d'oreilles. Cependant, en raison de ses limites, il ne peut pas être utilisé comme base pour la spécification de l'impédance acoustique de transfert.

Les Figures A.2 et A.3 ci-après, représentent respectivement le niveau du module de l'impédance du réseau électrique équivalent et la phase de l'impédance du réseau électrique équivalent.



**Figure A.2 – Niveau du module de l'impédance du réseau électrique équivalent**



**Figure A.3 – Phase de l'impédance du réseau électrique équivalent**