

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Electroacoustics – Simulators of human head and ear –  
Part 8: Acoustic coupler for high-frequency measurements of hearing aids and  
earphones coupled to the ear by means of ear inserts**

**Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –  
Partie 8: Coupleur acoustique pour les mesurages à hautes fréquences des  
appareils de correction auditive et des écouteurs couplés à l'oreille par des  
embouts**



**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2022 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[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 corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

#### [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Electroacoustics – Simulators of human head and ear –  
Part 8: Acoustic coupler for high-frequency measurements of hearing aids and  
earphones coupled to the ear by means of ear inserts**

**Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –  
Partie 8: Coupleur acoustique pour les mesurages à hautes fréquences des  
appareils de correction auditive et des écouteurs couplés à l'oreille par des  
embouts**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-1092-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms, definitions and abbreviated terms .....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms.....	8
4 Mechanical design of the 0,4 cm <sup>3</sup> coupler .....	8
4.1 General.....	8
4.1.1 Overall design guidelines.....	8
4.1.2 Acceptance limits.....	9
4.2 Cavity dimensions.....	9
4.2.1 Critical dimensions .....	9
4.2.2 Effective coupler volume and cavity dimensions .....	9
4.3 Verification procedure of the effective coupler volume .....	9
4.4 Microphone .....	9
4.4.1 General .....	9
4.4.2 Microphone type .....	9
4.5 Static pressure equalisation vent .....	10
4.6 Acoustic transfer impedance level.....	10
5 Calibration.....	10
5.1 Reference environmental conditions .....	10
5.2 Method of calibration .....	10
6 Coupling of receivers and hearing aids to the coupler.....	11
6.1 Coupling to a hearing aid receiver by means of tubing .....	11
6.2 Coupling to a hearing aid embedded in or connected to an earmould.....	11
6.3 Coupling to a receiver in the canal (RIC).....	12
6.4 Coupling to a BTE hearing aid with 2 mm continuous internal diameter tubing .....	13
6.5 Coupling to a BTE hearing aid with earmould simulator.....	14
6.6 Coupling to a BTE hearing aid with thin acoustic coupling tubing .....	15
7 Maximum permitted expanded uncertainty for coupler conformance testing .....	16
Annex A (informative) Example of a method for verification of the effective volume of the coupler .....	18
A.1 Method for verification of the effective volume of the coupler .....	18
A.2 Measurement uncertainty.....	19
Annex B (informative) Example of a method for the measurement of the acoustic transfer impedance of the 0,4 cm <sup>3</sup> coupler .....	20
B.1 Measurement procedure .....	20
B.1.1 Acoustic transfer impedance.....	20
B.1.2 Setup for measuring the coupler acoustic transfer impedance .....	21
B.2 Typical coupler acoustic transfer impedance.....	22
B.3 Measurement uncertainty.....	24
Annex C (informative) Example of one specific design of the coupler.....	25
Annex D (informative) Electrical analogue representation of the coupler as a tube model .....	26

Annex E (informative) Example assessments of conformance to specifications of this document .....	31
E.1 General.....	31
E.2 Conformance criteria.....	31
E.3 Example test results .....	31
Bibliography.....	34
Figure 1 – Coupling to a hearing aid receiver by means of coupling tubing .....	11
Figure 2 – Coupling to an ITE, ITC, or CIC.....	12
Figure 3 – Coupling to a receiver in the canal (RIC).....	13
Figure 4 – Coupling to a BTE hearing aid with 2 mm continuous internal diameter coupling tubing .....	14
Figure 5 – Coupling to a BTE hearing aid with earmould simulator.....	15
Figure 6 – Coupling to a BTE hearing aid with thin coupling tubing .....	16
Figure 7 – Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement.....	17
Figure A.1 – Measurement setup for coupler volume measurement.....	19
Figure B.1 – Test set-up for measuring the coupler acoustic transfer impedance .....	22
Figure B.2 – Typical coupler acoustic transfer impedance.....	22
Figure B.3 – Typical acoustic transfer impedance times frequency.....	23
Figure C.1 – Example of a specific design of the 0,4 cm <sup>3</sup> coupler, shown with removable coupling plate with a nipple for the attachment of coupling tubing .....	25
Figure D.1 – Electrical analogue of the coupler as a lossy transmission line tube with lossy terminations.....	26
Figure D.2 – Transfer impedance model vs. measurements .....	29
Figure D.3 – Equivalent volume calculated from the model vs. measurements .....	29
Figure D.4 – Model predictions of coupler impedance .....	30
Figure E.1 – Examples of assessment of conformance .....	33
Table 1 – The acoustic transfer impedance level modulus and the associated acceptance intervals.....	10
Table 2 – Values of $U_{\max}$ for measurements .....	17
Table A.1 – Typical components of measurement uncertainty in the measurement of effective volume.....	19
Table B.1 – Typical acoustic transfer impedance values .....	23
Table B.2 – Typical components of measurement uncertainty in the measurement of acoustic transfer impedance .....	24
Table D.1 – List of constants .....	28
Table E.1 – Examples of assessment of conformance.....	32

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –****Part 8: Acoustic coupler for high-frequency measurements of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts**

## FOREWORD

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

IEC 60318-8 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
29/1111/FDIS	29/1117/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available

at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 60318 series, published 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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022

## INTRODUCTION

Advancement in hearing aid design makes it possible to increase the bandwidth of hearing aids up to 16 kHz.

The 2 cm<sup>3</sup> coupler as described in IEC 60318-5 [1]<sup>1</sup> is suitable for measurements up to 8 kHz. At frequencies above 8 kHz, high measurement uncertainty will occur in earphone responses, due to acoustic resonances in the coupler.

The occluded-ear simulator as described in IEC 60318-4 [2] simulates the human external ear up to 10 kHz and can be used as an acoustic coupler up to 16 kHz. It is designed with a principal cavity length which produces a half-wavelength resonance of the sound pressure at approximately 13,5 kHz. This resonance, which is also present in a person's ear canal but more controlled by the tympanic membrane, can also cause measurement uncertainty in earphone responses above 10 kHz.

Accordingly, there is a need for a well-defined and robust acoustic coupler to be used by designers of transducers (receiver, earphone), and by the designer and dispensers of hearing aids when making measurements on earphones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz.

The sound pressure developed by an earphone is, in general, not the same in an acoustic coupler as in a person's ear. However, results obtained with an acoustic coupler can be used as a simple and ready means for the exchange of specifications and test data on hearing aids and insert earphones used in audiometry.

This document describes an acoustic coupler for loading a hearing aid or insert earphone with a specified acoustic impedance when testing acoustic performance, in the frequency range up to 16 kHz, as required in IEC 60118-0 [3].

---

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

## ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –

### Part 8: Acoustic coupler for high-frequency measurements of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts

#### 1 Scope

This part of IEC 60318 describes an acoustic coupler for loading a hearing aid or insert earphone with a specified acoustic impedance when testing its acoustic performance, in the frequency range up to 16 kHz. It is suitable for air-conduction hearing aids and earphones, coupled to the ear by means of ear inserts, earmoulds or similar devices.

The acoustic coupler does not simulate the human ear. However, it has an effective volume of only 0,4 cm<sup>3</sup>, which is small enough not to produce significant resonances in the coupler in the frequency range below 16 kHz. Therefore, it will load the earphone with a known acoustic impedance, which allows repeatable measurements with low uncertainty to be obtained on earphones used in extended high-frequency audiometry.

#### 2 Normative references

There are no normative references in this document.

#### 3 Terms, definitions and abbreviated terms

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

##### 3.1 Terms and definitions

###### 3.1.1

###### **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 acoustic impedance of the normal human ear

###### 3.1.2

###### **earmould simulator**

ear insert simulator

insert which terminates the entrance of the acoustic coupler and provides for passage of sound into the acoustic coupler through an opening on its axis

###### 3.1.3

###### **reference plane**

plane perpendicular to the axis of the cavity of the acoustic coupler, chosen to pass through the position normally occupied by the tip of an earmould

### 3.1.4

#### **acoustic transfer impedance**

quotient of sound pressure at the diaphragm of the acoustic coupler's microphone by the volume velocity through the reference plane

### 3.1.5

#### **reference cavity**

cylindrical cavity with the same nominal diameter and volume as the acoustic coupler under test, establishing a volume that can be measured using precision dimensional measurements

### 3.1.6

#### **effective coupler volume**

equivalent volume of air of the acoustic compliance of the coupler formed by the cavity and the microphone at a frequency of 250 Hz

### 3.1.7

#### **effective length of coupling tubing**

length of the coupling tubing that extends from the output of the receiver or BTE ear hook to the coupler reference plane

Note 1 to entry: The actual length of tubing used can deviate from the effective length of coupling tubing, for example, (a) the overlap resulting from the connection to the ear hook or hearing aid receiver can increase the actual length of tubing used, whereas (b) connection to the nipple of the coupling plate or earmould simulator, which is considered part of the effective length of coupling tubing, can reduce the actual length of tubing used accordingly. See Figure 1, Figure 4 and Figure 5.

## 3.2 Abbreviated terms

CIC	completely-in-the-canal
ITC	in-the-canal
IIC	invisible-in-the-canal
ITE	in-the-ear
BTE	behind-the-ear
RIC	receiver-in-the-canal
SPL	sound pressure level

## 4 Mechanical design of the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler

### 4.1 General

#### 4.1.1 Overall design guidelines

The coupler consists essentially of a cylindrical cavity whose effective coupler volume is nominally 400 mm<sup>3</sup>. A microphone with a diaphragm having high acoustic impedance is located in the base of the cylindrical cavity. A protection grid can be fitted but it is not required. The microphone measures the sound pressure level (SPL) in the coupler.

The coupler shall be made of a material that has no negative influences on its performance. For example, it should be acoustically hard and dimensionally stable. The general construction of the coupler and mounting of the microphone shall be designed to reduce the response to vibration of any earphone or to sound outside the cavity.

The external diameter of the coupler should be kept as small as possible in order to minimise diffraction errors which can affect the measurements when the coupler is placed in a sound field. See Annex C.

NOTE Due to the small effective volume, the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler produces a sound pressure level output at 1 kHz that is approximately 14 dB higher than data obtained with the 2 cm<sup>3</sup> coupler, under the same conditions using an earphone with high source impedance and small coupling volume.

#### 4.1.2 Acceptance limits

Acceptance limits in this document include allowances for design, manufacturing and ageing. In subsequent subclauses, acceptance limits are provided for allowable values of measured deviations from design goals. All specifications concerning conformity with the requirements of this standard are given as acceptance limits. Annex E describes example assessments of conformance to specifications of this document.

### 4.2 Cavity dimensions

#### 4.2.1 Critical dimensions

The critical dimensions of the coupler are those which determine the shape and the volume of the cavity terminated by a measurement microphone, and the static pressure equalisation vent.

#### 4.2.2 Effective coupler volume and cavity dimensions

The effective coupler volume shall be 400 mm<sup>3</sup> ± 6 mm<sup>3</sup>.

Any contributions to the cavity volume arising from sources other than the cavity itself, such as the front cavity and impedance of the measurement microphone, the static-pressure equalisation vent and any microphone insertion stop fitted, shall be included in the effective coupler volume. Therefore, the height of the cylindrical cavity should be designed such that the effective coupler volume conforms to the requirement for all microphone models intended for use with the coupler.

The diameter  $d_1$  of the cylindrical coupler cavity shall be 9,45 mm ± 0,04 mm.

### 4.3 Verification procedure of the effective coupler volume

The effective volume of the coupler shall be verified with an expanded uncertainty that is less than the maximum permitted uncertainty specified in Table 2.

One means of verifying the effective volume is given in Annex A.

### 4.4 Microphone

#### 4.4.1 General

A calibrated microphone shall be fitted with the diaphragm mounted centrally in the base of the coupler. The effective volume of the coupler shall include the contribution from the microphone, and any protection grid fitted to it.

In the frequency range from 100 Hz to 16 kHz, the overall pressure sensitivity level of the microphone and associated measuring system shall be known with an uncertainty not exceeding 0,5 dB for a coverage probability of 95 %. The microphone shall be removeable for calibration.

#### 4.4.2 Microphone type

A type WS3P microphone as specified in IEC 61094-4 [4] is preferred.

NOTE The equivalent volume of a WS3P microphone is approximately 0,25 mm<sup>3</sup>.

Other types of microphones may be used, provided they fulfil the requirements of 4.4.1.

#### 4.5 Static pressure equalisation vent

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

- a) it shall not alter the cavity volume by more than 4 mm<sup>3</sup>,
- b) it shall attenuate external sound reaching the cavity, with the coupling plate aperture sealed, by at least 16 dB at 125 Hz, increasing by 6 dB per octave for increasing frequencies up to 2 kHz.

NOTE 1 Equalisation can be realised, for example, by a capillary tube.

NOTE 2 The time constant can be measured as the time it takes for the static pressure inside the coupler to fall by 64 % after a sudden increase in static pressure inside the coupler.

#### 4.6 Acoustic transfer impedance level

The transfer impedance level of the coupler and the associated acceptance intervals shall be as specified in Table 1.

**Table 1 – The acoustic transfer impedance level modulus and the associated acceptance intervals**

Nominal frequency	Acoustic transfer impedance level in dB re 1 Ns/m <sup>5</sup>	
	Hz	Level
250	167,0	±0,5
1 000	155,3	±0,7
2 000	149,2	±0,7
4 000	143,5	±1,0
8 000	138,7	±1,2
16 000	136,5	±2,5

NOTE Measurements made at intermediate frequencies, while not part of the specification, can nevertheless provide additional information.

### 5 Calibration

#### 5.1 Reference environmental conditions

The reference environmental conditions are the following:

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

#### 5.2 Method of calibration

The manufacturer shall provide a method of calibration for the microphone system in an instruction manual.

The manufacturer shall also provide:

- The effective volume of the coupler at 250 Hz. One method for performing the measurement is given in Annex A.

- The product of the acoustic impedance and frequency, expressed as a level and as a function of frequency. One method for performing the measurement is given in Annex B.

Ideally, the calibration should be performed at the reference environmental conditions given in 5.1. If the environmental conditions are different from those given in 5.1, the actual environmental conditions at the time of test shall be stated.

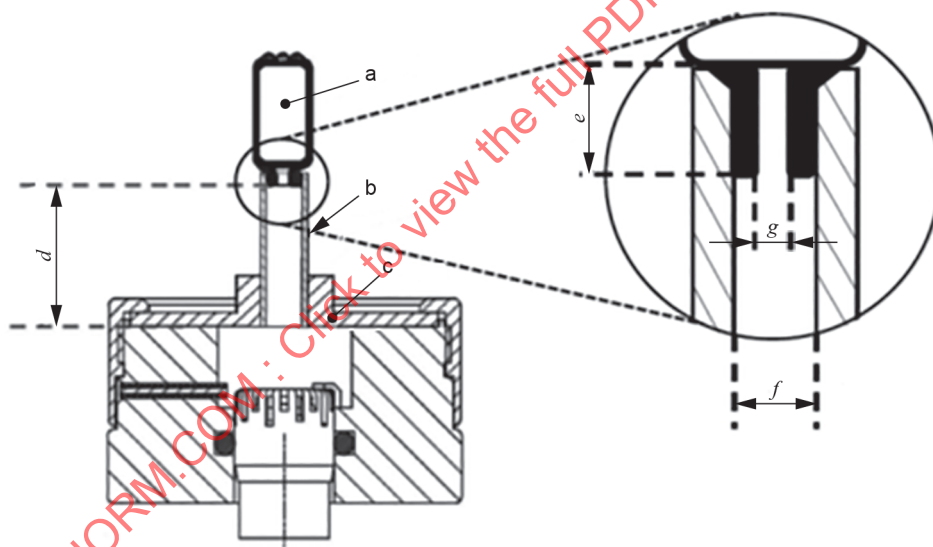
## 6 Coupling of receivers and hearing aids to the coupler

### 6.1 Coupling to a hearing aid receiver by means of tubing

Figure 1 describes the coupling to a hearing aid receiver. A bore diameter in the coupling plate, which fits the coupling tube external diameter shall be used. The tube shall be attached to the coupler in a manner that does not change the acoustic properties of the coupler. The end of the tube should be flush with the lower face of the coupling plate.

For measurements on hearing aid receivers, a tube with an internal diameter of  $1 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$  and an effective length of a coupling tube of  $5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  shall be used.

For more reliable sealing of the coupling tubing to the coupling plate, the thickness of the coupling plate may be increased in the centre portion.



IEC

#### Key

- a Hearing aid receiver
- b Coupling tubing
- c Coupling plate with central bore corresponding to the external diameter of coupling tubing
- d Effective length of coupling tubing
- e Length of receiver connection port
- f Internal diameter of coupling tubing
- g Effective diameter of receiver connection port

**Figure 1 – Coupling to a hearing aid receiver by means of coupling tubing**

### 6.2 Coupling to a hearing aid embedded in or connected to an earmould

This Subclause 6.2 is applicable to any style of hearing aid embedded in or attached to an earmould.

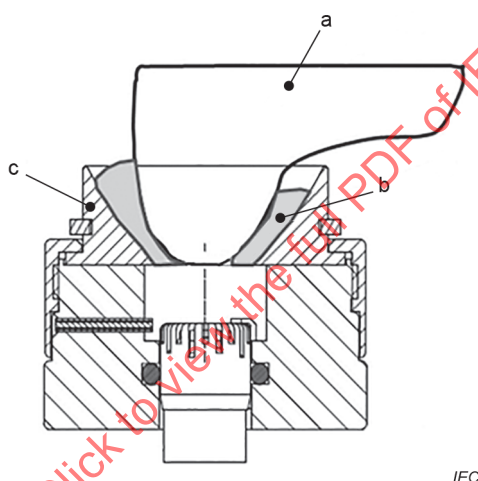
Examples of hearing aids fully embedded in the earmould are ITE (in-the-ear), ITC (in-the-canal), CIC (completely-in-the-canal), IIC (invisible-in-the-canal).

An example of a partially embedded hearing aid is the receiver-in-the-canal (RIC) hearing aid.

Examples of hearing aids attached to an earmould are behind-the-ear (BTE) hearing aids either coupled with standard coupling tubing or thin tubing.

The coupling arrangement is illustrated in Figure 2 where it is shown with an ITE. The coupling is performed by attaching the ITE by means of a sealant to the concave shaped ITE ear-mould simulator. Care shall be taken to avoid any gaps or slit leakages. Any vents in the instrument shall be sealed at the coupler side. The end of the ITE sound port shall be flush with the coupler reference plane. The coupling plate is removable from the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler. This allows the inspection of the seal quality and the position of the opening of the sound port that will face the inside volume of the coupler.

NOTE Owing to the smaller volume, the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler is more sensitive to gaps or slit leakages than the 2 cm<sup>3</sup> coupler.



**Key**

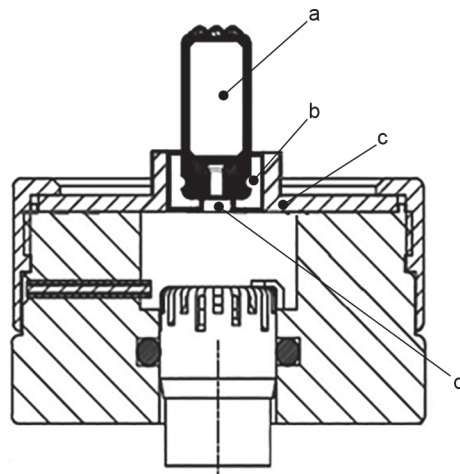
- a ITE
- b Sealant to seal ITE to mounting fixture
- c ITE ear-mould simulator

**Figure 2 – Coupling to an ITE, ITC, or CIC**

**6.3 Coupling to a receiver in the canal (RIC)**

Figure 3 shows the coupling of a receiver-in-the-canal to the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler. This may be used as an alternative to 6.2 provided that a coupling adapter is available. The coupling adapter is considered a part of the receiver system, and therefore its lower face shall be aligned to within ± 0,5 mm with the coupler reference plane.

If the receiver is attached to an earmould, then coupling as described in 6.2 and Figure 2 shall be used.



IEC

**Key**

- a Receiver in the canal (RIC)
- b RIC specific coupling adaptor
- c Coupling plate
- d Bore in RIC specific coupling adaptor

**Figure 3 – Coupling to a receiver in the canal (RIC)**

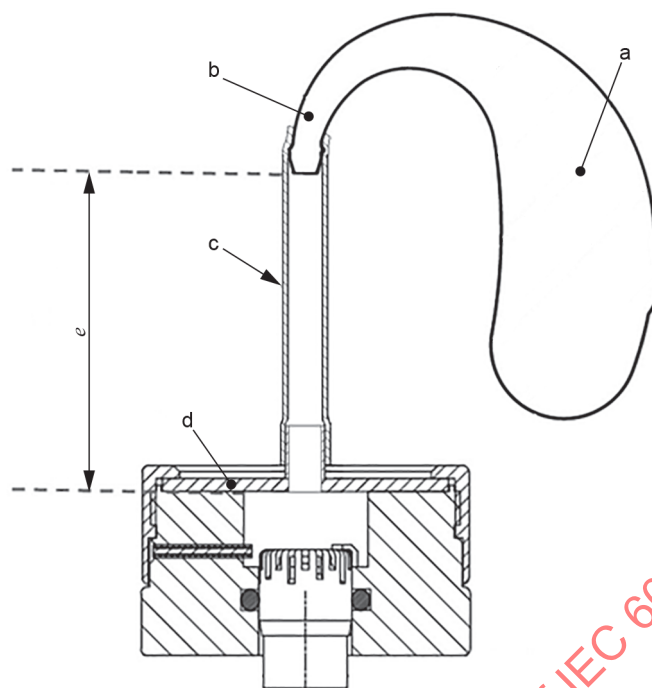
#### 6.4 Coupling to a BTE hearing aid with 2 mm continuous internal diameter tubing

Figure 4 shows the coupling to a BTE hearing aid by means of coupling tubing with  $2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$  continuous internal diameter, which reflects the most common fitting practice. The tubing is connected to the coupling plate with a nipple of  $2\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$  internal diameter.

An effective coupling tubing length of  $43\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$  shall be used.

NOTE The 43 mm length consists of 25 mm of standard tubing length plus 18 mm for the earmould and includes the thickness of the coupling plate.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022



IEC

**Key**

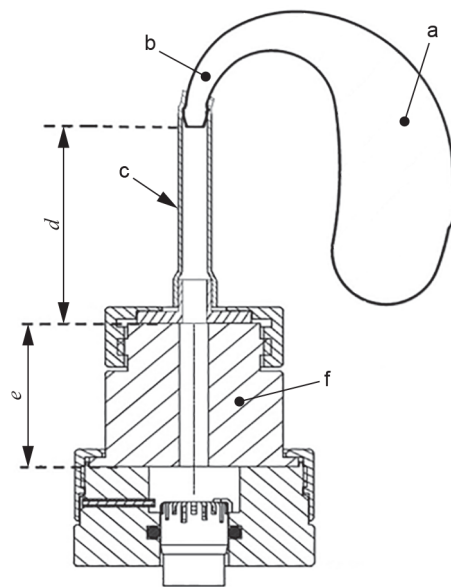
- a BTE
- b Ear hook
- c Coupling tubing with 2 mm internal diameter
- d Coupling plate with a nipple of 2 mm internal diameter
- e Effective length of coupling tubing (coupler reference plane to tip of ear-hook)

**Figure 4 – Coupling to a BTE hearing aid with 2 mm continuous internal diameter coupling tubing**

**6.5 Coupling to a BTE hearing aid with earmould simulator**

Figure 5 describes coupling to a BTE by means of coupling tubing with an effective coupling length of 25 mm and internal diameter of 2 mm connected to an earmould simulator with a length of 18 mm and an internal diameter of 3 mm.

NOTE This configuration is used in IEC 60118-0 [3] as the standard coupling test.



IEC

**Key**

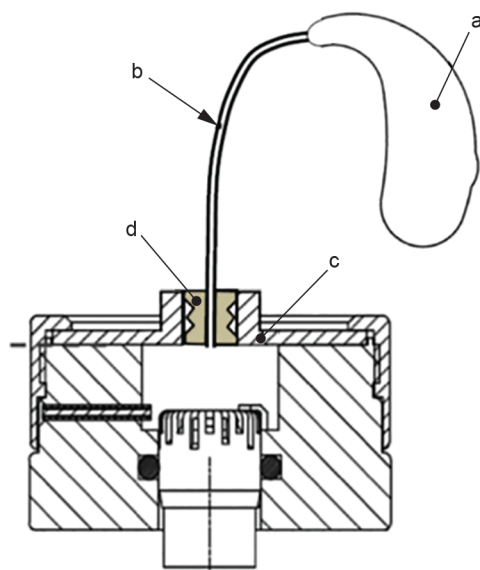
- a BTE
- b Ear hook
- c Coupling tubing
- d Effective length of coupling tubing
- e Length of earmould simulator
- f Earmould simulator

**Figure 5 – Coupling to a BTE hearing aid with earmould simulator**

### 6.6 Coupling to a BTE hearing aid with thin acoustic coupling tubing

Figure 6 describes coupling of a BTE by means of a thin acoustic coupling tubing. Typically, thin coupling tubing is ready-made in various shapes and lengths and has a coupling adapter for attachment of ear-domes. This adapter can be used to insert the tubing into a corresponding bore in the coupling plate. The adapter aligns flush with the coupler reference plane.

If the thin tubing is firmly attached to a custom-made earmould, then coupling according to Figure 2 shall be used.



IEC

**Key**

- a BTE
- b Thin coupling tubing
- c Coupling plate prepared to accept thin tubing coupling adaptor
- d Thin tubing coupling adaptor

**Figure 6 – Coupling to a BTE hearing aid with thin coupling tubing**

## 7 Maximum permitted expanded uncertainty for coupler conformance testing

Conformance to a performance specification is demonstrated when a measured deviation from a design goal does not exceed the corresponding acceptance limit(s) and the laboratory has demonstrated that the actual associated uncertainty of measurement (for a probability of 95 %, equivalent to a coverage factor of  $k = 2$ ) does not exceed the maximum permitted uncertainty  $U_{\max}$ , stated in Table 2.

See also ISO/IEC Guide 98-3 [5] and ISO/IEC Guide 98-4 [6].

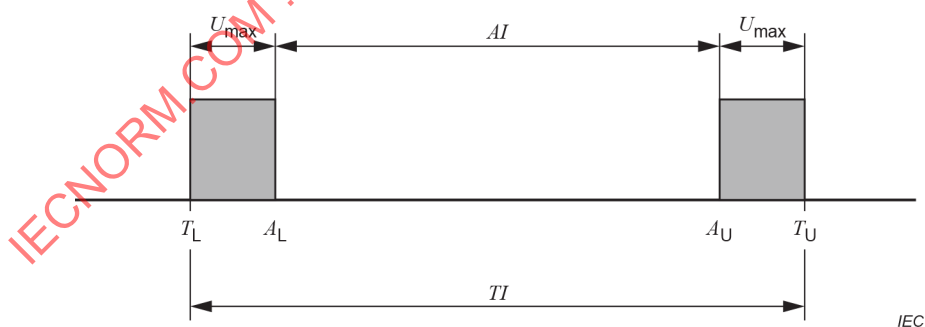
**Table 2 – Values of  $U_{\max}$  for measurements**

Measured quantity	Relevant subclause number	$U_{\max}$ ( $k = 2$ )
Effective coupler volume	4.2.2	3,5 mm <sup>3</sup>
Diameter of cylindrical cavity	4.2.2	0,01 mm
Microphone pressure sensitivity level	4.4.1	0,5 dB
Sound attenuation	4.5	3 dB
Transfer impedance 250 Hz to 8 kHz	4.6	0,3 dB
Transfer impedance 16 kHz	4.6	0,5 dB
Ambient pressure	5.2	0,1 kPa
Temperature	5.2	0,5 °C
Relative humidity	5.2	5 %
Internal diameter of coupling tube for receiver	6.1	0,02 mm
Effective length of coupling tube for receiver	6.1	0,05 mm
Internal diameter of coupling tubing or ear-mould substitute	6.4, 6.5	0,2 mm
Length of coupling tubing or earmould substitute	6.4, 6.5	0,5 mm

The measurement uncertainty is composed of several factors:

- uncertainty associated with the equipment used, such as sound generators, sound level meters, measuring microphones, coupler, etc.;
- uncertainties arising from the acoustic coupling of the hearing aid to the coupler. Such uncertainties could be related to diameter and length of coupling tubing;
- uncertainty associated with the accuracy and care in positioning the hearing aid in the test space.

Figure 7 illustrates the relationship between acceptance interval (as stated in this document), guard bands and how the tolerance interval may be calculated.

**Key**

- $AI$  acceptance interval  
 $TI$  tolerance interval  
 $U_{\max}$  guard band for the maximum permitted uncertainty of measurement for a 95 % coverage interval  
 $A_L$  lower acceptance limit  
 $A_U$  upper acceptance limit  
 $T_L$  lower tolerance limit  
 $T_U$  upper tolerance limit

**Figure 7 – Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement**

## Annex A (informative)

### Example of a method for verification of the effective volume of the coupler

#### A.1 Method for verification of the effective volume of the coupler

One procedure for verifying the effective volume of the coupler is based on an acoustic comparison method using a reference cavity with a known volume and same nominal dimensions as the coupler under test. The procedure is carried out at 250 Hz.

The method uses an additional high acoustic impedance sound source and a monitor microphone, both fitted into a flat plate which can be attached to the reference cavity or to the coupler under test, for generating and measuring the sound pressure in the cavity (see Figure A.1).

A sound source with high acoustic impedance provides a constant volume velocity for a given electrical input voltage, regardless of the volume it is driving. Since the acoustic impedance of the closed cavity can be represented by a simple acoustic compliance, the resulting sound pressure is inversely proportional to the effective volume of the cavity. Note that the effective volume of the cavity in this configuration includes the contribution  $V_s$  from the sound source and monitor microphone.

Assuming short successive sound pressure measurements in the reference cavity and in the coupler under test, such that the ambient temperature and atmospheric air pressure are unchanged, then

$$p_{\text{coupler}} (V_{\text{coupler}} + V_s) = p_{\text{ref}} (V_{\text{ref}} + V_s)$$

where

$V_{\text{ref}}$  is the known volume of reference cavity

$V_{\text{coupler}}$  is the volume of the coupler under test

$p_{\text{ref}}$  is the sound pressure in the reference cavity

$p_{\text{coupler}}$  is the sound pressure in the coupler under test.

Then, if  $V_s$  is assumed to be negligible

$$V_{\text{coupler}} = \frac{p_{\text{ref}}}{p_{\text{coupler}}} V_{\text{ref}}$$

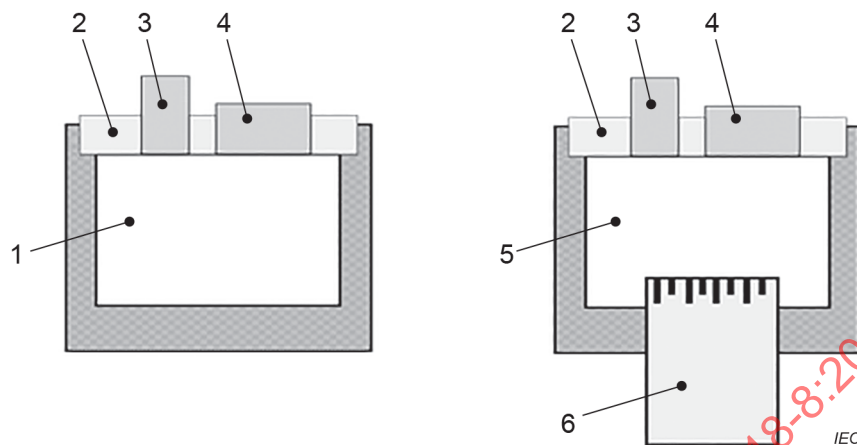
where  $p_{\text{ref}}/p_{\text{coupler}}$  is given by the corresponding ratio of output voltages from the monitor microphone.

The error, due to neglecting  $V_s$  is:

$$V_{\text{err}} = \frac{p_{\text{ref}}}{p_{\text{coupler}}} V_s - V_s$$

This should be accounted for in the measurement uncertainty.

The error  $V_{\text{err}}$  will be minimized if  $V_{\text{ref}}$  and  $V_{\text{coupler}}$  are equal, and therefore the nominal volume of  $V_{\text{ref}}$  shall be close to the nominal volume of  $V_{\text{coupler}}$ .



#### Key

- |   |                   |   |                         |
|---|-------------------|---|-------------------------|
| 1 | reference cavity  | 4 | probe sound source      |
| 2 | measurement probe | 5 | coupler cavity for test |
| 3 | probe microphone  | 6 | coupler microphone      |

**Figure A.1 – Measurement setup for coupler volume measurement**

## A.2 Measurement uncertainty

Table A.1 lists components of measurement uncertainty and their typical value. Table A.1 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 A.1 – Typical components of measurement uncertainty in the measurement of effective volume**

Component of uncertainty	Typical uncertainty (semi-range, unless stated otherwise – see NOTE)	Contribution to uncertainty on effective volume  mm <sup>3</sup>
Diameter of reference volume	0,03 mm	1,2
Length of reference volume	0,01 mm	0,5
Assumption that the reference volume is a perfect cylinder	negligible	0
Assumption that reference volume is a pure acoustic compliance	negligible	0
Voltage ratio measurement	0,025 dB	0,7
Sound source and monitor microphone volume	0,5 mm <sup>3</sup>	0,3
Measurement repeatability (standard deviation)	0,5 mm <sup>3</sup>	0,5

NOTE A semi-range is an uncertainty of the form  $\pm a$  where  $a$  defines the minimum and maximum expected value of the parameter, and a value anywhere in this range is equally likely (rectangular probability distribution).

It is estimated that a determination of the effective volume according to this method can achieve an expanded uncertainty with a confidence probability of 95 % (or coverage factor  $k = 2$ ), of less than 3,5 mm<sup>3</sup>, with due consideration of the measurement setup and procedure.

## Annex B (informative)

### Example of a method for the measurement of the acoustic transfer impedance of the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler

#### B.1 Measurement procedure

##### B.1.1 Acoustic transfer impedance

At low frequencies, the acoustic transfer impedance of the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler can be considered as a pure acoustic compliance, and dependent only on the effective volume of the coupler. Above approximately 2 kHz, the onset of the first longitudinal resonance will cause the acoustic transfer impedance to deviate from a simple acoustic compliance.

Absolute measurement of the acoustic transfer impedance requires a sound source with a known volume velocity  $q(f)$  to be used and the sound pressure within the coupler to be measured, whereupon:

$$|Z_A|(f) = \frac{p(f)}{q(f)} \quad (\text{B.1})$$

In practice, the sound source volume velocity is normally unknown. However, a method is given here, based on the reciprocity calibration principle derived from IEC 61094-2 [7] and elaborated in IEC 60318-1:2009, Annex A [8], where it is shown that

$$Z_A(f) = \frac{1}{S_T(f)S_R(f)} \frac{e(f)}{i(f)} \quad (\text{B.2})$$

where  $S_T$  and  $S_R$  are the pressure sensitivities of the transmitter microphone and receiver microphone, respectively,  $i$  is the driving current and  $e$  is the output voltage from the coupler microphone.

However, the acoustic transfer impedance at 250 Hz can be determined from the effective volume of the coupler measured using the method given in Annex A.

$$Z_A(250) = \frac{\gamma P_0}{500\pi V} \quad (\text{B.3})$$

where  $\gamma$  is the ratio of specific heats for air (1,402) and  $P_0$  is the reference static pressure.

Normalising (Clause B.1) by the acoustic transfer impedance at 250 Hz:

$$\frac{Z_A(f)}{Z_A(250)} = \frac{S_T(250)}{S_T(f)} \frac{S_R(250)}{S_R(f)} \frac{e(f)/e(250)}{i(f)/i(250)} \quad (\text{B.4})$$

The normalised impedance is therefore seen to be proportional to the frequency responses of the microphone sensitivities and output voltage.

The use of a type WS3 microphone is recommended as the sound source. This can be assumed to have a purely capacitive electrical impedance and be reciprocal.

When the microphone is driven with a constant voltage the driving current is directly proportional to the frequency, and  $i(f)/i(250) = f/250$ .

Since the microphone is reciprocal, the sensitivity frequency response as a transmitter is equal to the frequency response when used as a receiver. This frequency response can be determined using an electrostatic actuator as described in IEC 61094-6 [9].

Thus

$$Z_A(f) = Z_A(250) \frac{1}{S'_T(f)S'_R(f)} e'(f) \frac{250}{f} \quad (\text{B.5})$$

where  $S'_T(f)$  and  $S'_R(f)$  are the frequency responses of the transmitter and receiver microphones, respectively, and  $e'(f)$  is the frequency response of the receiver microphone output voltage in response to the transmitter microphone driven with a constant voltage, where all frequency responses are normalized at 250 Hz.

Note that if the transmitter and receiver microphones are calibrated across the full measurement bandwidth and the transmitter current is determined as part of the measurement process, the need to determine the effective volume of the coupler is eliminated and the acoustic transfer impedance can be calculated directly from Equation (B.2).

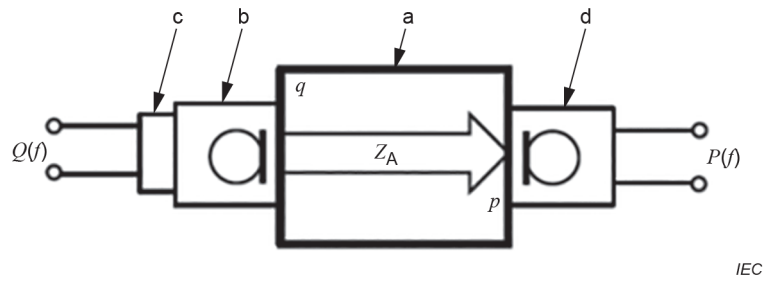
### B.1.2 Setup for measuring the coupler acoustic transfer impedance

Figure B.1 illustrates the test set-up.

A WS3 microphone is used as the transmitter microphone. Care should be taken to align the microphone diaphragm flush with the coupler reference plane to avoid introducing additional volume.

The constant drive voltage is applied to the transmitter microphone by means of a microphone transmitter adapter.

The frequency response of the resulting output voltage from the coupler microphone should be measured with a suitable frequency analyser.



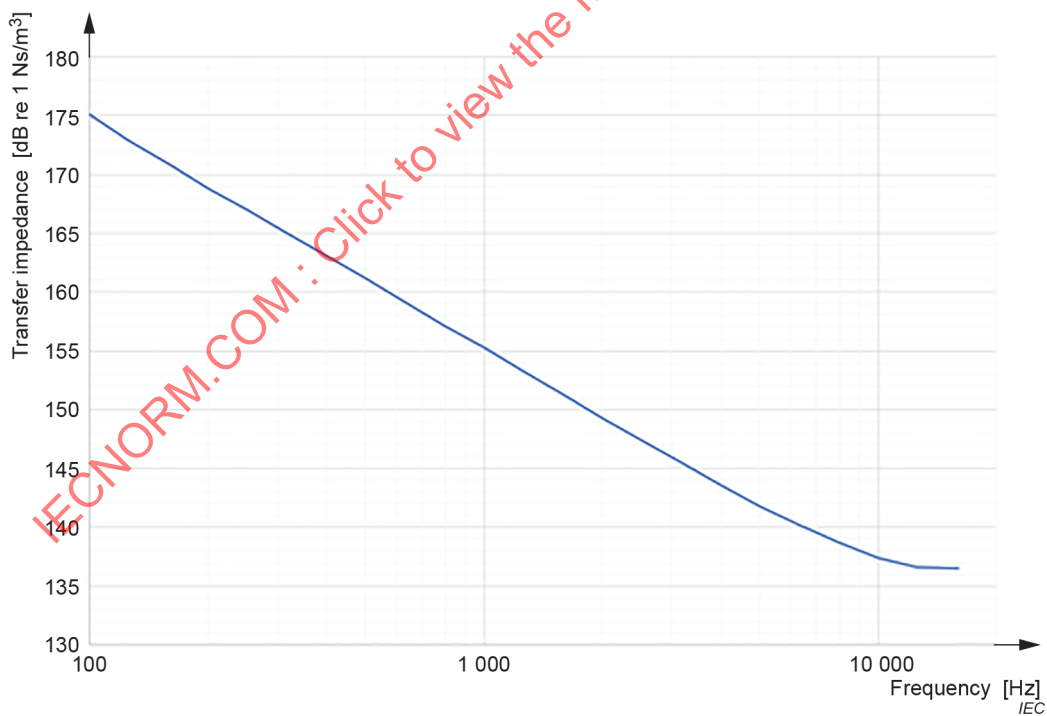
**Key**

- a 0,4 cm<sup>3</sup> coupler with calibrated volume
- b microphone as sound source (transmitter)
- c microphone transmitter adapter
- d coupler microphone (type WS3P with standard sensitivity)
- q volume velocity in m<sup>3</sup>/s
- p sound pressure in N/m<sup>2</sup>

**Figure B.1 – Test set-up for measuring the coupler acoustic transfer impedance**

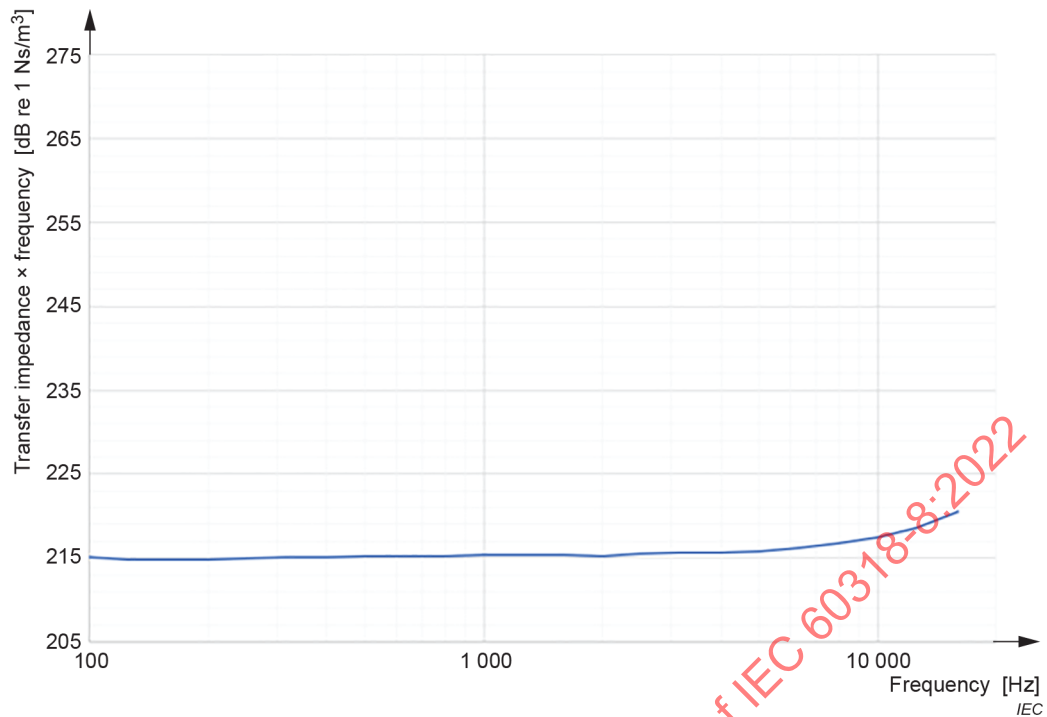
**B.2 Typical coupler acoustic transfer impedance**

Figure B.2 shows a typical curve for the transfer impedance of a coupler as measured with the setup in Figure B.1.



**Figure B.2 – Typical coupler acoustic transfer impedance**

Figure B.3 shows (acoustic transfer impedance) × (frequency) as a function of frequency.



**Figure B.3 – Typical acoustic transfer impedance times frequency**

Table B.1 gives the acoustic transfer impedance  $|Z_A|$  as a level in dB re 1 Ns/m<sup>5</sup> and the acoustic transfer impedance times frequency  $|Z_A| \times f$  as a level in dB re 1 N/m<sup>5</sup> from the data shown in Figure B.2 and Figure B.3, respectively.

**Table B.1 – Typical acoustic transfer impedance values**

Frequency	$ Z_A $ re 1 Ns/m <sup>5</sup>	$ Z_A  \times f$ re 1 N/m <sup>5</sup>
Hz	dB	dB
100	175,1	215,1
125	172,9	214,9
160	170,8	214,9
200	168,8	214,9
250	167,0	215,0
315	165,1	215,1
400	163,0	215,1
500	161,2	215,2
630	159,2	215,2
800	157,1	215,2
1 000	155,3	215,3
1 250	153,3	215,4
1 600	151,3	215,4
2 000	149,2	215,3
2 500	147,5	215,5
3 150	145,6	215,6
4 000	143,5	215,6

Frequency	$ Z_A $ re 1 Ns/m <sup>5</sup>	$ Z_A  \times f$ re 1 N/m <sup>5</sup>
Hz	dB	dB
5 000	141,7	215,8
6 300	140,2	216,2
8 000	138,7	216,2
10 000	137,4	217,5
12 500	136,6	218,6
16 000	136,5	220,6

### B.3 Measurement uncertainty

Table B.2 lists components of measurement uncertainty and their typical value. Table B.2 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 B.2 – Typical components of measurement uncertainty in the measurement of acoustic transfer impedance**

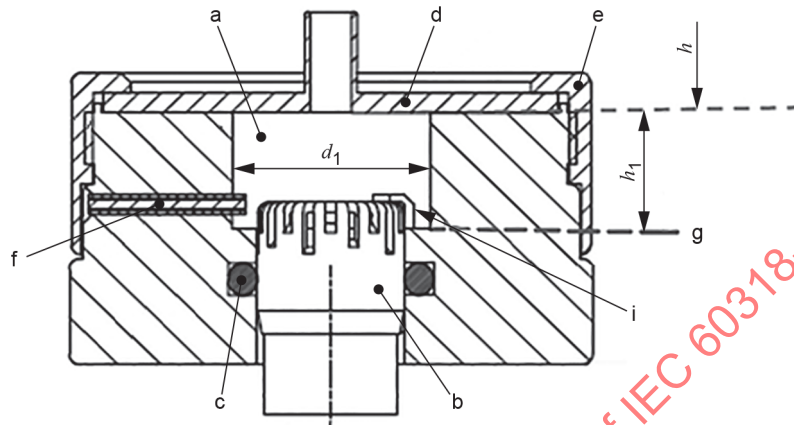
Component of uncertainty	Typical expanded uncertainty ( $k = 2$ )
	dB
Effective volume	0,08
Transmitter microphone relative frequency response (100 Hz to 8 kHz)	0,14
Transmitter microphone relative frequency response (16 kHz)	0,3
Transmitter microphone relative frequency response (100 Hz to 8 kHz)	0,14
Transmitter microphone relative frequency response (16 kHz)	0,3
Voltage ratio measurement	0,035
Voltage measurement system linearity over 40 dB range	0,1
Assumption of constant transmitter microphone drive current	0,05
Static pressure corrections (assuming 0,1 kPa measurement uncertainty)	0,01
Measurement repeatability	0,1

It is estimated that a determination of the acoustic transfer impedance according to this method can achieve an expanded uncertainty with a confidence probability of 95 % (or coverage factor  $k = 2$ ), of less than 0,3 dB up to 8 kHz and less than 0,5 dB at 16 kHz, with due consideration of the measurement setup and procedure.

## Annex C (informative)

### Example of one specific design of the coupler

Figure C.1 shows an example design of a 0,4 cm<sup>3</sup> coupler according to this document.



#### Key

- $d_1$  Cavity diameter
- $h_1$  Cavity height
- a Cylindrical cavity
- b Measuring microphone with protection grid
- c O-ring or other means of airtight sealing
- d Coupling plate (removable)
- e Coupling plate lock bushing
- f Static pressure equalization vent
- g Cavity base; plane of microphone diaphragm
- h Coupler reference plane
- i Microphone insertion stop feature

**Figure C.1 – Example of a specific design of the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler, shown with removable coupling plate with a nipple for the attachment of coupling tubing**

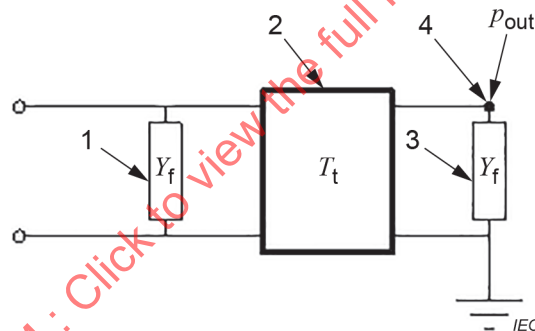
## Annex D (informative)

### Electrical analogue representation of the coupler as a tube model

To simulate hearing aid or receiver performance below 10 kHz, it is sufficient to model the 0,4 cm<sup>3</sup> coupler as simple volume with a lumped acoustic compliance of  $2,82 \times 10^{-12} \text{ m}^4\text{s}^2\text{kg}^{-1}$ , using an electrical capacitor with a value of  $2,82 \times 10^{-12} \text{ F}$ . When higher precision or greater bandwidth is required, such as when coupler data is being used for the calibration of receiver models, it is desirable to use a two-port distributed parameter model that reproduces the deviation of the frequency-dependent transfer impedance from constant value seen in Figure B.3 and Table B.1.

The more accurate model includes the effects of thermal and viscous acoustic boundary layers at all inner surfaces and at least the first longitudinal acoustic mode. A complete solution for cylindrical cavities including all acoustic modes [10] is computationally expensive and a simpler solution is desired.

The model treats the cylindrical cavity as a segment of tube terminated at both ends by flat walls, shown in Figure D.1. Acoustic models for infinite cylindrical tubes with boundary layers using lossy transmission lines [11] are well established. Dissipative components called semi-capacitors with complex admittance are added in shunt on either side of the tube to represent the boundary layer effects at the flat interior faces.



**Key**

- 1, 3 Semi-capacitors modelling thermal and viscous boundary layers at ends of the cavity
- 2 Two-port tube model as a lossy transmission line
- 4 Node at which voltage is equivalent to pressure in the coupler

**Figure D.1 – Electrical analogue of the coupler as a lossy transmission line tube with lossy terminations**

The two-port model of the coupler is given by

$$\mathbb{T} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y_f & 1 \end{pmatrix} \mathbb{T}_t \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y_f & 1 \end{pmatrix},$$

where

$$\mathbb{T}_t = \begin{pmatrix} \cosh \Gamma l & Z_c \sinh \Gamma l \\ \frac{1}{Z_c} \sinh \Gamma l & \cosh \Gamma l \end{pmatrix}$$

$$Z = \frac{j\omega R_0}{c} \frac{1}{1 - F(r_v)}$$

$$Y = \frac{j\omega}{cR_0} (1 + (y-1)F(r_t))$$

$$F(r) = \frac{2}{r\sqrt{-j}} \frac{J_1(r\sqrt{-j})}{J_0(r\sqrt{-j})} \sim \frac{32(3j + 8r\sqrt{-j})}{-9j + 128r^2 + 16r\sqrt{-j}}$$

and

$\mathbb{T}$	is the ABCD matrix of the coupler
$\mathbb{T}_t$	is the ABCD matrix of the tube aspect of the coupler
$Y_f = k\sqrt{j\omega}$	is the acoustic admittance of each end face of the coupler
$Z_c = \sqrt{Z/Y}$	is the characteristic impedance per unit length
$\Gamma = \sqrt{ZY}$	is the propagation operator
$Z, Y$	are the series impedance and shunt admittance per unit length
$F(r)$	is a function of real-valued dimensionless radius
$J_n(z)$	is the nth Bessel function of complex argument
$R_0 = \rho c / (\pi a^2)$	is the characteristic impedance of an ideal tube
$r_v = a\sqrt{\rho\omega / \eta}$	is the dimensionless radius for the viscous mode
$r_t = \sqrt{\text{Pr}} r_v$	is the dimensionless radius for the thermal mode

The asymptotic value of  $F(r)$  as  $r \rightarrow \infty$  has an error of less than 0,1 % for  $r > 11$ , and less than about 0,02 % for values of  $r$  used in this annex. The length and diameter of the tube are modified slightly (by less than 4 %) from the measured cavity dimensions to match the measured transfer impedance up to 25 kHz (Figure D.2). The value of  $k$  is chosen to match the equivalent volume derived from the measured transfer impedance at low frequencies (Figure D.3). Acoustic constants are calculated from Annex F of IEC 61094-2:2009 [7] and known thermodynamic identities at 23 °C, 101,325 kPa, and 50 % relative humidity. This results in the list of constants given in Table D.1.

**Table D.1 – List of constants**

Symbol	Values	Meaning
$a$	$4,535 \times 10^{-3} \text{ m}$	Effective radius of the coupler cavity
$l$	$5,98 \times 10^{-3} \text{ m}$	Effective length of the coupler cavity
$k$	$3,18 \times 10^{-12} \text{ m}^4\text{s}^{3/2}/\text{kg}$	Semi-capacitance of the coupler cavity faces
$\rho$	$1,186 \text{ kg/m}^3$	Density
$c$	$345,867 \text{ m/s}$	Speed of sound
$\gamma$	$1,400 \text{ 76}$	Ratio of specific heat at constant pressure and volume
$\eta$	$1,826 \text{ 57} \times 10^{-5} \text{ Pa s}$	Viscosity
Pr	$0,728 \text{ 021}$	Prandtl number

NOTE The numerical values for the effective radius and length of the cavity, and the semi-capacitance of the cavity faces, are empirically derived by assuming fixed values for  $c$  and  $\gamma$  and doing a curve fit to a particular data set as described in this Annex D. These values are only known at the fixed atmospheric conditions present at the time of data collection.

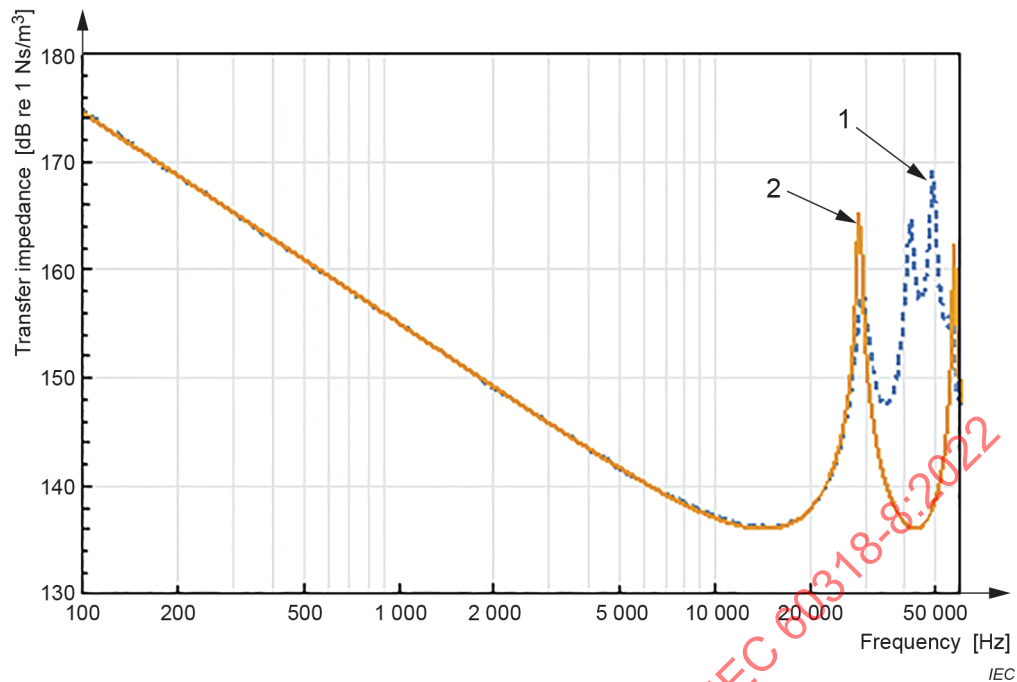
For reference, the transfer impedance and input impedance can be determined from elements of the ABCD matrix  $\mathbb{T}$  as

$$Z_x = \frac{Z_c}{\sinh(\Gamma) + Z_c k \sqrt{j\omega} (2 \cosh(\Gamma) + Z_c k \sqrt{j\omega} \sinh(\Gamma))}$$

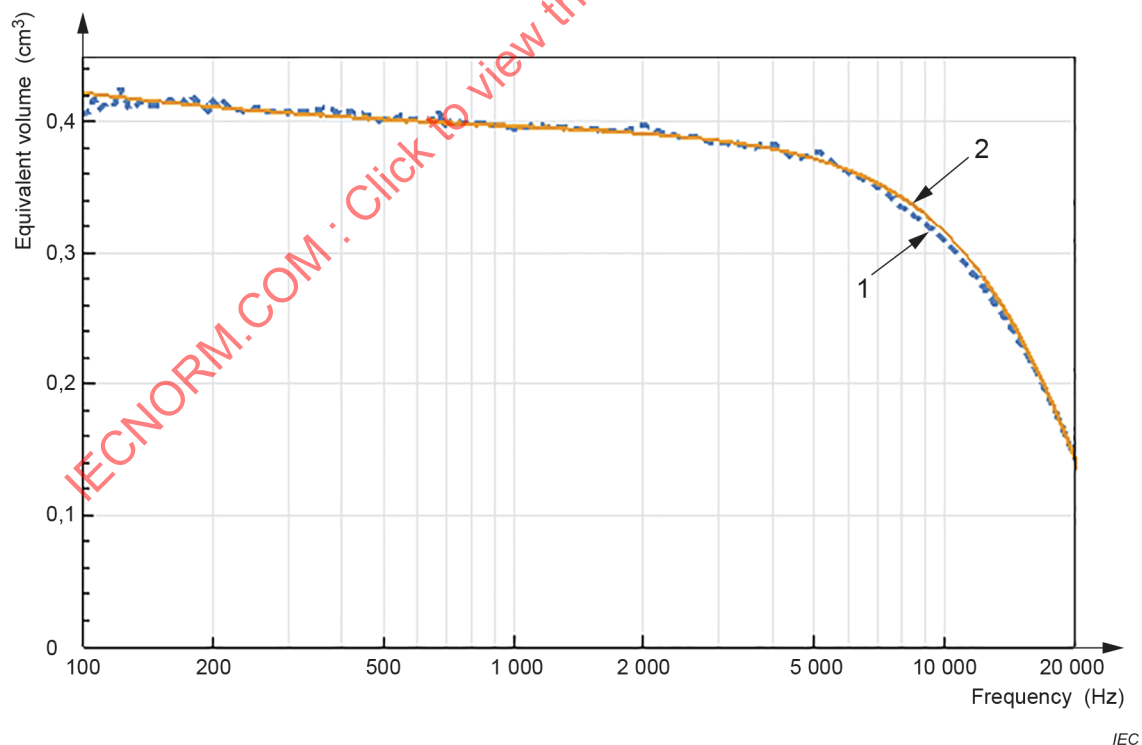
$$Z_{in} = Z_x (\cosh(\Gamma) + Z_c k \sqrt{j\omega} \sinh(\Gamma))$$

where  $Z_x$  is the transfer impedance and  $Z_{in}$  is the input impedance, which are shown in Figure D.4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022

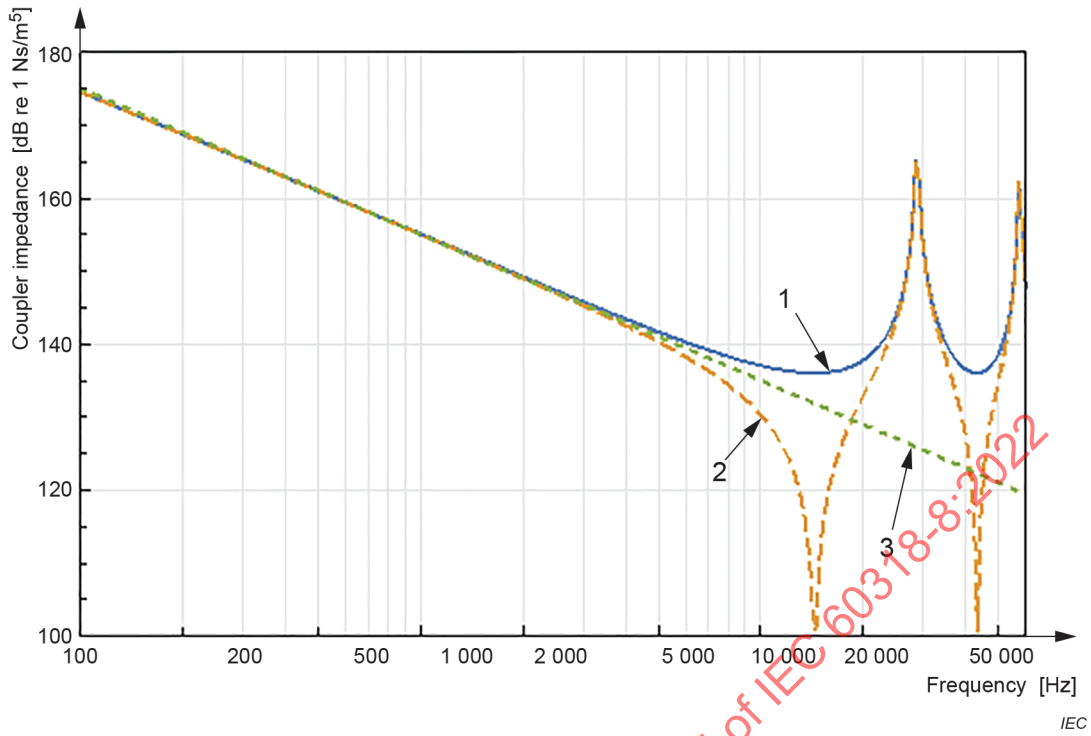
**Key**

- 1 Average of measured transfer impedance of 8 couplers
- 2 Model prediction of transfer impedance, with effective length and diameter chosen to minimize error below 25 kHz

**Figure D.2 – Transfer impedance model vs. measurements****Key**

- 1 Average measured equivalent volume of 8 couplers
- 2 Model prediction of equivalent volume, with  $k$  chosen to minimize error

**Figure D.3 – Equivalent volume calculated from the model vs. measurements**



**Key**

- 1 Transfer impedance of the two-port model
- 2 Input impedance of the two-port model
- 3 Impedance of the lumped compliance model

**Figure D.4 – Model predictions of coupler impedance**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022

## Annex E (informative)

### Example assessments of conformance to specifications of this document

#### E.1 General

**E.1.1** The purpose of this Annex E is to clarify the use of measurement results and uncertainties of measurement in assessments of conformance to the specifications in this document.

**E.1.2** This Annex E demonstrates assessment of conformance using some general illustrative examples.

#### E.2 Conformance criteria

**E.2.1** According to the requirements in this document, conformance to a specification is established when measured deviations from design goals do not exceed the corresponding acceptance limits and the uncertainty of measurement does not exceed the corresponding maximum-permitted uncertainty of measurement for a coverage probability of 95 %.

**E.2.2** With these two criteria in E.2.1, there are four possible outcomes.

- 1) Measured deviations do not exceed acceptance limits and actual uncertainty does not exceed maximum-permitted uncertainty  
Outcome: Conformance to specification
- 2) Measured deviations do not exceed acceptance limits and actual uncertainty exceeds maximum-permitted uncertainty  
Outcome: Non-conformance, because the actual uncertainty exceeds the maximum-permitted uncertainty
- 3) Measured deviations exceed acceptance limits and actual uncertainty does not exceed maximum-permitted uncertainty  
Outcome: Non-conformance, because measured deviations exceed the acceptance limits
- 4) Measured deviations exceed acceptance limits and actual uncertainty exceeds maximum-permitted uncertainty  
Outcome: Non-conformance because neither criterion is satisfied

NOTE In practice, a laboratory can sometimes pre-determine the uncertainty of a measurement. If the pre-determined uncertainty exceeds the maximum-permitted uncertainty the laboratory would not attempt to perform the test.

#### E.3 Example test results

**E.3.1** Table E.1 gives examples of test results to explain the method of determining conformance or non-conformance to the specifications of this document. This method applies for any tests in this document where acceptance limits and maximum-permitted uncertainties are specified.

**Table E.1 – Examples of assessment of conformance**

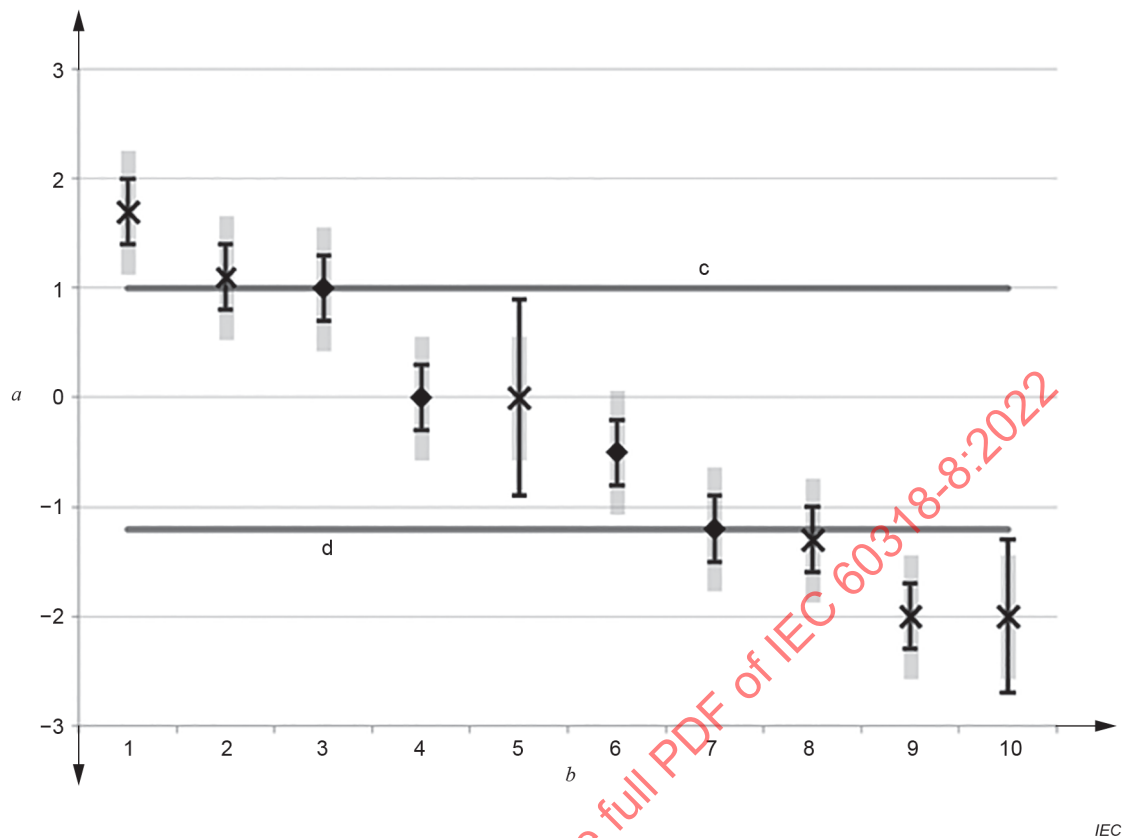
Example number	Measured deviation from design goal dB	Acceptance limits dB	Actual uncertainty dB	Maximum-permitted uncertainty dB	Conforms to specifications Yes or No	Reasons for conformance or non-conformance
1	+1,7	+1,0; -1,2	0,3	0,5	No	Deviation exceeds acceptance limits
2	+1,1	+1,0; -1,2	0,3	0,5	No	Deviation exceeds acceptance limits
3	+1,0	+1,0; -1,2	0,3	0,5	Yes	Deviation within acceptance limits and uncertainty within maximum-permitted limits
4	0,0	+1,0; -1,2	0,3	0,5	Yes	Deviation within acceptance limits and uncertainty within maximum-permitted limits
5	0,0	+1,0; -1,2	0,9	0,5	No	Deviation within acceptance limits but uncertainty exceeds maximum-permitted limits
6	-0,5	+1,0; -1,2	0,3	0,5	Yes	Deviation within acceptance limits and uncertainty within maximum-permitted limits
7	-1,2	+1,0; -1,2	0,3	0,5	Yes	Deviation within acceptance limits and uncertainty within maximum-permitted limits
8	-1,3	+1,0; -1,2	0,3	0,5	No	Deviation exceeds acceptance limits
9	-2,0	+1,0; -1,2	0,3	0,5	No	Deviation exceeds acceptance limits
10	-2,0	+1,0; -1,2	0,7	0,5	No	Deviation exceeds acceptance limits and uncertainty exceeds maximum-permitted limits

**E.3.2** Figure E.1 shows the ten example assessments of conformance from Table E.1 in graphical form.

**E.3.3** In Figure E.1, the lower and upper acceptance limits are indicated by the heavy horizontal lines. The measured deviations from the design goal are shown by the solid markers. A diamond-shaped marker indicates conformance to the specification and a cross-shaped marker indicates non-conformance.

**E.3.4** In Figure E.1, the actual uncertainty of measurement is indicated by the vertical error bars and the maximum-permitted uncertainty is indicated by the vertical shaded area.

**E.3.5** The practice illustrated in Table E.1 and Figure E.1 for assessing conformance applies equally for pattern-evaluation testing as well as periodic testing.

**Key**

- a* Deviation from design goal, dB
- b* Example number from Table E.1
- c* Upper acceptance limit
- d* Lower acceptance limit

A diamond-shaped marker indicates conformance to the specification and a cross-shaped marker indicates non-conformance. The actual uncertainty of measurement is indicated by the vertical error bars and the maximum-permitted uncertainty is indicated by the vertical shaded area.

**Figure E.1 – Examples of assessment of conformance**

## Bibliography

- [1] IEC 60318-5, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 5: 2 cm<sup>3</sup> coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts*
- [2] IEC 60318-4, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts*
- [3] IEC 60118-0, *Electroacoustics – Hearing aids – Part 0: Measurement of the performance characteristics of hearing aids*
- [4] IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones*
- [5] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
- [6] ISO/IEC GUIDE 98-4, *Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment*
- [7] IEC 61094-2:2009, *Electroacoustics – Measurement microphones – Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*
- [8] IEC 60318-1:2009, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 1: Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones*
- [9] IEC 61094-6, *Measurement microphones – Part 6: Electrostatic actuators for determination of frequency response*
- [10] BIAGI, F. and COOK, R. Acoustic impedance of a right circular cylindrical enclosure. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1954, Vol. 26, p. 506-509
- [11] EGOLF, DP. Mathematical modeling of a probe-tube microphone. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977, Volume 61, p. 200-205
-

[IECNORM.COM](https://www.iecnorm.com) : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	38
INTRODUCTION.....	40
1 Domaine d'application .....	41
2 Références normatives.....	41
3 Termes, définitions et termes abrégés .....	41
3.1 Termes et définitions .....	41
3.2 Termes abrégés.....	42
4 Conception mécanique du coupleur de 0,4 cm <sup>3</sup> .....	42
4.1 Généralités .....	42
4.1.1 Lignes directrices générales en matière de conception .....	42
4.1.2 Limites d'acceptation .....	43
4.2 Dimensions de la cavité .....	43
4.2.1 Dimensions critiques .....	43
4.2.2 Volume effectif du coupleur et dimensions de la cavité .....	43
4.3 Procédure de vérification du volume effectif du coupleur.....	43
4.4 Microphone.....	43
4.4.1 Généralités.....	43
4.4.2 Type de microphone .....	44
4.5 Événement d'égalisation de la pression statique.....	44
4.6 Niveau d'impédance acoustique de transfert.....	44
5 Étalonnage.....	44
5.1 Conditions d'environnement de référence .....	44
5.2 Méthode d'étalonnage.....	45
6 Couplage des récepteurs et des appareils de correction auditive au coupleur.....	45
6.1 Couplage à un récepteur d'un appareil de correction auditive au moyen d'un tube .....	45
6.2 Couplage à un appareil de correction auditive intégré ou connecté à un embout moulé.....	46
6.3 Couplage à un récepteur dans le canal (RIC).....	47
6.4 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de 2 mm de diamètre intérieur continu .....	48
6.5 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec simulateur d'embout moulé .....	49
6.6 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de couplage acoustique fin .....	50
7 Incertitude élargie maximale admissible pour les essais de conformité des coupleurs .....	51
Annexe A (informative) Exemple de méthode de vérification du volume effectif du coupleur .....	54
A.1 Méthode de vérification du volume effectif du coupleur .....	54
A.2 Incertitude de mesure .....	55
Annexe B (informative) Exemple de méthode de mesure de l'impédance acoustique de transfert du coupleur de 0,4 cm <sup>3</sup> .....	56
B.1 Procédure de mesure.....	56
B.1.1 Impédance acoustique de transfert.....	56
B.1.2 Montage pour le mesurage de l'impédance acoustique de transfert du coupleur .....	57

B.2	Impédance acoustique de transfert type d'un coupleur .....	58
B.3	Incertitude de mesure .....	60
Annexe C (informative)	Exemple d'une conception spécifique du coupleur .....	61
Annexe D (informative)	Représentation électrique analogique du coupleur comme modèle de tube .....	62
Annexe E (informative)	Exemples d'évaluations de la conformité aux spécifications du présent document .....	67
E.1	Généralités .....	67
E.2	Critères de conformité .....	67
E.3	Exemple de résultats d'essai .....	67
	Bibliographie .....	70
Figure 1	– Couplage à un récepteur d'appareil de correction auditive au moyen d'un tube de couplage .....	46
Figure 2	– Couplage à un ITE, ITC ou CIC .....	47
Figure 3	– Couplage à un récepteur dans le canal (RIC) .....	48
Figure 4	– Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille (BTE) avec un tube de couplage de 2 mm de diamètre intérieur continu .....	49
Figure 5	– Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec simulateur d'embout moulé .....	50
Figure 6	– Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de couplage fin .....	51
Figure 7	– Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admissible .....	53
Figure A.1	– Configuration de mesure pour le mesurage du volume du coupleur .....	55
Figure B.1	– Montage d'essai pour le mesurage de l'impédance acoustique de transfert du coupleur .....	58
Figure B.2	– Impédance acoustique de transfert type d'un coupleur .....	58
Figure B.3	– Impédance acoustique de transfert type fois la fréquence .....	59
Figure C.1	– Exemple de conception spécifique du coupleur de 0,4 cm <sup>3</sup> , représenté avec une plaque de couplage amovible équipée d'un raccord pour la fixation du tube de couplage .....	61
Figure D.1	– Analogie électrique du coupleur en tant que tube de ligne de transmission avec perte avec des terminaisons avec perte .....	62
Figure D.2	– Modèle d'impédance de transfert par rapport aux mesurages .....	65
Figure D.3	– Volume équivalent calculé à partir du modèle par rapport aux mesurages .....	65
Figure D.4	– Prédications du modèle concernant l'impédance du coupleur .....	66
Figure E.1	– Exemples d'évaluation de la conformité .....	69
Tableau 1	– Module du niveau d'impédance acoustique de transfert et intervalles d'acceptation associées .....	44
Tableau 2	– Valeurs de $U_{\max}$ pour les mesurages .....	52
Tableau A.1	– Composantes types de l'incertitude de mesure dans le mesurage du volume effectif .....	55
Tableau B.1	– Valeurs types de l'impédance acoustique de transfert .....	59
Tableau B.2	– Composantes types de l'incertitude de mesure dans le mesurage de l'impédance acoustique de transfert .....	60
Tableau D.1	– Liste de constantes .....	64
Tableau E.1	– Exemples d'évaluation de la conformité .....	68

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

### Partie 8: Coupleur acoustique pour les mesurages à hautes fréquences des appareils de correction auditive et des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60318-8 a été établie par le comité d'études 29 de l'IEC: Électroacoustique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
29/1111/FDIS	29/1117/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60318, publiées sous le titre général *Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.**

IECNORM.COM : Click to view the PDF of IEC 60318-8:2022

## INTRODUCTION

Les progrès réalisés dans la conception des appareils de correction auditive permettent d'augmenter la largeur de bande de ces appareils jusqu'à 16 kHz.

Le coupleur de 2 cm<sup>3</sup> décrit dans l'IEC 60318-5 [1]<sup>1</sup> convient pour les mesurages jusqu'à 8 kHz. Aux fréquences supérieures à 8 kHz, une grande incertitude de mesure se produit dans les réponses des écouteurs, en raison des résonances acoustiques dans le coupleur.

Le simulateur d'oreille occluse comme cela est décrit dans l'IEC 60318-4 [2] simule l'oreille externe humaine jusqu'à 10 kHz et peut être utilisé comme coupleur acoustique jusqu'à 16 kHz. Il est conçu avec une longueur de cavité principale qui produit une résonance de demi-longueur d'onde de la pression acoustique à environ 13,5 kHz. Cette résonance, qui est également présente dans le conduit auditif d'une personne, mais davantage contrôlée par la membrane tympanique, peut également être à l'origine d'une incertitude de mesure dans les réponses des écouteurs au-dessus de 10 kHz.

Par conséquent, il est nécessaire de proposer aux concepteurs de transducteurs (récepteur, écouteur) et au concepteur et aux distributeurs d'appareils de correction auditive un coupleur acoustique robuste et clairement défini, pour les mesurages de l'écouteur dans la plage de fréquences de 8 kHz à 16 kHz.

La pression acoustique développée par un écouteur n'est, en général, pas la même dans un coupleur acoustique que dans l'oreille d'une personne. Cependant, les résultats obtenus à l'aide d'un coupleur acoustique peuvent être utilisés comme un moyen simple et rapide pour l'échange de spécifications et de données d'essai sur les appareils de correction auditive et les écouteurs à insérer utilisés en audiométrie.

Le présent document décrit un coupleur acoustique permettant de charger un appareil de correction auditive ou un écouteur à insérer avec une impédance acoustique spécifiée lors des essais de performance acoustique, dans la plage de fréquences allant jusqu'à 16 kHz, comme cela est exigé dans l'IEC 60118-0 [3].

---

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

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

## Partie 8: Coupleur acoustique pour les mesurages à hautes fréquences des appareils de correction auditive et des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60318 décrit un coupleur acoustique permettant de charger un appareil de correction auditive ou un écouteur à insérer avec une impédance acoustique spécifiée lors de l'essai de ses performances acoustiques, dans la plage de fréquences allant jusqu'à 16 kHz. Il convient aux appareils de correction auditive et aux écouteurs à conduction aérienne, couplés à l'oreille par des inserts auriculaires, des embouts ou des appareils similaires.

Le coupleur acoustique ne simule pas l'oreille humaine. Il a cependant un volume effectif de seulement 0,4 cm<sup>3</sup>, ce qui est suffisamment petit pour ne pas produire de résonances significatives dans le coupleur dans la plage de fréquences inférieure à 16 kHz. Il charge donc l'écouteur avec une impédance acoustique connue, ce qui permet d'obtenir des mesurages répétables avec une faible incertitude sur les écouteurs utilisés en audiométrie haute fréquence étendue.

### 2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

### 3 Termes, définitions et termes abrégés

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

#### 3.1 Termes et définitions

##### 3.1.1

##### **coupleur acoustique**

appareil de mesure de 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

##### 3.1.2

##### **simulateur d'embout moulé**

simulateur d'embout d'oreille

embout placé à l'entrée du coupleur acoustique, et qui permet le passage du son dans ce dernier, par un trou percé sur son axe

### 3.1.3

#### **plan de référence**

plan perpendiculaire à l'axe de la cavité du coupleur acoustique, choisi pour passer par la position normalement occupée par la pointe d'un embout moulé

### 3.1.4

#### **impédance acoustique de transfert**

rapport de la pression acoustique au niveau du diaphragme du microphone du coupleur acoustique sur la vitesse volumique à travers le plan de référence

### 3.1.5

#### **cavité de référence**

cavité cylindrique ayant le même diamètre nominal et le même volume que le coupleur acoustique en essai, établissant un volume qui peut être mesuré à l'aide de mesurages dimensionnels de précision

### 3.1.6

#### **volume effectif du coupleur**

volume d'air équivalent de la conformité acoustique du coupleur formé par la cavité et le microphone à une fréquence de 250 Hz

### 3.1.7

#### **longueur effective du tube de couplage**

longueur du tube de couplage qui s'étend de la sortie du récepteur ou du contour d'oreille BTE au plan de référence du coupleur

Note 1 à l'article: La longueur réelle du tube utilisé peut s'écarter de la longueur effective du tube du coupleur, par exemple (a) le chevauchement résultant de la connexion au contour d'oreille ou au récepteur de l'appareil de correction auditive peut augmenter la longueur réelle du tube utilisé, tandis que (b) la connexion au raccord de la plaque de couplage ou du simulateur d'embout moulé, qui est considérée comme faisant partie de la longueur effective du tube de couplage, peut réduire en conséquence la longueur réelle du tube utilisé. Voir la Figure 1, la Figure 4 et la Figure 5.

## 3.2 Termes abrégés

CIC	completely-in-the-canal (complètement dans le canal)
ITC	in-the-canal (dans le canal)
IIC	invisible-in-the-canal (invisible dans le canal)
ITE	in-the-ear (intra-auriculaire)
BTE	behind-the-ear (contour d'oreille)
RIC	receiver-in-the canal (récepteur dans le canal)
SPL	sound pressure level (niveau de pression acoustique)

## 4 Conception mécanique du coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup>

### 4.1 Généralités

#### 4.1.1 Lignes directrices générales en matière de conception

Le coupleur consiste essentiellement en une cavité cylindrique dont le volume effectif du coupleur est nominale de 400 mm<sup>3</sup>. Un microphone avec un diaphragme à haute impédance acoustique est situé dans la base de la cavité cylindrique. Une grille de protection peut être installée ou non. Le microphone mesure le niveau de pression acoustique (SPL) dans le coupleur.

Le coupleur doit être constitué d'un matériau qui n'a aucune influence négative sur ses performances. Par exemple, il convient qu'il soit dur d'un point de vue acoustique et stable d'un point de vue dimensionnel. La construction générale du coupleur et le montage du microphone

doivent être conçus de manière à réduire la réponse aux vibrations de tout écouteur ou aux sons extérieurs à la cavité.

Il convient de maintenir aussi petit que possible le diamètre extérieur du coupleur afin de réduire le plus possible les erreurs de diffraction qui peuvent affecter les mesurages lorsque le coupleur est placé dans un champ sonore. Voir l'Annex C.

NOTE En raison du petit volume effectif, le coupleur de  $0,4 \text{ cm}^3$  produit un niveau de pression acoustique de sortie à 1 kHz qui est supérieur d'environ 14 dB aux données obtenues avec le coupleur de  $2 \text{ cm}^3$ , dans les mêmes conditions, en utilisant un écouteur avec une impédance de source élevée et un petit volume de couplage.

#### 4.1.2 Limites d'acceptation

Les limites d'acceptation dans le présent document incluent des provisions pour la conception, la fabrication et le vieillissement. Dans les paragraphes suivants, des limites d'acceptation sont fournies pour les valeurs admissibles des déviations mesurées par rapport aux objectifs de conception. Toutes les spécifications concernant la conformité aux exigences de la présente norme sont données sous forme de limites d'acceptation. L'Annexe E décrit des exemples d'évaluations de la conformité aux spécifications du présent document.

### 4.2 Dimensions de la cavité

#### 4.2.1 Dimensions critiques

Les dimensions critiques du coupleur sont celles qui déterminent la forme et le volume de la cavité terminée par un microphone de mesure, et l'évent d'égalisation de la pression statique.

#### 4.2.2 Volume effectif du coupleur et dimensions de la cavité

Le volume effectif du coupleur doit être de  $400 \text{ mm}^3 \pm 6 \text{ mm}^3$ .

Toute contribution au volume de la cavité provenant de sources autres que la cavité elle-même, telles que la cavité avant et l'impédance du microphone de mesure, l'évent d'égalisation de la pression statique et toute butée d'insertion du microphone installée, doit être incluse dans le volume effectif du coupleur. Par conséquent, il convient de concevoir la hauteur de la cavité cylindrique de manière à ce que le volume effectif du coupleur soit conforme aux exigences pour tous les modèles de microphones destinés à être utilisés avec le coupleur.

Le diamètre  $d_1$  de la cavité cylindrique du coupleur doit être de  $9,45 \text{ mm} \pm 0,04 \text{ mm}$ .

### 4.3 Procédure de vérification du volume effectif du coupleur

Le volume effectif du coupleur doit être vérifié avec une incertitude élargie inférieure à l'incertitude maximale admise spécifiée dans le Tableau 2.

Un moyen de vérifier le volume effectif est donné à l'Annex A.

### 4.4 Microphone

#### 4.4.1 Généralités

Un microphone étalonné doit être monté avec le diaphragme installé au centre dans la base du coupleur. Le volume effectif du coupleur doit inclure la contribution du microphone et de toute grille de protection dont il est équipé.

Dans la plage de fréquences comprise entre 100 Hz et 16 kHz, le niveau global de sensibilité à la pression du microphone et du système de mesure associé doit être connu avec une incertitude ne dépassant pas 0,5 dB pour une probabilité ou niveau de confiance de 95 %. Le microphone doit être amovible pour l'étalonnage.

#### 4.4.2 Type de microphone

Un microphone de type WS3P, comme cela est spécifié dans l'IEC 61094-4 [4], est préférentiel.

NOTE Le volume équivalent d'un microphone WS3P est d'environ 0,25 mm<sup>3</sup>.

D'autres types de microphones peuvent être utilisés, à condition qu'ils répondent aux exigences de 4.4.1.

#### 4.5 Événement d'égalisation de la pression statique

Toute variation de la pression statique à l'intérieur de la cavité causée par le couplage de l'appareil de correction auditive ou de l'écouteur au coupleur et au microphone doit décroître vers la pression statique ambiante avec une constante de temps inférieure à 1,5 s. Lorsque cela nécessite l'introduction d'une fuite contrôlée dans le coupleur, celle-ci doit avoir les caractéristiques suivantes:

- a) elle ne doit pas modifier le volume de la cavité de plus de 4 mm<sup>3</sup>,
- b) elle doit atténuer les sons extérieurs qui atteignent la cavité, l'ouverture de la plaque de couplage étant scellée, d'au moins 16 dB à 125 Hz, avec une augmentation de 6 dB par octave pour les fréquences croissantes jusqu'à 2 kHz.

NOTE 1 L'égalisation peut être réalisée, par exemple, par un tube capillaire.

NOTE 2 La constante de temps peut être mesurée comme le temps nécessaire pour que la pression statique à l'intérieur du coupleur diminue de 64 % après une augmentation soudaine de la pression statique à l'intérieur du coupleur.

#### 4.6 Niveau d'impédance acoustique de transfert

Le niveau de l'impédance de transfert du coupleur et les intervalles d'acceptation associées doivent être conformes aux spécifications du Tableau 1.

**Tableau 1 – Module du niveau d'impédance acoustique de transfert et intervalles d'acceptation associées**

Fréquence nominale Hz	Niveau d'impédance acoustique de transfert en dB re 1 Ns/m <sup>5</sup>	
	Niveau	Intervalle d'acceptation
250	167,0	±0,5
1 000	155,3	±0,7
2 000	149,2	±0,7
4 000	143,5	±1,0
8 000	138,7	±1,2
16 000	136,5	±2,5

NOTE Les mesurages effectués à des fréquences intermédiaires, bien que ne faisant pas partie de la spécification, peuvent néanmoins fournir des informations supplémentaires.

## 5 Étalonnage

### 5.1 Conditions d'environnement de référence

Les conditions d'environnement de référence sont les suivantes:

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

## 5.2 Méthode d'étalonnage

Le fabricant doit fournir dans un manuel d'instructions une méthode d'étalonnage pour le système de microphone.

Le fabricant doit également fournir:

- Le volume effectif du coupleur à 250 Hz. Une méthode pour effectuer le mesurage est donnée à l'Annex A.
- Le produit de l'impédance acoustique et de la fréquence, exprimé en niveau et en fonction de la fréquence. Une méthode pour effectuer le mesurage est donnée à l'Annex B.

Idéalement, il convient d'effectuer l'étalonnage dans les conditions d'environnement de référence indiquées en 5.1. Lorsque les conditions d'environnement sont différentes de celles indiquées en 5.1, les conditions d'environnement réelles au moment de l'essai doivent être indiquées.

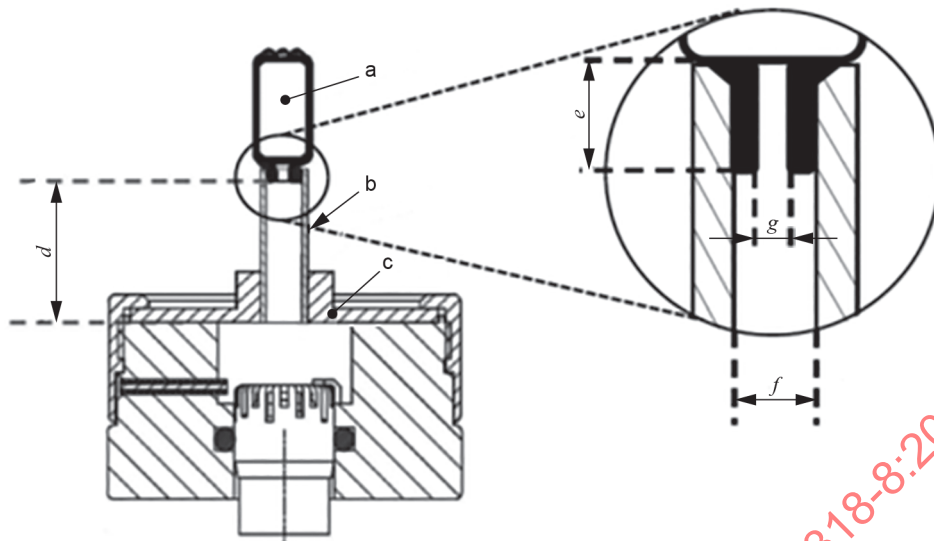
## 6 Couplage des récepteurs et des appareils de correction auditive au coupleur

### 6.1 Couplage à un récepteur d'un appareil de correction auditive au moyen d'un tube

La Figure 1 décrit le couplage avec un récepteur d'appareil de correction auditive. Un diamètre d'alésage correspondant au diamètre extérieur du tube de couplage doit être utilisé dans la plaque de couplage. Le tube doit être fixé au coupleur d'une manière qui ne modifie pas les propriétés acoustiques du coupleur. Il convient que l'extrémité du tube affleure la face inférieure de la plaque de couplage.

Pour les mesurages sur les récepteurs d'appareils de correction auditive, un tube d'un diamètre intérieur de  $1 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$  et d'une longueur effective de tube de couplage de  $5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  doit être utilisé.

Pour une étanchéité plus fiable du tube de couplage sur la plaque de couplage, l'épaisseur de la plaque de couplage peut être augmentée au niveau de la partie centrale.



IEC

**Légende**

- a Récepteur d'appareil de correction auditive
- b Tube de couplage
- c Plaque de couplage avec alésage central correspondant au diamètre extérieur du tube de couplage
- d Longueur effective du tube de couplage
- e Longueur du port de connexion du récepteur
- f Diamètre intérieur du tube de couplage
- g Diamètre effectif du port de connexion du récepteur

**Figure 1 – Couplage à un récepteur d'appareil de correction auditive au moyen d'un tube de couplage**

**6.2 Couplage à un appareil de correction auditive intégré ou connecté à un embout moulé**

Le présent paragraphe 6.2 s'applique à tout style d'appareil de correction auditive intégré ou fixé à un embout moulé.

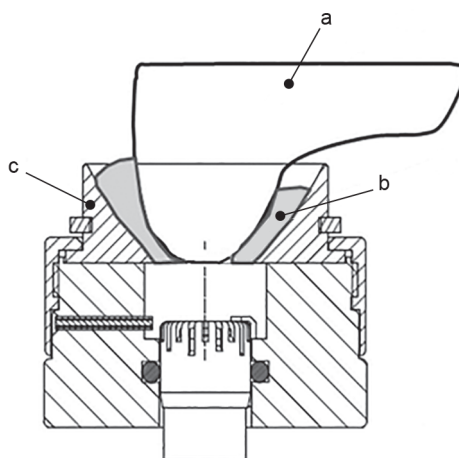
Des exemples d'appareils de correction auditive entièrement intégrés dans un embout moulé sont: ITE (intra-auriculaire), ITC (dans le canal), CIC (complètement dans le canal), IIC (invisible dans le canal).

Un exemple d'appareil de correction auditive partiellement intégré est l'appareil de correction auditive à récepteur dans le canal (RIC).

Les appareils de correction auditive fixés à un embout moulé sont, par exemple, des appareils de correction auditive contour d'oreille (BTE) couplés à un tube de couplage standard ou à un tube fin.

Le dispositif de couplage avec un ITE est représenté à la Figure 2. Le couplage est effectué en fixant l'ITE au moyen d'un produit d'étanchéité au simulateur d'embout ITE de forme concave. Un soin particulier doit être apporté afin d'éviter tout écart ou toute fuite par la fente. Tout évent dans l'instrument doit être scellé du côté du coupleur. L'extrémité du port sonore de l'ITE doit être au même niveau que le plan de référence du coupleur. La plaque de couplage est amovible du coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup>. Cela permet de contrôler la qualité du joint et la position de l'ouverture du port sonore qui fait face au volume intérieur du coupleur.

NOTE En raison de son plus petit volume, le coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup> est plus sensible aux écarts ou aux fuites par les fentes que le coupleur de 2 cm<sup>3</sup>.



IEC

#### Légende

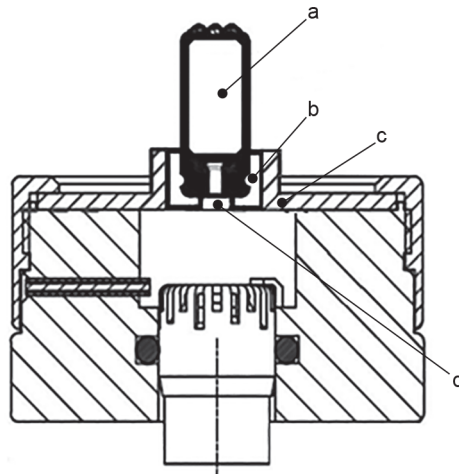
- a ITE
- b Produit d'étanchéité pour sceller l'ITE au support de montage
- c Simulateur d'embout d'oreille ITE

**Figure 2 – Couplage à un ITE, ITC ou CIC**

### 6.3 Couplage à un récepteur dans le canal (RIC)

La Figure 3 représente le couplage d'un récepteur dans le canal au coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup>. Ce système peut être utilisé comme variante à 6.2 à condition qu'un adaptateur de couplage soit disponible. L'adaptateur de couplage est considéré comme faisant partie du système de réception, et sa face inférieure doit donc être alignée à  $\pm 0,5$  mm près sur le plan de référence du coupleur.

Lorsque le récepteur est fixé à un embout moulé, le couplage décrit en 6.2 et à la Figure 2 doit être utilisé.



IEC

**Légende**

- a Récepteur dans le canal (RIC)
- b Adaptateur de couplage spécifique au RIC
- c Plaque de couplage
- d Alésage dans l'adaptateur de couplage spécifique au RIC

**Figure 3 – Couplage à un récepteur dans le canal (RIC)**

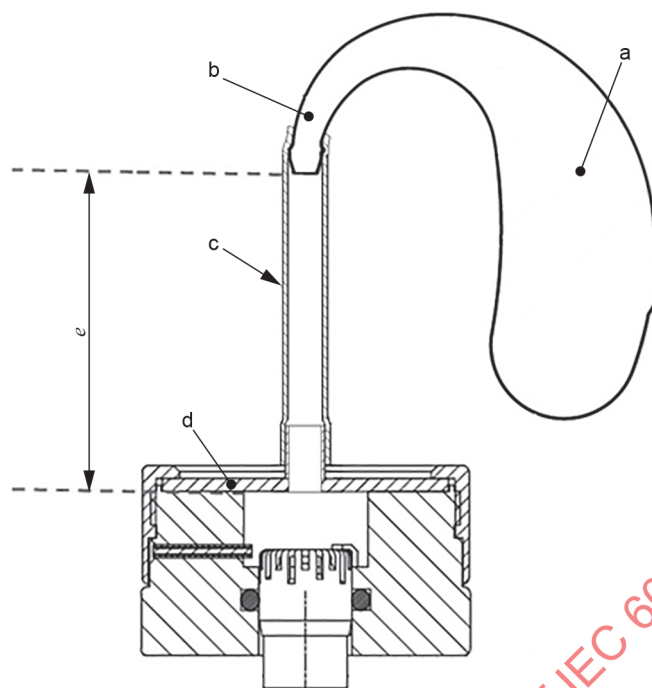
**6.4 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de 2 mm de diamètre intérieur continu**

La Figure 4 représente le couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille au moyen d'un tube de couplage de  $2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  de diamètre intérieur continu, ce qui reflète la pratique d'adaptation la plus courante. Le tube est relié à la plaque de couplage par un raccord de  $2 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  de diamètre intérieur.

Une longueur effective du tube de couplage de  $43 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  doit être utilisée.

NOTE La longueur de 43 mm se compose de 25 mm de longueur de tube normalisée plus 18 mm pour l'embout moulé et comprend l'épaisseur de la plaque de couplage.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022



IEC

**Légende**

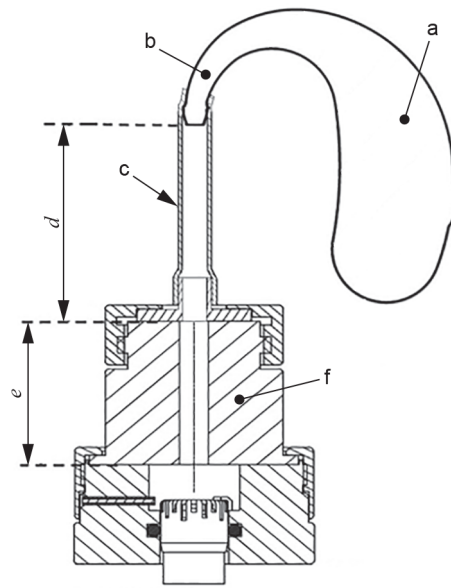
- a Contour d'oreille
- b Crochet d'oreille
- c Tube de couplage avec un diamètre intérieur de 2 mm
- d Plaque de couplage avec un raccord de 2 mm de diamètre intérieur
- e Longueur effective du tube de couplage (plan de référence du coupleur à l'extrémité du crochet)

**Figure 4 – Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille (BTE) avec un tube de couplage de 2 mm de diamètre intérieur continu**

### 6.5 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec simulateur d'embout moulé

La Figure 5 décrit le couplage à un contour d'oreille au moyen d'un tube de couplage d'une longueur effective de 25 mm et d'un diamètre intérieur de 2 mm, relié à un simulateur d'embout moulé d'une longueur de 18 mm et d'un diamètre intérieur de 3 mm.

NOTE Cette configuration est utilisée dans l'IEC 60118-0 [3] comme essai de couplage normalisé.



IEC

**Légende**

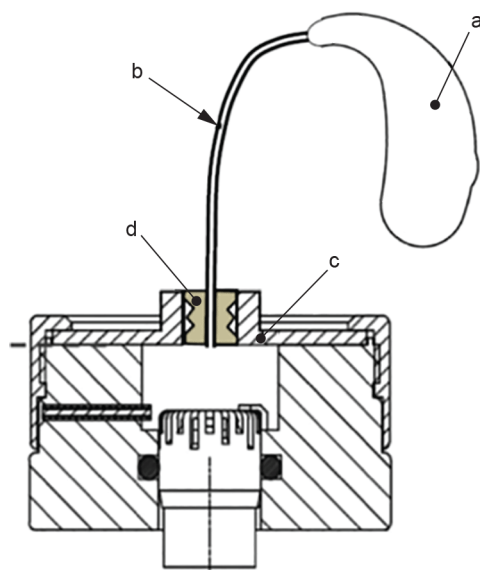
- a Contour d'oreille
- b Crochet d'oreille
- c Tube de couplage
- d Longueur effective du tube de couplage
- e Longueur du simulateur d'embout moulé
- f Simulateur d'embout moulé

**Figure 5 – Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec simulateur d'embout moulé**

**6.6 Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de couplage acoustique fin**

La Figure 6 décrit le couplage d'un contour d'oreille au moyen d'un tube de couplage acoustique fin. En général, les tubes de couplage fins sont prêts à l'emploi, de formes et de longueurs diverses, et sont équipés d'un adaptateur de couplage pour la fixation des dômes. Cet adaptateur permet d'insérer le tube dans un trou correspondant dans la plaque de couplage. L'adaptateur s'aligne sur le plan de référence du coupleur.

Lorsque le tube fin est fermement fixé à un embout moulé sur mesure, un couplage conforme à la Figure 2 doit être utilisé.



IEC

**Légende**

- a Contour d'oreille
- b Tube de couplage fin
- c Plaque de couplage préparée pour accepter l'adaptateur de couplage pour tube fin
- d Adaptateur de couplage pour tube fin

**Figure 6 – Couplage à un appareil de correction auditive contour d'oreille avec un tube de couplage fin**

## 7 Incertitude élargie maximale admissible pour les essais de conformité des coupleurs

La conformité à une spécification de performance est démontrée lorsqu'un écart mesuré par rapport à un objectif de conception ne dépasse pas la ou les limites d'acceptation correspondantes et que le laboratoire a démontré que l'incertitude de mesure associée réelle (pour une probabilité de 95 %, équivalente à un facteur d'élargissement de  $k = 2$ ) ne dépasse pas l'incertitude maximale admissible  $U_{\max}$  indiquée dans le Tableau 2.

Voir également le Guide ISO/IEC 98-3 [5] et le Guide ISO/IEC 98-4 [6].

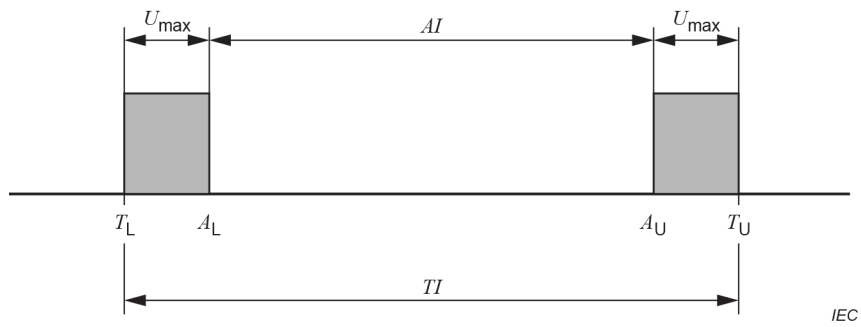
**Tableau 2 – Valeurs de  $U_{\max}$  pour les mesurages**

Grandeur mesurée	Numéro du paragraphe concerné	$U_{\max}$ ( $k = 2$ )
Volume effectif du coupleur	4.2.2	3,5 mm <sup>3</sup>
Diamètre de la cavité cylindrique	4.2.2	0,01 mm
Niveau de sensibilité de la pression du microphone	4.4.1	0,5 dB
Atténuation du bruit	4.5	3 dB
Impédance de transfert 250 Hz à 8 kHz	4.6	0,3 dB
Impédance de transfert 16 kHz	4.6	0,5 dB
Pression ambiante	5.2	0,1 kPa
Température	5.2	0,5 °C
Humidité relative	5.2	5 %
Diamètre intérieur du tube de couplage du récepteur	6.1	0,02 mm
Longueur effective du tube de couplage pour le récepteur	6.1	0,05 mm
Diamètre intérieur du tube de couplage ou du substitut de l'embout moulé	6.4, 6.5	0,2 mm
Longueur du tube de couplage ou du substitut d'embout moulé	6.4, 6.5	0,5 mm

L'incertitude de mesure est composée de plusieurs facteurs:

- l'incertitude liée aux équipements utilisés, tels que les générateurs de son, les sonomètres, les microphones de mesure, le coupleur, etc.;
- les incertitudes qui proviennent du couplage acoustique de l'appareil de correction auditive au coupleur. De telles incertitudes peuvent être relatives au diamètre et à la longueur du tube de couplage;
- l'incertitude liée à l'exactitude et à l'attention portée au positionnement de l'appareil de correction auditive dans l'espace d'essai.

La Figure 7 représente la relation entre l'intervalle d'acceptation (comme indiqué dans le présent document), les bandes de garde et la façon dont l'intervalle de tolérance peut être calculé.

**Légende**

$AI$  intervalle d'acceptation

$TI$  intervalle de tolérance

$U_{max}$  bande de garde pour l'incertitude de mesure maximale admissible pour un intervalle de confiance de 95 %

$A_L$  limite inférieure d'acceptation

$A_U$  limite supérieure d'acceptation

$T_L$  limite inférieure de tolérance

$T_U$  limite supérieure de tolérance

**Figure 7 – Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admissible**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-8:2022

## Annexe A (informative)

### Exemple de méthode de vérification du volume effectif du coupleur

#### A.1 Méthode de vérification du volume effectif du coupleur

Une procédure pour vérifier le volume effectif du coupleur est fondée sur une méthode de comparaison acoustique qui utilise une cavité de référence avec un volume connu et les mêmes dimensions nominales que le coupleur en essai. La procédure s'effectue à 250 Hz.

La méthode utilise une source sonore supplémentaire à haute impédance acoustique et un microphone de contrôle, tous deux montés dans une plaque plate qui peut être fixée à la cavité de référence ou au coupleur en essai, pour générer et mesurer la pression acoustique dans la cavité (voir la Figure A.1).

Une source sonore à haute impédance acoustique fournit une vitesse volumique constante pour une tension d'entrée électrique donnée, quel que soit le volume qu'elle conduit. Étant donné que l'impédance acoustique de la cavité fermée peut être représentée par une simple conformité acoustique, la pression acoustique résultante est inversement proportionnelle au volume effectif de la cavité. Noter que le volume effectif de la cavité dans cette configuration inclut la contribution  $V_s$  de la source sonore et du microphone de contrôle.

En prenant pour hypothèse de courts mesurages successifs de la pression acoustique dans la cavité de référence et dans le coupleur en essai, de sorte que la température ambiante et la pression atmosphérique soient inchangées, alors

$$p_{\text{coupleur}} (V_{\text{coupleur}} + V_s) = p_{\text{réf}} (V_{\text{réf}} + V_s)$$

où

$V_{\text{réf}}$  est le volume connu de la cavité de référence

$V_{\text{coupleur}}$  est le volume du coupleur en essai

$p_{\text{réf}}$  est la pression acoustique dans la cavité de référence

$p_{\text{coupleur}}$  est la pression acoustique dans le coupleur en essai.

Ensuite, lorsque  $V_s$  est estimé être négligeable

$$V_{\text{coupleur}} = \frac{p_{\text{réf}}}{p_{\text{coupleur}}} V_{\text{réf}}$$

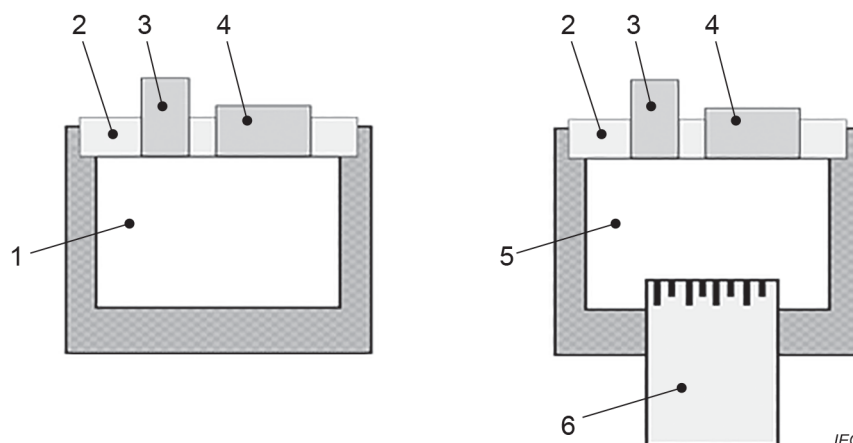
où  $p_{\text{réf}}/p_{\text{coupleur}}$  est donné par le rapport correspondant des tensions de sortie du microphone de contrôle.

L'erreur, due à la négligence de  $V_s$  est:

$$V_{\text{err}} = \frac{p_{\text{réf}}}{p_{\text{coupleur}}} V_s - V_s$$

Il convient d'en tenir compte dans l'incertitude de mesure.

L'erreur  $V_{\text{err}}$  est rendue la plus petite possible lorsque  $V_{\text{réf}}$  et  $V_{\text{coupleur}}$  sont égaux, et donc le volume nominal de  $V_{\text{réf}}$  doit être proche du volume nominal de  $V_{\text{coupleur}}$ .



### Légende

- |   |                     |   |                                 |
|---|---------------------|---|---------------------------------|
| 1 | cavité de référence | 4 | sonde de source sonore          |
| 2 | sonde de mesure     | 5 | cavité du coupleur pour l'essai |
| 3 | sonde de microphone | 6 | microphone du coupleur          |

**Figure A.1 – Configuration de mesure pour le mesurage du volume du coupleur**

## A.2 Incertitude de mesure

Le Tableau A.1 énumère les composantes de l'incertitude de mesure et leur valeur type. Le Tableau A.1 est destiné à être utilisé uniquement comme un guide et il convient de ne pas l'utiliser comme substitut à une analyse d'incertitude fondée sur une configuration de mesure spécifique.

**Tableau A.1 – Composantes types de l'incertitude de mesure dans le mesurage du volume effectif**

Composante de l'incertitude	Incetitude type (demi-plage, sauf indication contraire – voir la NOTE)	Contribution à l'incertitude sur le volume effectif  mm <sup>3</sup>
Diamètre du volume de référence	0,03 mm	1,2
Longueur du volume de référence	0,01 mm	0,5
Hypothèse selon laquelle le volume de référence est un cylindre parfait	négligeable	0
Hypothèse selon laquelle le volume de référence est une pure conformité acoustique	négligeable	0
Mesurage du rapport de tension	0,025 dB	0,7
Volume de la source sonore et du microphone de contrôle	0,5 mm <sup>3</sup>	0,3
Répétabilité de mesure (écart-type)	0,5 mm <sup>3</sup>	0,5

NOTE Une demi-plage est une incertitude de la forme  $\pm a$  où  $a$  définit la valeur minimale et maximale attendue du paramètre, et une valeur n'importe où dans cette plage est également probable (distribution de probabilité rectangulaire).

Il est estimé qu'une détermination du volume effectif selon cette méthode peut atteindre une incertitude élargie avec une probabilité de confiance de 95 % (ou un facteur d'élargissement  $k = 2$ ), de moins de 3,5 mm<sup>3</sup>, en tenant compte de l'installation et de la procédure de mesure.

## Annexe B (informative)

### Exemple de méthode de mesure de l'impédance acoustique de transfert du coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup>

#### B.1 Procédure de mesure

##### B.1.1 Impédance acoustique de transfert

Aux basses fréquences, l'impédance acoustique de transfert du coupleur de 0,4 cm<sup>3</sup> peut être considérée comme une conformité acoustique pure, et ne dépendant que du volume effectif du coupleur. Au-dessus de 2 kHz environ, en raison de l'apparition de la première résonance longitudinale, l'impédance acoustique de transfert s'écarte d'une simple conformité acoustique.

Le mesurage absolu de l'impédance acoustique de transfert exige l'utilisation d'une source sonore dont la vitesse volumique  $q(f)$  est connue et le mesurage de la pression acoustique à l'intérieur du coupleur. Après cela:

$$|Z_A|(f) = \frac{p(f)}{q(f)} \quad (\text{B.1})$$

En pratique, la vitesse volumique de la source sonore est normalement inconnue. Cependant, une méthode est donnée dans le cas présent, fondée sur le principe d'étalonnage de réciprocité dérivé de l'IEC 61094-2 [7] et élaboré à l'Annexe A de l'IEC 60318-1:2009 [8], où il est indiqué que

$$Z_A(f) = \frac{1}{S_T(f)S_R(f)} \frac{e(f)}{i(f)} \quad (\text{B.2})$$

où  $S_T$  et  $S_R$  sont les sensibilités à la pression du microphone émetteur et du microphone récepteur respectivement,  $i$  est le courant de commande et  $e$  est la tension de sortie du microphone coupleur.

Toutefois, l'impédance acoustique de transfert à 250 Hz peut être déterminée à partir du volume effectif du coupleur mesuré selon la méthode donnée à l'Annex A.

$$Z_A(250) = \frac{\gamma P_0}{500\pi V} \quad (\text{B.3})$$

où  $\gamma$  est le rapport des échauffements spécifiques de l'air (1,402) et  $P_0$  est la pression statique de référence.

En normalisant (Article B.1) par l'impédance acoustique de transfert à 250 Hz:

$$\frac{Z_A(f)}{Z_A(250)} = \frac{S_T(250)}{S_T(f)} \frac{S_R(250)}{S_R(f)} \frac{e(f)/e(250)}{i(f)/i(250)} \quad (\text{B.4})$$

L'impédance normalisée est donc considérée comme proportionnelle aux réponses en fréquence des sensibilités des microphones et de la tension de sortie.

L'utilisation d'un microphone de type WS3 est recommandée comme source sonore. Il peut être pris comme hypothèse que son impédance électrique est purement capacitive et qu'elle est réciproque.

Lorsque le microphone est alimenté par une tension constante, le courant de commande est directement proportionnel à la fréquence, et  $i(f)/i(250) = f/250$ .

Comme le microphone est réciproque, la réponse en fréquence de la sensibilité en tant qu'émetteur est égale à la réponse en fréquence lorsqu'elle est utilisée en tant que récepteur. Cette réponse en fréquence peut être déterminée en utilisant un actionneur électrostatique comme cela est décrit dans l'IEC 61094-6 [9].

Ainsi

$$Z_A(f) = Z_A(250) \frac{1}{S'_T(f)S'_R(f)} e'(f) \frac{250}{f} \quad (\text{B.5})$$

où  $S'_T(f)$  et  $S'_R(f)$  sont les réponses en fréquence des microphones de l'émetteur et du récepteur respectivement, et  $e'(f)$  est la réponse en fréquence de la tension de sortie du microphone du récepteur en réponse au microphone de l'émetteur alimenté par une tension constante, où toutes les réponses en fréquence sont normalisées à 250 Hz.

Noter que dans le cas où les microphones de l'émetteur et du récepteur sont étalonnés sur toute la largeur de bande de mesure et que le courant de l'émetteur est déterminé dans le cadre du processus de mesure, il n'est plus nécessaire de déterminer le volume effectif du coupleur et l'impédance acoustique de transfert peut être calculée directement à partir de l'Équation (B.2).

### B.1.2 Montage pour le mesurage de l'impédance acoustique de transfert du coupleur

La Figure B.1 représente le montage de l'essai.

Un microphone WS3 est utilisé comme microphone d'émission. Il convient de veiller à aligner le diaphragme du microphone sur le plan de référence du coupleur pour éviter d'introduire un volume supplémentaire.

La tension de commande constante est appliquée au microphone émetteur au moyen d'un adaptateur de microphone émetteur.

Il convient de mesurer la réponse en fréquence de la tension de sortie résultant du microphone du coupleur avec un analyseur de fréquence approprié.