

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Electroacoustics – Simulators of human head and ear –

Part 7: Head and torso simulator for the measurement of sound sources close to the ear

Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –

Partie 7: Simulateur de tête et de torse pour le mesurage des sources sonores à proximité de l'oreille



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
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

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

IEC Products & Services Portal - 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

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

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

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

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

IEC Products & Services Portal - 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

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 7: Head and torso simulator for the measurement of sound sources close to the ear

Électroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines –

Partie 7: Simulateur de tête et de torse pour le mesurage des sources sonores à proximité de l'oreille

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-0857-1

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
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Construction	11
4.1 General	11
4.2 Geometrical dimensions of the manikin	11
4.2.1 Head and torso	11
4.2.2 Pinna simulators for hearing aid measurements	13
4.2.3 Ear canal extension	14
4.2.4 Ear simulator	16
4.2.5 Materials	16
4.3 Acoustical characteristics of the manikin	17
4.3.1 Free-field frequency response	17
4.3.2 Diffuse-field frequency response	19
4.3.3 Acceptance intervals	20
4.3.4 Openings	20
5 Calibration	21
5.1 Reference environmental conditions	21
5.2 Calibration method	21
5.2.1 General	21
5.2.2 Test signal, test space and measurement equipment	21
5.2.3 Measurement of sound pressure level	22
5.2.4 Alignment of manikin azimuth and elevation	23
5.2.5 Test for sound leakage	23
6 Marking and instruction manual	23
6.1 Markings of the manikin	23
6.2 Instruction manual	24
7 Maximum permitted uncertainty of measurements	24
Annex A (informative) Design example of an anatomically shaped manikin	26
Annex B (informative) Design examples of a geometrically shaped manikin	27
Annex C (informative) Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement	29
Annex D (informative) 3D representation of example pinna simulators	30
D.1 Background	30
D.2 Scanning technique	30
D.3 Examples of pinna simulator shape	30
D.4 Verification of conformance	31
Bibliography	32
Figure 1 – Manikin geometrical references	8
Figure 2 – Coordinate scheme for azimuth and elevation angles	9
Figure 3 – Illustration of manikin head and torso dimensions	12
Figure 4 – Illustration of manikin pinna simulator dimensions	15
Figure A.1 – Example of an anatomically shaped manikin	26

Figure B.1 – Example 1 of a geometrically shaped manikin	27
Figure B.2 – Example 2 of a geometrically shaped manikin	28
Figure C.1 – Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement	29
Figure D.1 – Example of a pinna simulator (embedded 3D PDFs)	31
Table 1 – Manikin head and torso dimensions.....	13
Table 2 – Dimensions of the pinna simulator and the cylindrical ear canal extension of the manikin	15
Table 3 – Dimensions of the pinna simulator and the tapered ear canal extension of the manikin	16
Table 4 – Free-field frequency response of the manikin (right ear) for an azimuth angle of 0° in one-twelfth-octave bands	18
Table 5 – Free-field frequency responses of the manikin (right ear) for azimuth angles of 90°, 180° and 270° in one-twelfth-octave bands	19
Table 6 – Diffuse-field frequency response of the manikin (right ear) in one-third-octave bands	20
Table 7 – Maximum permitted uncertainty $U_{\max}$ for type approval measurements	25

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-7:2022

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROACOUSTICS –
SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –****Part 7: Head and torso simulator for the measurement
of sound sources close to the ear**

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 60318-7 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics. It is an International Standard.

This publication contains attached files in the form of 3D PDF files. These files are intended to be used as a complement and do not form an integral part of the publication.

This edition cancels and replaces IEC TS 60318-7:2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC TS 60318-7:2017:

- a) changing the title;
- b) extending the scope to sound sources close to the ear.

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

Draft	Report on voting
29/1118/FDIS	29/1121/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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at 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 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 publication 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.

ELECTROACOUSTICS – SIMULATORS OF HUMAN HEAD AND EAR –

Part 7: Head and torso simulator for the measurement of sound sources close to the ear

1 Scope

This part of IEC 60318 describes a head and torso simulator, or manikin, intended for the measurement of sound sources placed close to the ear in the frequency range from 100 Hz to 16 000 Hz.

The manikin described in this document is intended for airborne acoustic measurements only. It is not suitable for measurements which depend upon vibration transmission paths such as bone conduction, or for measurements requiring the simulation of bone or tissue.

This document specifies the manikin in terms of both its geometrical dimensions and its acoustical properties. Only manikins compliant with both sets of specifications are in conformance with this document.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60118-8, *Electroacoustics – Hearing aids – Part 8: Methods of measurement of performance characteristics of hearing aids under simulated in situ working conditions*

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*

IEC 61260-1, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications*

ISO 3, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

3 Terms and definitions

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

manikin

head and torso simulator

simulator of a median adult human head and part of the torso extending in total from the top of the head to the waist and designed to simulate the sound pick-up characteristics and acoustic diffraction

Note 1 to entry: The head and torso simulator includes two pinna simulators, and at least one occluded-ear simulator.

3.2

manikin type

designation of the manikin as either anatomical or geometrical in shape

3.3

pinna simulator

device which has the approximate shape and dimensions of a median adult human pinna

3.4

ear simulator

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

Note 1 to entry: In this document, an ear simulator comprises an ear canal extension and an occluded-ear simulator (see 4.2.4).

3.5

occluded-ear simulator

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

Note 1 to entry: An occluded-ear simulator is standardised in IEC 60318-4.

3.6

ear canal extension

device that provides a connection between the occluded-ear simulator and the aperture of the device simulating the concha

3.7

reference plane of the occluded-ear simulator

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

3.8

reference point of the manikin

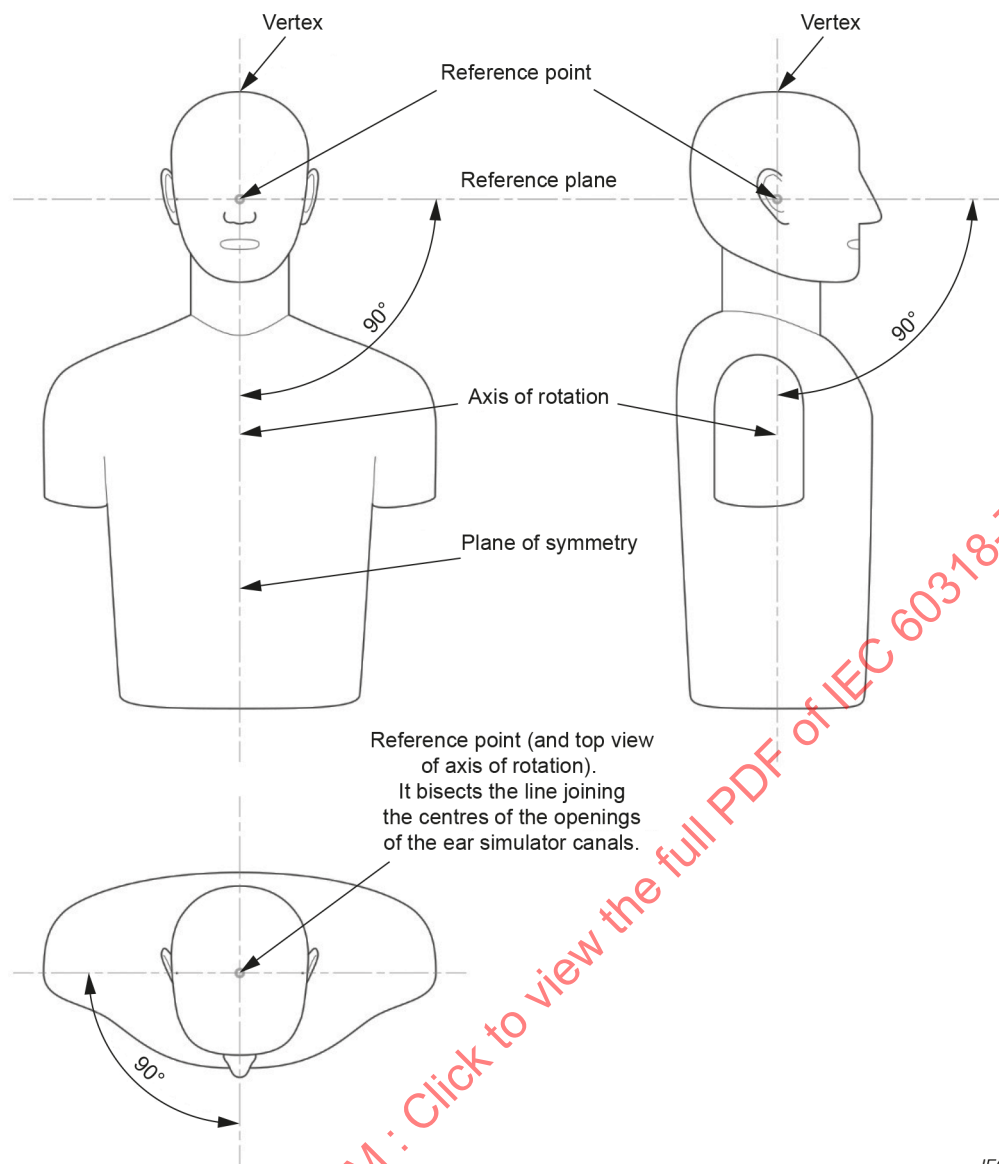
point bisecting the line joining the right and left ear canal entrance points (EEP, 3.17)

3.9

plane of symmetry of the manikin

plane passing through the reference point of the manikin that divides the left and right portions of the manikin into symmetrical halves, within the allowed tolerances, where left and right is interpreted as for the human torso

Note 1 to entry: See Figure 1.



IEC

NOTE The reference point of the manikin is situated within the head.

Figure 1 – Manikin geometrical references

3.10

axis of rotation of the manikin

straight line about which the manikin can be rotated, passing through the reference point of the manikin, lying in the plane of symmetry of the manikin, and having a direction that would be vertical if the manikin were mounted in a position corresponding to that of a standing person

SEE: Figure 1.

3.11

reference plane of the manikin

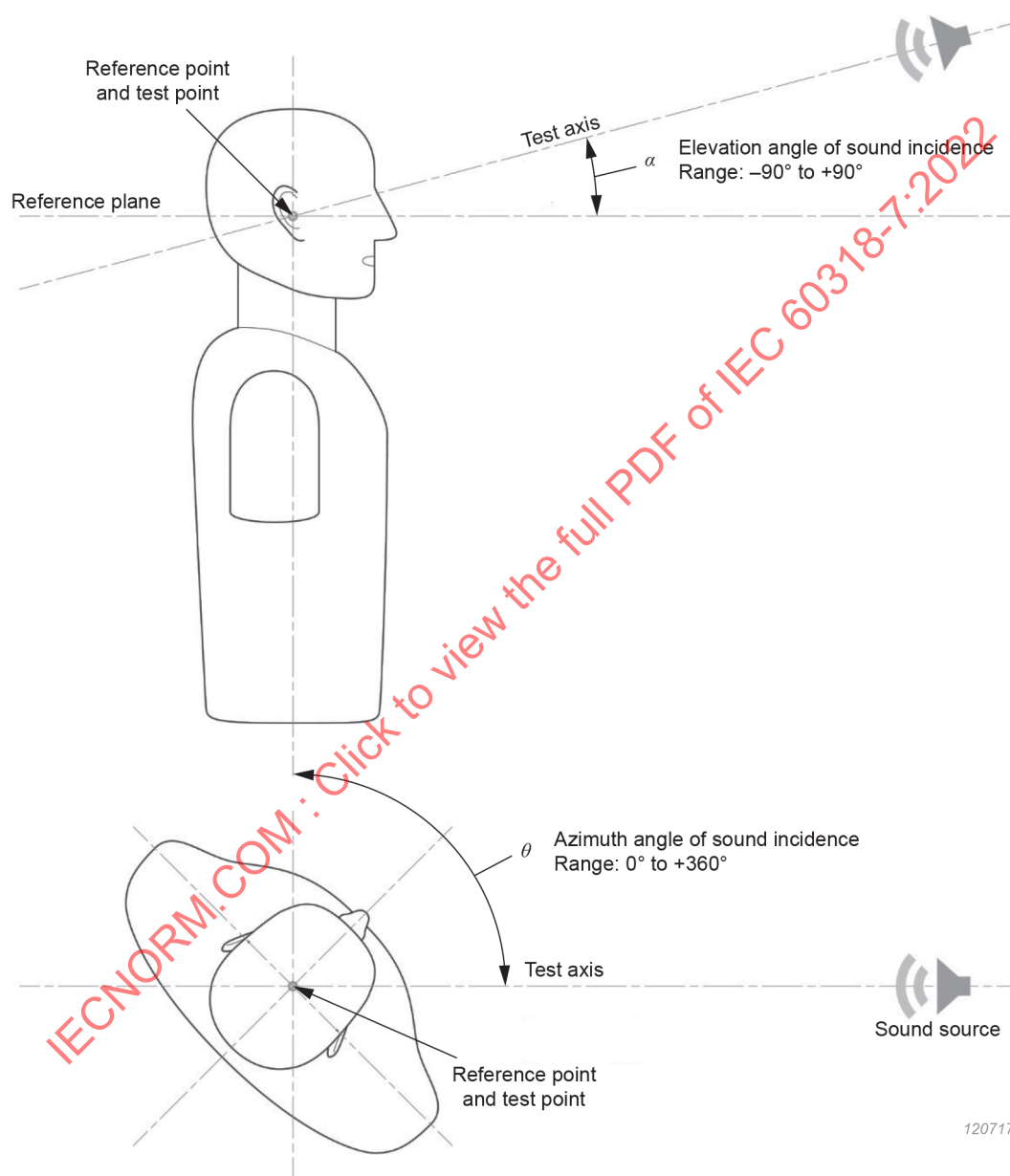
plane perpendicular to the axis of rotation that contains the reference point of the manikin

SEE: Figure 1.

3.12**test point**

reproducible position in the test space at which the sound pressure level is measured with the manikin absent and at which the reference point of the manikin is to be located for test purposes

Note 1 to entry: See Figure 2.



120717

IEC

Figure 2 – Coordinate scheme for azimuth and elevation angles

3.13**test axis**

line joining the test point and the acoustic centre of the sound source

SEE: Figure 2.

3.14

test plane

plane perpendicular to the test axis and containing the test point

3.15

azimuth angle of sound incidence

angle between the plane of symmetry of the manikin and the plane defined by the axis of rotation of the manikin and the test axis

Note 1 to entry: When the manikin faces the sound source, the azimuth angle of sound incidence is defined as 0° . When the right ear of the manikin faces the sound source, the angle is defined as $+90^\circ$. When the left ear of the manikin faces the sound source, the angle is defined as $+270^\circ$.

SEE: Figure 2.

3.16

elevation angle of sound incidence

angle between the reference plane of the manikin and the test axis

Note 1 to entry: When the vertex points towards the sound source, the elevation angle is defined as $+90^\circ$. When the test axis lies in the reference plane of the manikin, the elevation angle is defined as 0° .

SEE: Figure 2.

3.17

ear canal entrance point

EEP

point located at the centre of the manikin ear canal at the junction between concha and ear canal extension

3.18

transverse plane of the manikin

plane perpendicular to the plane of symmetry of the manikin and containing the axis of rotation

3.19

reference position of the manikin

position of the manikin in the test space where the reference point of the manikin coincides with the test point, and the azimuth and elevation angles are both equal to zero

3.20

manikin free-field frequency response

difference, as a function of frequency, between the sound pressure level at the ear simulator microphone with the reference point of the manikin at the test point within a free-field measurement environment and the sound pressure level at the test point with the manikin absent

3.21

manikin diffuse-field frequency response

difference, as a function of frequency, between the sound pressure level at the ear simulator microphone with the reference point of the manikin at the test point within a diffuse-field measurement environment and the sound pressure level at the test point with the manikin absent

4 Construction

4.1 General

The simulator consists of a head mounted on a torso that extends to the waist. The head is equipped with simulated pinnae and one or two occluded-ear simulators formed of cavities having acoustic impedance terminations corresponding to that of a median human adult, and microphones located at positions corresponding to the eardrums. It has been designed to provide acoustic diffraction similar to that encountered around the median human head and torso. Measurement results obtained with a manikin can differ substantially from similar measurements made on an individual person, due to anatomical variations. Measurement results for a given hearing aid obtained with different models of manikin conforming to this document can also differ, depending on the type and the method of fitting the hearing aid. The same holds for measurement results obtained with the same manikin model but with different models of pinna simulators.

NOTE 1 Above 10 kHz, an occluded-ear simulator conforming to IEC 60318-4 does not simulate the acoustic impedance of the human ear and can only be used as an acoustic coupler in this frequency range.

The realization of the manikin conforming to this document can be either anatomically shaped (see Annex A) or geometrically shaped (see Annex B) and can have different anatomically shaped pinna simulators. The realization of the ear canal entrance, together with the additional ear canal extension, can be either cylindrical or tapered in shape. This enables measurements of all types of insert devices, for example behind-the-ear (BTE) and in-the-ear (ITE) hearing aid designs.

NOTE 2 Nevertheless, some specific ITE hearing aid models might not be compatible.

This document covers both the geometrical dimensions of the manikin's head, torso, pinnae and ear canals and the manikin's acoustical characteristics. As a minimum, the manikin shall be specified with cylindrical ear canal extensions and comply with the appropriate acoustical characteristics. Optionally, tapered ear canal extensions may also be specified. The model and type of the manikin used (see 3.2) and the model of the pinna simulator used shall be stated when giving results of measurements made with the manikin.

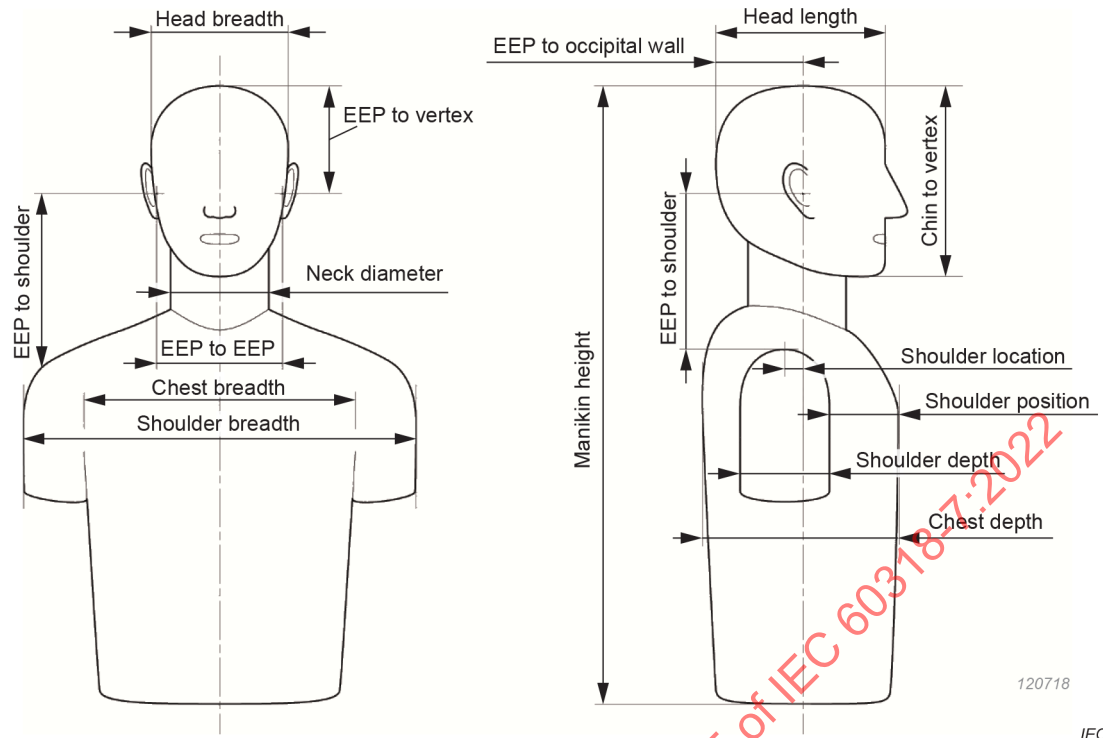
4.2 Geometrical dimensions of the manikin

4.2.1 Head and torso

The geometrical dimensions of the head and the torso are illustrated in Figure 3, and listed in Table 1. The realization of the head (excluding the pinnae) and of the torso can be either anatomically shaped or geometrically shaped. Anatomically shaped manikins are not necessarily completely symmetrical and may be described as "quasi-symmetrical", when staying within the allowable differences from the completely symmetrical manikin. Both anatomically and geometrically shaped manikins shall conform to the specified ranges of geometrical dimensions and acoustical characteristics specified in this document.

The acceptance interval of the quasi-symmetrical left and right portion of the manikin shall be ± 2 mm for the head and ± 3 mm for the torso with respect to the plane of symmetry.

NOTE For measurements that include both head and torso dimensions, for example EEP to shoulder, the acceptance interval sums up to ± 5 mm.



NOTE For position of ear canal entrance point (EEP), see Figure 4.

Figure 3 – Illustration of manikin head and torso dimensions

Table 1 – Manikin head and torso dimensions

Linear dimension of	Nominal	Minimum	Maximum	Average human data [1] ¹
	mm	mm	mm	mm
Head breadth	151	148	153	151
Head length	195	190	204	188
EEP to vertex	130	128	135	130
EEP to EEP distance	132	130	134	132
EEP to occipital wall	95	93	99	95
Chin-to-vertex length	220	217	225	222
EEP to shoulder ^c	175	169	181	176
Neck diameter	113	111	115	112
Shoulder breadth	432	399	456	427
Chest breadth	282	280	284	291
Chest depth	219	180	241	–
Shoulder depth ^d	110	108	161	–
Shoulder location ^{b, e}	6	–4	20	–
Shoulder position ^{a, f}	78	76	80	–
Manikin height	–	600	–	–

NOTE To be independent of the type of pinna simulator used, this document uses the ear canal entrance point (EEP) rather than the trignon as a reference point. The differences between both sets of values are chosen in conformity with [2] to be 5 mm for EEP to vertex, –11 mm for left EEP to right EEP, –3 mm for EEP to occipital wall and –5 mm for EEP to shoulder.

^a For anatomically shaped manikin only.

^b For geometrically shaped manikin only.

^c Measured from the shoulder surface, 175 mm sideways from the plane of symmetry, to the reference plane of the manikin.

^d Measured between front and back shoulder points, 175 mm sideward from the plane of symmetry of the manikin.

^e Measured from the point of the shoulder section, 175 mm sideward from the plane of symmetry, to the transverse plane of the manikin (positive behind transverse plane).

^f Measured between front shoulder point, 175 mm sideward from the plane of symmetry of the manikin to the front-most point on the torso.

4.2.2 Pinna simulators for hearing aid measurements

The right and left pinna simulators shall be anatomically shaped.

NOTE 1 3D representations of example pinna simulators are shown in Annex D.

For each type of manikin, only one pair of pinna simulators with cylindrical ear canal extensions and optionally only one pair of pinna simulators with the tapered ear canal extensions shall be specified. Their principal dimensions and orientation are illustrated in Figure 4 a), b) and c), and listed in Table 2 and Table 3.

The acceptance intervals of the quasi-symmetrical left and right pinna simulator of the manikin shall be ± 2 mm.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

NOTE 2 In addition to the pinna simulators described in this document, there are many other models of pinna simulator on the market, for instance a small one used for the measurement of earphones (see IEC 60268-7). However, these pinna simulators are not intended for hearing aid measurements.

4.2.3 Ear canal extension

Only the cylindrical or tapered ear canal extensions specified in Table 3 shall be used. A cylindrical ear canal extension shall have a nominal diameter of 7,50 mm. A tapered ear canal shall have a nominal diameter of 7,50 mm where it couples to the occluded-ear simulator and a maximum diameter of 7,60 mm where it couples to the bottom of the concha of the pinna simulator.

NOTE The cylindrical ear canal extension is intended primarily for the measurement of behind-the-ear and full-concha in-the-ear hearing aids and insert earphones. The tapered ear canal extension is intended for the measurement of in-the-ear and completely-in-the-canal hearing aids and insert earphones.

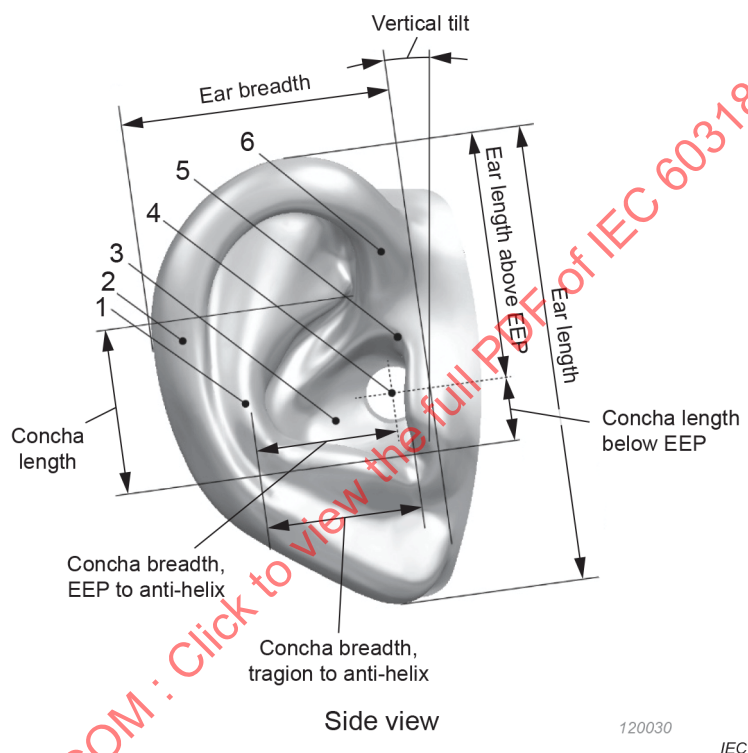


Figure 4 a) – Pinna simulator

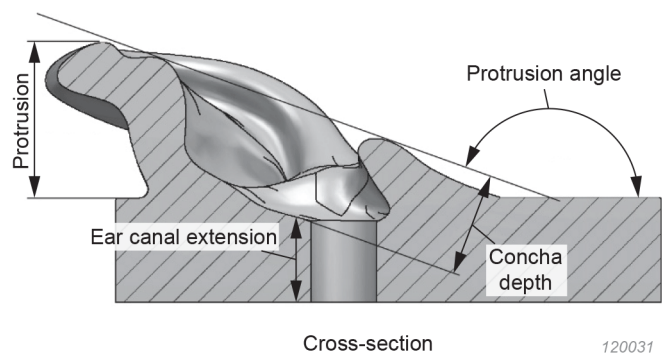


Figure 4 b) – Ear canal extension cylindrical

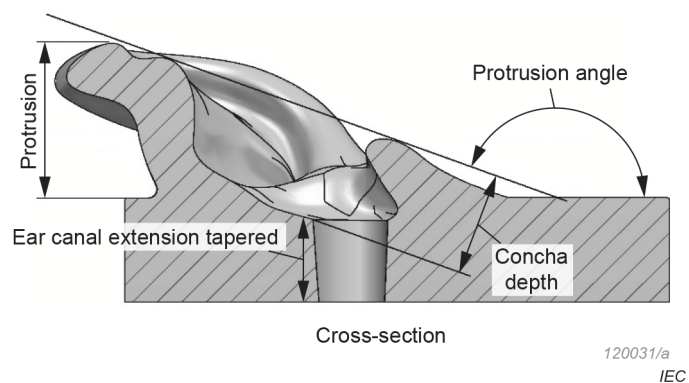


Figure 4 c) – Ear canal extension tapered

Key

- 1 anti-helix
- 2 helix
- 3 concha
- 4 EEP
- 5 tragon
- 6 crus of helix

Figure 4 – Illustration of manikin pinna simulator dimensions**Table 2 – Dimensions of the pinna simulator and the cylindrical ear canal extension of the manikin**

Linear dimension of	Nominal	Minimum	Maximum
Ear length	65 mm	64 mm	67 mm
Ear length above EEP	35 mm	33 mm	38 mm
Ear breadth	37 mm	36 mm	38 mm
Ear protrusion	20 mm	18 mm	24 mm
Ear protrusion angle	160°	159,5°	160,5°
Vertical tilt front view	9°	7,5°	10,5°
Vertical tilt side view	6°	5,5°	6,5°
Concha length	24 mm	23 mm	26 mm
Concha length below EEP	10 mm	8 mm	11 mm
Concha breadth, tragon to anti-helix	23 mm	22 mm	24 mm
Concha breadth, EEP to anti-helix	17 mm	14 mm	20 mm
Concha depth	13 mm	11 mm	16 mm
Diameter of ear canal extension	7,50 mm	7,40 mm	7,60 mm
Length of ear canal extension	10 mm	9 mm	11 mm

Table 3 – Dimensions of the pinna simulator and the tapered ear canal extension of the manikin

Linear dimension of	Nominal	Minimum	Maximum
Ear length	66 mm	65 mm	67 mm
Ear length above EEP	36 mm	35 mm	37 mm
Ear breadth	37 mm	36 mm	38 mm
Ear protrusion	23 mm	19 mm	24 mm
Ear protrusion angle	160°	159,5°	160,5°
Vertical tilt front view	10°	8°	10,5°
Vertical tilt side view	6°	5,5°	6,5°
Concha length	28 mm	24 mm	29 mm
Concha length below EEP	10 mm	9 mm	11 mm
Concha breadth, tragon to anti-helix	23 mm	22 mm	24 mm
Concha breadth, EEP to anti-helix	23 mm	19 mm	24 mm
Concha depth	15 mm	12 mm	16 mm
Diameter of ear canal extension at the reference plane of the occluded-ear simulator	7,50 mm	7,40 mm	7,60 mm
Diameter of ear canal extension at the pinna simulator	10 mm	9,5 mm	10,5 mm
Length of ear canal extension	8,8 mm	7,8 mm	10 mm

4.2.4 Ear simulator

The ear simulator shall comprise an occluded-ear simulator, for example as described in IEC 60318-4, and an ear canal extension (see 3.6).

If occluded-ear simulators differing in detail from that specified in IEC 60318-4 are used, their characteristics should be stated when giving results of measurements of hearing aids made with the manikin.

4.2.5 Materials

The manikin shall have a non-porous surface, with an acoustic impedance which is high compared to that of air, and be of a material which ensures dimensional stability.

The pinna simulators shall be made from a high-quality elastomer. The Shore-OO hardness [3] shall be in the range from 30 Shore OO to 60 Shore OO. The time interval for which the mechanical characteristics of the pinna simulators are expected to remain compliant with this document shall be indicated by means of an expiration date.

Measurement results on hearing aids obtained with the same manikin fitted with different pinna simulator models can differ by varying degrees depending on the type of hearing aid under test and the way it is fitted. The model, or similar identification, of the pinna simulators together with their Shore-OO hardness should be stated when giving results of hearing aid measurements made with the manikin.

4.3 Acoustical characteristics of the manikin

4.3.1 Free-field frequency response

Table 4 and Table 5 specify, in one-twelfth-octave bands, the nominal free-field frequency responses of the manikin (right ear) equipped with cylindrically shaped ear canal extensions. Values are stated for 0° elevation angle and azimuth angles of 0° (frontal incidence), 90°, 180° and 270°. The values also apply for the corresponding symmetrical azimuth angles for the left pinna.

NOTE 1 Difficulties can be experienced when measuring the manikin frequency response at the azimuth angle 270° for 6,3 kHz and higher frequencies. This is due to a combination of reflections from the boundaries of the test enclosure, and the head shadow effect. Hence, these values have been omitted in Table 5.

NOTE 2 The nominal free-field frequency responses were obtained from a power average of the measured free-field frequency responses of the three manikins in Annex A and Annex B, extracted from [4]. The free-field-frequency response in [4] is given in one-twelfth-octave bands, which were synthesized from high-frequency-resolution sweep measurements. The values at the ISO 3 R10 (nominal one-third-octave) frequencies were taken for the specification.

NOTE 3 The nominal one-third-octave band centre frequencies used as test frequencies in Table 4 and Table 5 correspond to the ISO 3 R10 preferred number series.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-7:2022

**Table 4 – Free-field frequency response of the manikin (right ear)
for an azimuth angle of 0° in one-twelfth-octave bands**

Mid-frequency of one-twelfth-octave band	Free-field frequency response	Acceptance interval	
Hz	dB	dB	
	Azimuth angle		
	0°		
100	0,0	+1,5	–1,5
125	0,0	+1,5	–1,5
160	0,0	+1,5	–1,5
200	0,0	+1,5	–1,5
250	0,0	+1,5	–1,5
315	1,0	+1,5	–1,5
400	2,0	+1,5	–1,5
500	2,5	+2,0	–1,5
630	3,0	+1,5	–1,5
800	4,0	+1,5	–1,5
1 000	4,0	+2,0	–2,5
1 250	3,0	+2,0	–3,5
1 600	5,0	+1,5	–2,0
2 000	12,0	+2,0	–2,5
2 500	16,5	+3,0	–3,0
3 150	17,5	+2,0	–2,5
4 000	14,0	+2,0	–3,0
5 000	11,5	+2,5	–3,0
6 300	7,0	+2,0	–2,0
8 000	2,0	+3,5	–5,5
10 000	2,0	+4,0	–4,5
12 500	9,0	+4,0	–4,5
16 000	3,0	+4,0	–6,0
NOTE 1 The free field-frequency response is given at the ISO 3 R10 frequencies, but as one-twelfth-octave bands centred at these frequencies.			
NOTE 2 The values in Table 4 are valid only for pinna simulators for hearing aid measurements by means of cylindrical ear canal extensions according to Table 2.			

Table 5 – Free-field frequency responses of the manikin (right ear) for azimuth angles of 90°, 180° and 270° in one-twelfth-octave bands

Mid-frequency of one-twelfth-octave band	Free-field frequency response			Acceptance interval	
Hz	dB			dB	
	Azimuth angle				
	90°	180°	270°		
100	0,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
125	0,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
160	1,0	–0,5	–1,0	+1,5	–1,5
200	1,5	0,0	–1,0	+1,5	–2,0
250	2,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
315	3,5	0,0	0,0	+1,5	–1,5
400	4,5	0,5	0,5	+1,5	–1,5
500	5,5	1,0	1,5	+2,0	–1,5
630	7,0	2,0	1,5	+1,5	–2,0
800	8,0	4,0	2,0	+1,5	–2,0
1 000	7,5	4,0	2,5	+1,5	–2,0
1 250	9,5	5,5	3,5	+2,5	–2,5
1 600	9,5	5,5	5,0	+2,0	–2,0
2 000	11,0	9,5	7,0	+2,5	–4,0
2 500	16,5	14,0	10,0	+2,5	–2,5
3 150	17,0	13,5	9,0	+3,0	–2,0
4 000	13,5	10,5	3,5	+5,0	–3,0
5 000	17,0	6,0	–3,5	+7,0	–8,0
6 300	17,0	2,0	---	+2,5	–5,0
8 000	16,5	3,5	---	+5,0	–10,5
10 000	10,5	–1,5	---	+6,0	–10,5
12 500	11,5	–0,5	---	+6,0	–8,5
16 000	3,5	–4,0	---	+6,0	–11,0
NOTE 1 The free field-frequency response is given at the ISO 3 R10 frequencies, but as one-twelfth-octave bands centred at these frequencies.					
NOTE 2 The values in Table 5 are valid only for pinna simulators with cylindrical ear canal extensions according to Table 2.					
NOTE 3 Free-field responses for 0° azimuth angle are given in Table 4.					

4.3.2 Diffuse-field frequency response

Table 6 specifies, in one-third-octave bands, the diffuse-field frequency response of the manikin (right ear) equipped with a cylindrically shaped ear canal extension.

NOTE The nominal diffuse-field frequency response was obtained from a power average of the diffuse-field frequency responses of the three manikins in Annex A and Annex B, extracted from [4]. The diffuse-field frequency response is given in one-third-octave frequency bands.

**Table 6 – Diffuse-field frequency response of the manikin (right ear)
in one-third-octave bands**

Mid-frequency of one-third-octave band	Diffuse-field frequency response	Acceptance interval	
Hz	dB	dB	
100	–0,5	+1,5	–1,5
125	0,0	+1,5	–1,5
160	0,0	+1,5	–1,5
200	0,5	+1,5	–1,5
250	0,0	+1,5	–1,5
315	0,5	+1,5	–1,5
400	1,5	+1,5	–1,5
500	2,0	+1,5	–1,5
630	3,5	+1,5	–1,5
800	3,5	+1,5	–1,5
1 000	4,0	+1,5	–2,0
1 250	5,0	+1,5	–1,5
1 600	7,0	+1,5	–2,0
2 000	10,5	+2,0	–2,0
2 500	14,0	+2,0	–2,0
3 150	14,5	+2,5	–2,0
4 000	12,5	+2,0	–2,0
5 000	9,5	+2,0	–2,0
6 300	8,0	+2,5	–2,0
8 000	8,0	+2,5	–2,5
10 000	5,0	+3,5	–2,5
12 500	2,5	+4,5	–2,5
16 000	0,0	+6,5	–4,0

NOTE The values in Table 6 are valid only for pinna simulators with cylindrical ear canal extensions according to Table 2.

4.3.3 Acceptance intervals

Acceptance intervals on the manikin free-field and diffuse-field frequency responses are stated in Table 4, Table 5 and Table 6. The values include the acceptance interval in the calibration of the occluded-ear simulator, but not the free-field or diffuse-field sensitivity of the microphone. They are rounded to the nearest 0,5 dB increment.

4.3.4 Openings

Any openings for access to the interior of the manikin other than the ears shall not affect the responses of the manikin as specified in 4.3.1 and 4.3.2.

5 Calibration

5.1 Reference environmental conditions

The reference environmental conditions are the following.

Reference ambient pressure: 101,325 kPa

Reference temperature: 23 °C

Reference relative humidity: 50 %

5.2 Calibration method

5.2.1 General

When determining the acoustical characteristics of the manikin, no wig shall be used with the head and no clothing shall be used with the head or torso. If the head can be inclined, the upright position shall be used. If the length of the neck can be adjusted, the nominal value of "EEP to shoulder" from Table 1 shall be used.

5.2.2 Test signal, test space and measurement equipment

5.2.2.1 Free-field testing (FFT)

The stimulus signals and analysis methods used shall provide a frequency resolution of at least 1 Hz or less and a signal-to-noise ratio of at least 10 dB at all analysis frequencies. For example, swept-sine measurements followed by an FFT analysis can be used.

NOTE 1 For example, a sampling frequency of 48 kHz and an FFT size of 65 536 yield a frequency resolution of 0,73 Hz.

The manikin free-field frequency response data shall be processed in one-twelfth-octave bands that are centred at the ISO 3 R10 frequencies used in the specification, see 4.3.1.

NOTE 2 The test signal used in [4] was a 16 s exponential swept sine from 20 Hz to 25,6 kHz, recorded with a sampling frequency of 65 535 Hz. Its advantage is a considerably improved signal-to-noise ratio. The one-twelfth-octave-bandwidth frequency response data, given at the third-octave-band centre frequencies (ISO 3 R10 preferred frequency series) were in turn calculated from the swept-sine data using the methodology given in [5].

NOTE 3 The one-twelfth-octave filters used in [4] do not have the same centre frequencies as given in IEC 61260-1.

For the manikin free-field frequency response, the test space and sound source shall together provide an approximation to plane progressive waves in free-field conditions in the frequency range 100 Hz to 10 kHz, or optionally up to 16 kHz.

These conditions are deemed to exist if the sound pressure levels measured at distances of 250 mm from the test point do not deviate from the sound pressure level at the test point by more than ± 2 dB up to 300 Hz and ± 1 dB above 300 Hz. The measurement points for testing compliance shall include two points on the test axis, respectively towards and away from the sound source. Four additional measurement points in the test plane shall be included: two in the reference plane of the manikin, to the left and right as viewed from the sound source, and two on the axis of rotation above and below the test point.

NOTE 4 The permitted deviation of sound pressure level relative to that at the test point takes account of the inverse relationship of pressure with distance and deviations from this, and other deviations due to source directionality.

NOTE 5 For an anechoic room, compliance can be expected provided that the test point and the sound source are both at least 1 m from the nearest boundary.

The test sound source shall only contain coaxial elements or a single diaphragm, and the ratio of the maximum frontal sound source dimension to source distance shall be less than 0,25.

NOTE 6 To avoid reflections, the frontal area of the sound source baffle can be covered by a suitable sound absorbing material.

5.2.2.2 Diffuse-field testing

The manikin diffuse-field frequency response shall be measured in one-third-octave frequency bands as given in IEC 61260-1.

NOTE 1 The test signal used in [4] was broadband pink noise in the frequency range from 20 Hz to 25,6 kHz.

With the manikin absent, the sound pressure level shall be measured by means of a WS3P microphone at six positions at distance of 150 mm above and below, left and right, and in front and behind the reference point of the manikin. The maximum permitted deviation of the sound pressure level measured at these positions from the level measured at the reference point of the manikin is $\pm 2,5$ dB. In addition, absolute value of the difference between the left position and the right position shall be ≤ 3 dB.

Further, the sound pressure level at the reference point shall be measured by means of a directional microphone in different directions at frequencies of 500 Hz and above. For a directional microphone with a front to random sensitivity index of 5 dB or more, the maximum difference for maximum and minimum readings of the incident sound pressure levels shall be 5 dB or less. For a directional microphones with a front to random sensitivity index of 4,5 dB, the allowable field variation is 4,5 dB and for those with a front to random sensitivity index of 4 dB, the allowable field variation is 4 dB.

NOTE 2 These requirements are also specified in ISO 4869-1 for the checking of the characteristics of the diffuse sound field for hearing protector testing.

5.2.2.3 Positioning of the manikin

The test space shall be equipped with fixtures permitting an accurate and repeatable positioning and calibration of the manikin with respect to the selected test point, e.g., in the reference position of the manikin.

5.2.2.4 Extraneous background noise

The effective sound pressure level of extraneous background noise in the measurement frequency band shall be at least 10 dB less than the sound pressure level in the frequency band of the test signal.

5.2.3 Measurement of sound pressure level

The free-field sensitivity level and the diffuse-field sensitivity level of the reference microphones used to measure the unobstructed free-field sound pressure level and diffuse-field sound pressure level shall be known by calibration with an expanded measurement uncertainty (coverage factor $k = 2$) of no more than 0,5 dB for frequencies up to 5 kHz, of no more than 1,0 dB from 6,3 kHz to 10 kHz and of no more than 1,2 dB from 11 kHz to 16 kHz.

The calibration of the occluded-ear simulator shall conform to the requirements in IEC 60318-4.

The design of the manikin should enable pressure calibration using a sound calibrator or pistonphone to be performed without the removal of the occluded-ear simulator. Any accessories or adaptors necessary for this calibration shall be provided by the manufacturer. The frequency at which the calibration is conducted and any level offset to be applied to the nominal calibration level of the sound calibrator or pistonphone shall be stated.

Harmonic distortion of the measurement system, including the sound source (measured by means of pure-tone signals) shall not exceed 2 % in the frequency range from 100 Hz to 16 000 Hz and at sound pressure levels encountered.

The calibration should be performed under the reference environmental conditions given in 5.1 with the following acceptance intervals.

Ambient pressure: $\pm 3,000$ kPa

Temperature: $\pm 2,5$ °C

Relative humidity: $\pm 15,0$ %

If it is not possible to comply with these requirements, the actual environmental conditions shall be stated.

The manikin frequency responses shall be determined by one-twelfth-octave analysis for the free field and one-third-octave analysis for the diffuse field.

NOTE For detailed information on a method of determining the frequency response specification, see [4].

5.2.4 Alignment of manikin azimuth and elevation

The azimuth and elevation angle shall be aligned within tolerance limits of $\pm 2,0^\circ$ around the design goal.

5.2.5 Test for sound leakage

With the ear canal under test effectively sealed from external sound by the device under test at the reference plane of the occluded-ear simulator and the other ear canal blocked, the measurements described in 4.3 shall give results at least 35 dB lower than corresponding results with both ear canals open.

Suitable plugs or equivalent arrangements for checking the conformance of this requirement without disassembling the manikin external ear should be provided by the manufacturer.

6 Marking and instruction manual

6.1 Markings of the manikin

6.1.1 A manikin complying with this document shall be marked with the manufacturer's name or trade mark, the model of the manikin, and the date of manufacture.

6.1.2 The pinna simulators used with a manikin shall be marked with the model or similar identification. This marking should be visible without removal of the pinna simulator from the head.

6.1.3 To facilitate azimuth alignment, the torso shall be equipped with markings indicating the direction of 0° azimuth.

If the head is removable from the torso, both shall be provided with markings to ensure correct alignment.

6.1.4 To assist reproducible placement of hearing aids or other devices under test in and around the pinna simulator, the head surfaces in the immediate vicinity of the pinna simulators may be equipped with coordinate axis markings. The coordinate axes should be parallel to the axis of rotation (y -axis) and the reference plane of the manikin (x -axis) respectively. Values on the x -axis should be positive towards the front of the manikin, and on the y -axis positive towards the vertex.

6.2 Instruction manual

An instruction manual shall be supplied with the manikin and shall include at least the information listed below:

- a) the model of manikin for which compliance with this document is claimed, a description of the facilities provided and full operating instruction;
- b) the mean head and torso dimensions of the model (see Table 1);
- c) the model or similar identification of right and left pinnae with cylindrically formed ear canal extension for which the manikin complies with this document and the mean dimensions of these pinnae (see Table 2) together with acceptance intervals;
- d) if provided, the model or similar identification of right and left pinnae with tapered ear canal extension for which the manikin complies with this document and the mean dimensions of these pinnae (see Table 3) together with acceptance intervals;
- e) the mean free-field frequency response of the manikin for azimuth angles of 0°, 90°, 180° and 270° for the pinnae with cylindrically formed ear canal extensions;
- f) the mean diffuse-field frequency response of the manikin for the pinnae with cylindrically formed ear canal extensions;
- g) a description of a suitable device to block the ear canal during the test for sound leakage (see 5.2.5);
- h) the compliance time interval for the hardness of the pinna simulators;
- i) the mean acoustical characteristics of the manikin as required in IEC 60118-8.

7 Maximum permitted uncertainty of measurements

Table 7 specifies the maximum permitted uncertainty of measurement $U_{\max}$ for a confidence probability of approximately 95 % equivalent to a coverage factor of $k = 2$, associated with the measurements undertaken in this document (see ISO/IEC Guide 98-4). One set of values for $U_{\max}$ is given for type approval measurements.

The uncertainties of measurements given in Table 7 are the maximum permitted for demonstration of conformance to the requirements of this document. If the actual uncertainty of a measurement performed by the test laboratory exceeds the maximum permitted value in Table 7, the measurement shall not be used to demonstrate conformance to the requirements of this document.

The relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum-permitted uncertainty of measurement is explained in Annex C.

Table 7 – Maximum permitted uncertainty $U_{\max}$ for type approval measurements

Requirement	Relevant subclause number	Maximum permitted uncertainty
		$U_{\max}$
Head and torso dimensions	4.2.1	1,0 mm
Pinna dimensions	4.2.2	1,0 mm
Diameter of ear canal extension	4.2.3	0,5 mm
Length of ear canal extension	4.2.3	0,5 mm
Shore-OO hardness	4.2.5	1,0 Shore OO
Free-field frequency response of the manikin	4.3.1	
100 Hz to 1 250 Hz		0,5 dB
1 600 Hz to 6 300 Hz		0,7 dB
8 000 Hz to 16 000 Hz		1,0 dB
Diffuse-field frequency response of the manikin	4.3.2	
100 Hz to 1 250 Hz		0,5 dB
1 600 Hz to 12 500 Hz		0,7 dB
16 000 Hz		1,0 dB
Azimuth angle, elevation angle and pinna angle	4.2.2, 4.3.1, 5.2.4	0,5°
Distortion of measurement system	5.2.3	0,2 %
Microphone free-field and diffuse-field sensitivity levels	5.2.3	
100 Hz to 5 000 Hz		0,5 dB
6 300 Hz to 10 000 Hz		1,0 dB
11 000 to 16 000 Hz		1,2 dB
Ambient pressure	5.2.3	0,1 kPa
Temperature	5.2.3	0,5 °C
Relative humidity	5.2.3	5,0 %

Annex A (informative)

Design example of an anatomically shaped manikin

A commonly used design of an anatomically shaped manikin is shown in Figure A.1.



Figure A.1 – Example of an anatomically shaped manikin

Annex B (informative)

Design examples of a geometrically shaped manikin

A commonly used design of a geometrically shaped manikin is shown in Figure B.1.



Figure B.1 – Example 1 of a geometrically shaped manikin

A commonly used design of another geometrically shaped manikin is shown in Figure B.2.



IEC

NOTE The geometric torso part of this manikin does not affect measurement of sound at the microphone of the occluded-ear simulator (see [4]).

Figure B.2 – Example 2 of a geometrically shaped manikin

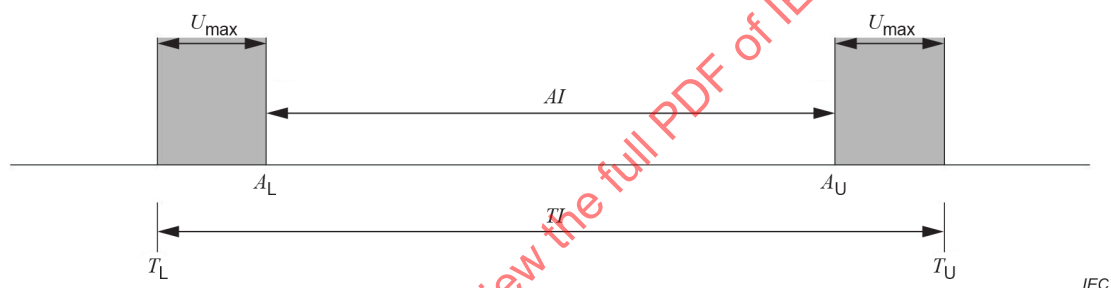
Annex C (informative)

Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement

This document, in common with others written by IEC/TC 29, uses adaptations of the guidelines from ISO/IEC Guide 98-4 (equivalent to guidance document JCGM 106 from the Joint Committee for Guides in Metrology), as the basis for demonstration of conformance of an instrument to the specifications given in this document.

ISO/IEC Guide 98-4 describes guarded acceptance in terms of tolerance intervals, acceptance intervals and uncertainties of measurement.

To promote clarity for users and testing laboratories, IEC/TC 29 has adopted a policy whereby tolerance limits around design goals are not explicitly stated, but can be determined if required from the specified acceptance limits for allowed deviations from a design goal and the corresponding specified maximum-permitted uncertainty of measurement, by using the illustration in Figure C.1.



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 C.1 – Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement

The limits of an acceptance interval are associated with the acceptance interval and not with the guard band for the maximum-permitted uncertainty of measurement. Hence, a measured deviation equal to a limit of an acceptance interval demonstrates conformance to a specification, providing also that the uncertainty of the measurement from the laboratory performing a test does not exceed the specified maximum-permitted uncertainty.

Annex D (informative)

3D representation of example pinna simulators

D.1 Background

The purpose of Annex D is to illustrate examples of pinna simulator shapes, to supplement the specification of the basic geometrical details given in 4.2.2 and 4.2.3. The example illustrations have been produced by a 3-dimensional surface scanning technique resulting in a dense set of (x, y, z) coordinates that provide a representation of the external surface of the pinna simulator. This scanning process can also be used for the measurement of individual pinna simulators for obtaining detailed information concerning their dimensional and geometrical characteristics.

D.2 Scanning technique

The geometrical form of each pinna simulator example was measured using a scanning laser probe that projects a laser line onto the sample. Reflected light is captured by a camera mounted in the scanner head and a triangulation process is used to determine coordinate positions. Collectively, these coordinates represent the geometrical form of the sample.

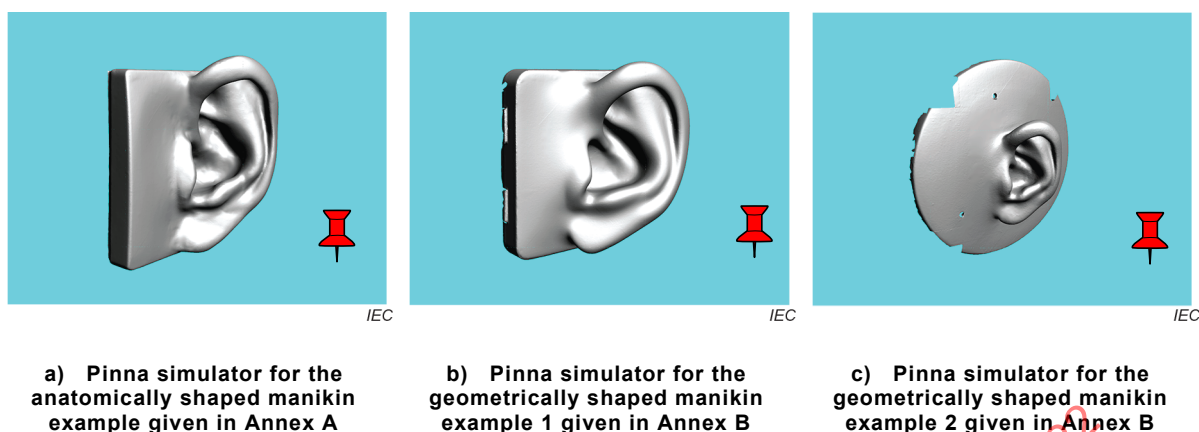
The measurement uncertainty is estimated to be of the order of 0,1 mm. The results from measurements of particular artificial pinna samples showed a dependence on orientation due to the influence of gravity. Variations of approximately 0,5 mm, mainly at the helix, were observed between horizontal and vertical orientations. Consequently, the orientation should be stated when referring to any particular geometrical form. The examples shown relate to the horizontal orientation of the base on which the pinna simulator rests.

A key aspect of the scanning process is the definition of the coordinate system origin and orientation with respect to particular pinna simulator features. The recommended convention to be used is based on a rectangular coordinate system (x, y, z) , with the origin $(0, 0, 0)$ at the EEP. The y -axis is then considered to be parallel to the axis from which the vertical tilt is measured and the x -axis is perpendicular to this. The z -axis is taken as the centre line through the ear canal extension.

Since it is difficult to determine these axes in three dimensions from the two-dimensional representations given in Figure 4, some assumptions need to be made on the form of the pinna simulator. First, the base on which the pinna simulator rests (i.e. the lower surface illustrated in the cross-section views of Figure 4) is assumed to be parallel to the x - y plane, and second, the orientation of the vertical y -axis is clear, or indicated for example by markings on the pinna simulator. The scanning process can identify the plane of the ear canal entrance, which is assumed to be parallel to the pinna simulator base, enabling the height (z -coordinates) of the scanned points to be referred to this plane.

D.3 Examples of pinna simulator shape

Illustrations are provided in Figure D.1 (a) to Figure D.1 (c) (attached external 3D PDFs) for three example pinna simulator models, intended for use with their respective model of manikin (see Annex A and Annex B). Further, each type of pinna simulator may have a cylindrical or tapered ear canal extension.



NOTE The 3D images can be manipulated interactively by clicking on the red drawing pin icon found on their static representations. The interactive features include: manipulation of the viewing angle, measurement of dimensions and viewing of cross-sections. For convenience of the user, these images are also available on a software supplement.

Figure D.1 – Example of a pinna simulator (embedded 3D PDFs)

Pinna simulators may be manufactured in left-ear and right-ear versions. Only left-ear versions are illustrated in Annex D.

D.4 Verification of conformance

The measurement process described in Clause D.2 can also be used to verify dimensional characteristics of an individual pinna simulator with the specifications described in 4.2.2 and 4.2.3. Commercial software is available to analyse the data file produced from the scanning. Typically, such software enables linear dimensions between selected points, and angles between defined lines and planes to be determined. This software can therefore be used to verify the specifications given in Table 2 and Table 3. The software typically also enables deviations between two sets of data to be analysed.

Bibliography

- [1] ASA/ANSI S3.36-2012, *American National Standard Specification for a Manikin for Simulated in-situ Airborne Acoustic Measurements*
- [2] ITU-T P.58:2013, *Head and torso simulator for telephonometry*
- [3] ASTM D2240-2015 Edition, *Standard test method for rubber property – Durometer Hardness*
- [4] Snaidero, T., Jacobsen, F. and Buchholz, J. Measuring HRTFs of Brüel & Kjaer Type 4128-C, G.R.A.S. KEMAR Type 45BM, and Head Acoustics Type HMS II.3 Head and Torso Simulators, Technical University of Denmark, Report of Electrical Engineering, Copenhagen (2011); [http://orbit.dtu.dk/en/publications/measuring-hrtfs-of-bruel--kjaer-type-4128c-gras-kemar-type-45bm-and-head-acoustics-hms-ii3-head-and-torso-simulators\(61af5a42-4a10-4745-9d51-1348c3c8b885\).html](http://orbit.dtu.dk/en/publications/measuring-hrtfs-of-bruel--kjaer-type-4128c-gras-kemar-type-45bm-and-head-acoustics-hms-ii3-head-and-torso-simulators(61af5a42-4a10-4745-9d51-1348c3c8b885).html)
- [5] Müller, S. and Massarani, P. Transfer-function measurements with sweeps. *Journal of Audio Engineering Society*, 49, 443-471, 2001
- [6] IEC 60268-7, *Sound system equipment – Part 7: Headphones and earphones*
- [7] IEC TS 60318-7:2017, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 7: Head and torso simulator for the measurement of air-conduction hearing aids*
- [8] ISO 11904-2, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 2: Technique using a manikin*
- [9] Blauert, J. Sound localization in the median plane, *Acustica* 22, 205-213 (1969/70)
- [10] Burkhard, M.D. and Sachs, R.M. Anthropometric manikin for acoustic research, *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 214-222 (1975)
- [11] Burkhard, M.D., editor, *Manikin Measurements*, Industrial Research Products, Inc., Elk Grove Village, Illinois, U.S.A. (1978)
- [12] ITU-T P.57:2011, *Artificial ears*
- [13] Kuhn, G.F. Interaural time difference in the azimuth plane, *Proceedings 9th ICA, Madrid (1977)*, paper H45
- [14] Maxwell, R.J. and Burkhard, M.D. Larger ear replica for the KEMAR manikin, *J. Acoust. Soc. Am.* 65, 1055-1058 (1979)
- [15] Mellert, V. Construction of a dummy head after new measurement of thresholds of hearing, *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1359-1361 (1972)
- [16] Münster-Swendsen, J. Measurements of Kemar open-ear-gain, Oticon internal report No 9-8-6, Oticon Research Unit, Snekersten, Denmark (1981)
- [17] Shaw, E.A.G. The external ear, in *Handbook of Sensory Physiology*, edited by W.D. Keidel and W.D. Neff (Springer-Verlag 1974), V.1, 457
- [18] Shaw, E.A.G. Transformation of sound pressure from the free field to the eardrum in the horizontal plane, *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1848-61 (1974)

- [19] Torick, E.L. et. al An electric dummy for acoustical testing, J. Audio Eng. Soc. 16 4 (1968)
 - [20] Vorländer, M. Free-field and Diffuse-field responses of Human Heads and of Head and Torso Simulators, Acustica 74, 1991, 192 -200 (in German language)
 - [21] ISO/IEC Guide 98-4, *Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment*
 - [22] IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones*
 - [23] ISO 4869-1, *Acoustics – Hearing protectors – Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation*
 - [24] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-7:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes et définitions	38
4 Construction	43
4.1 Généralités	43
4.2 Dimensions géométriques du mannequin	43
4.2.1 Tête et torse	43
4.2.2 Simulateurs de pavillon d'oreille pour les mesures d'appareils de correction auditive	45
4.2.3 Extension de canal auditif	46
4.2.4 Simulateur d'oreille	48
4.2.5 Matériaux	48
4.3 Caractéristiques acoustiques du mannequin	49
4.3.1 Réponse en fréquence en champ libre	49
4.3.2 Réponse en fréquence en champ diffus	51
4.3.3 Intervalles d'acceptation	52
4.3.4 Ouvertures	52
5 Etalonnage	53
5.1 Conditions d'environnement de référence	53
5.2 Méthode d'étalonnage	53
5.2.1 Généralités	53
5.2.2 Signal d'essai, espace d'essai et équipement de mesure	53
5.2.3 Mesurage du niveau de pression acoustique	54
5.2.4 Alignement de l'azimut et de l'élévation du mannequin	55
5.2.5 Essai de fuite acoustique	55
6 Marquage et manuel d'instruction	55
6.1 Marquages du mannequin	55
6.2 Manuel d'instruction	56
7 Incertitude maximale admise pour les mesures	56
Annexe A (informative) Exemple de conception d'un mannequin de forme anatomique	58
Annexe B (informative) Exemples de conceptions d'un mannequin de forme géométrique	59
Annexe C (informative) Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admise	61
Annexe D (informative) Représentation en 3D d'exemples de simulateurs de pavillon d'oreille	62
D.1 Contexte	62
D.2 Technique de balayage	62
D.3 Exemples de formes de simulateurs de pavillon d'oreille	62
D.4 Vérification de conformité	63
Bibliographie	64
Figure 1 – Références géométriques du mannequin	40
Figure 2 – Schéma de coordonnées des angles d'azimut et d'élévation	41
Figure 3 – Représentation des dimensions de la tête et du torse du mannequin	44

Figure 4 – Représentation des dimensions du simulateur de pavillon d'oreille du mannequin	47
Figure A.1 – Exemple de mannequin de forme anatomique	58
Figure B.1 – Exemple 1 de mannequin de forme géométrique	59
Figure B.2 – Exemple 2 de mannequin de forme géométrique	60
Figure C.1 – Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admise	61
Figure D.1 – Exemple de simulateur de pavillon d'oreille (PDF 3D intégrés)	63
Tableau 1 – Dimensions de la tête et du torse du mannequin	45
Tableau 2 – Dimensions du simulateur de pavillon d'oreille et de l'extension cylindrique de canal auditif du mannequin	47
Tableau 3 – Dimensions du simulateur de pavillon d'oreille et de l'extension conique de canal auditif du mannequin	48
Tableau 4 – Réponse en fréquence en champ libre du mannequin (oreille droite) pour un angle d'azimut de 0° dans des bandes d'un douzième d'octave	50
Tableau 5 – Réponses en fréquence en champ libre du mannequin (oreille droite) pour des angles d'azimut de 90°, 180° et 270° dans des bandes d'un douzième d'octave	51
Tableau 6 – Réponse en fréquence en champ diffus du mannequin (oreille droite) dans des bandes d'un tiers d'octave	52
Tableau 7 – Incertitude maximale admise $U_{\max}$ pour des mesures d'homologation	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROACOUSTIQUE – SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –

Partie 7: Simulateur de tête et de torse pour le mesurage des sources sonores à proximité de l'oreille

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 de la présente Publication 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 60318-7 a été établie par le comité d'études 29 de l'IEC: Electroacoustique. Il s'agit d'une Norme internationale.

La présente publication contient des fichiers joints de type fichiers PDF 3D. Ces fichiers sont destinés à être utilisés comme complément et ne font pas partie intégrante de la publication.

Cette édition annule et remplace l'IEC TS 60318-7:2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC TS 60318-7:2017:

- a) modification du titre;
- b) extension du domaine d'application aux sources sonores à proximité de l'oreille.

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

Projet	Rapport de vote
29/1118/FDIS	29/1121/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. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60318, publiées sous le titre général *Electroacoustique – 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 dans les données relatives au document recherché. A 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 cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

ÉLECTROACOUSTIQUE – SIMULATEURS DE TÊTE ET D'OREILLE HUMAINES –

Partie 7: Simulateur de tête et de torse pour le mesurage des sources sonores à proximité de l'oreille

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60318 décrit un simulateur de tête et de torse, ou mannequin, destiné au mesurage des sources sonores placées à proximité de l'oreille dans la plage de fréquences de 100 Hz à 16 000 Hz.

Le mannequin décrit dans le présent document est destiné uniquement aux mesures acoustiques aériennes. Il n'est pas adapté aux mesures qui dépendent des voies de transmission des vibrations telles que la conduction osseuse, ni aux mesures qui exigent la simulation d'os ou de tissu.

Le présent document définit le mannequin à la fois par ses dimensions géométriques et par ses propriétés acoustiques. Seuls les mannequins conformes aux deux ensembles de spécifications sont conformes au présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60118-8, *Electroacoustique – Appareils de correction auditive – Partie 8: Méthodes de mesure des caractéristiques fonctionnelles des appareils de correction auditive dans des conditions simulées de fonctionnement in situ*

IEC 60318-4, *Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines – Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts*

IEC 61260-1, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave – Partie 1: Spécifications*

ISO 3, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

3 Termes et définitions

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

mannequin

simulateur de tête et de torse

simulateur d'une tête humaine adulte médiane et d'une partie du torse, qui s'étend au total du haut de la tête à la taille, et conçu pour simuler les caractéristiques de prise de son et la diffraction acoustique

Note 1 à l'article: Le simulateur de tête et de torse comprend deux simulateurs de pavillon d'oreille et au moins un simulateur d'oreille occluse.

3.2

type de mannequin

désignation du mannequin comme étant de forme anatomique ou géométrique

3.3

simulateur de pavillon d'oreille

dispositif qui a approximativement la forme et les dimensions d'un pavillon d'oreille humain adulte médian

3.4

simulateur d'oreille

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

Note 1 à l'article: Dans le présent document, un simulateur d'oreille comprend une extension de canal auditif et un simulateur d'oreille occluse (voir 4.2.4).

3.5

simulateur d'oreille occluse

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

Note 1 à l'article: Un simulateur d'oreille occluse est normalisé dans l'IEC 60318-4.

3.6

extension de canal auditif

dispositif qui assure une connexion entre le simulateur d'oreille occluse et l'ouverture du dispositif qui simule la conque

3.7

plan de référence du simulateur d'oreille occluse

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

3.8

point de référence du mannequin

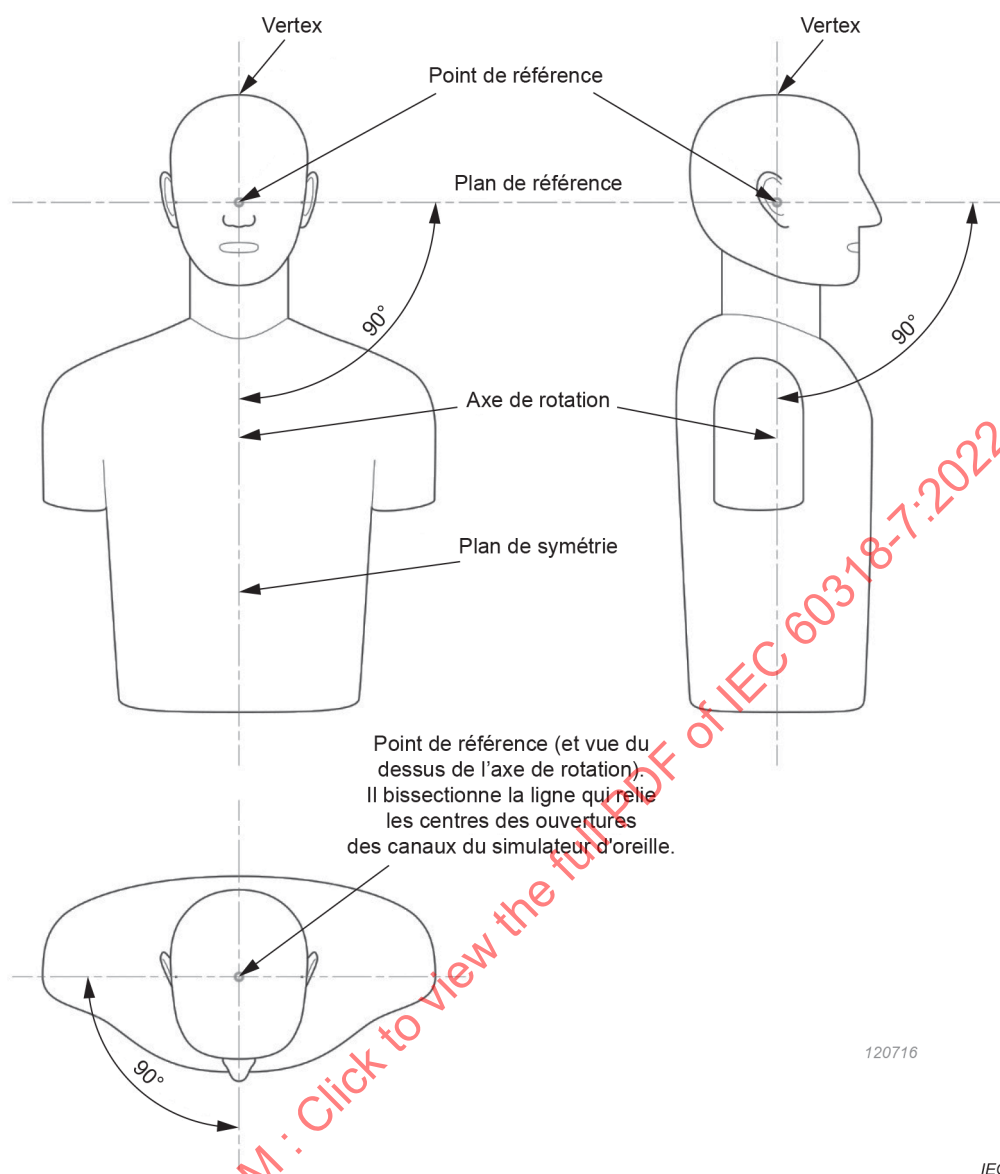
point de bisection de la ligne qui relie les points d'entrée droit et gauche du canal auditif (EEP, 3.17)

3.9

plan de symétrie du mannequin

plan qui passe par le point de référence du mannequin qui divise les parties gauche et droite du mannequin en moitiés symétriques, dans les tolérances admises, où la gauche et la droite sont interprétées comme pour le torse humain

Note 1 à l'article: Voir Figure 1.



NOTE Le point de référence du mannequin est situé dans la tête.

Figure 1 – Références géométriques du mannequin

3.10

axe de rotation du mannequin

ligne droite suivant laquelle le mannequin peut être tourné, qui passe par le point de référence du mannequin, se trouve dans le plan de symétrie du mannequin, et présente une direction verticale lorsque le mannequin est monté dans une position qui correspond à celle d'une personne debout

VOIR: Figure 1.

3.11

plan de référence du mannequin

plan perpendiculaire à l'axe de rotation qui contient le point de référence du mannequin

VOIR: Figure 1.

3.12**point d'essai**

position reproductible dans l'espace d'essai où le niveau de pression acoustique est mesuré, sans le mannequin, et où le point de référence du mannequin doit être situé pour les essais

Note 1 à l'article: Voir Figure 2.

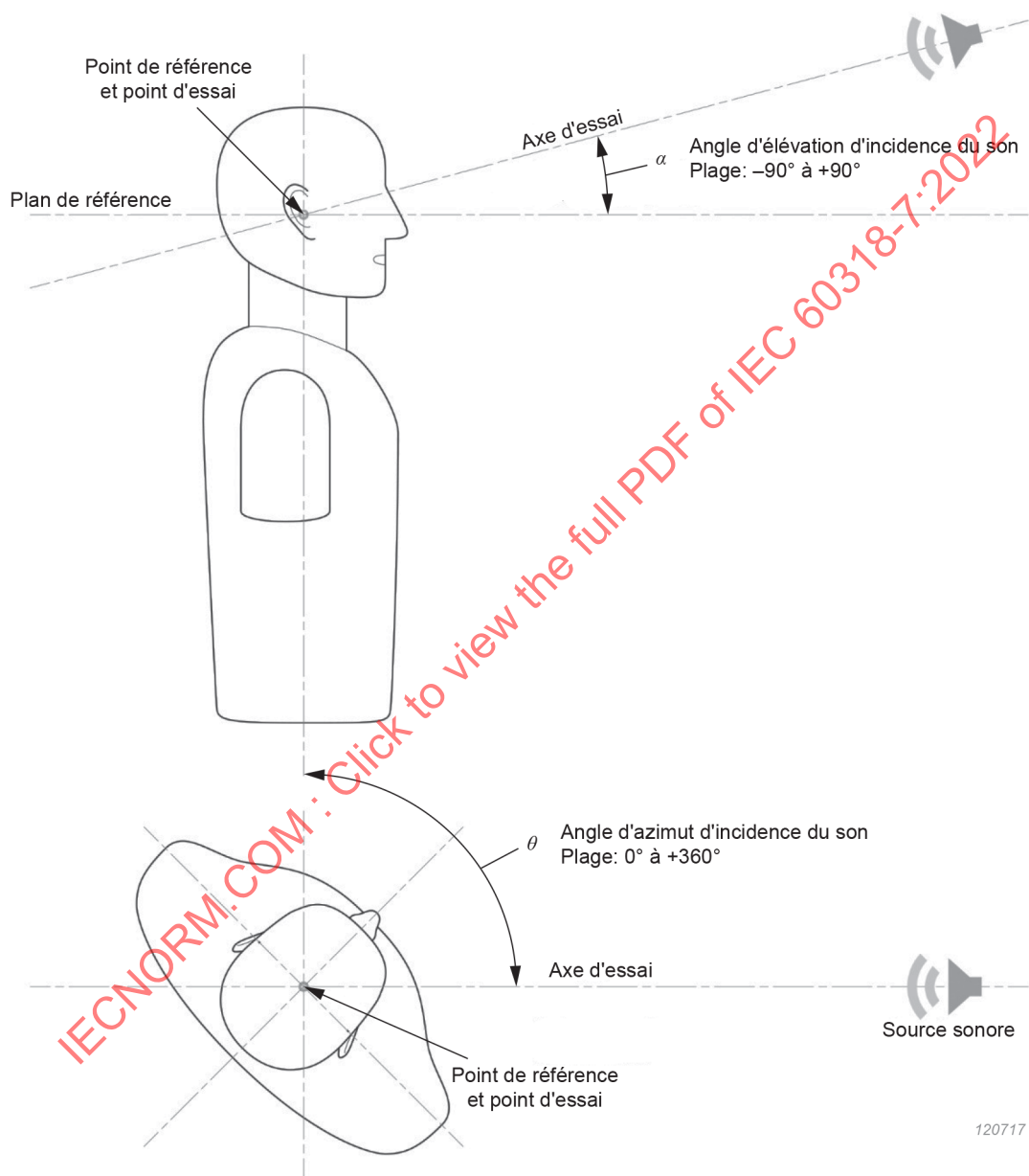


Figure 2 – Schéma de coordonnées des angles d'azimut et d'élévation

3.13**axe d'essai**

ligne qui relie le point d'essai et le centre acoustique de la source sonore

VOIR: Figure 2.

3.14

plan d'essai

plan perpendiculaire à l'axe de l'essai, qui contient le point d'essai

3.15

angle d'azimut d'incidence du son

angle entre le plan de symétrie du mannequin et le plan défini par l'axe de rotation du mannequin et l'axe d'essai

Note 1 à l'article: Lorsque le mannequin est face à la source sonore, l'angle d'azimut d'incidence du son est défini comme 0°. Lorsque l'oreille droite du mannequin est face à la source sonore, l'angle est défini comme +90°. Lorsque l'oreille gauche du mannequin est face à la source sonore, l'angle est défini comme +270°.

VOIR: Figure 2.

3.16

angle d'élévation d'incidence du son

angle entre le plan de référence du mannequin et l'axe d'essai

Note 1 à l'article: Lorsque le vertex pointe vers la source sonore, l'angle d'élévation est défini comme +90°. Lorsque l'axe d'essai se trouve dans le plan de référence du mannequin, l'angle d'élévation est défini comme 0°.

VOIR: Figure 2.

3.17

point d'entrée du canal auditif

EEP

point situé au centre du canal auditif du mannequin, à la jonction entre la conque et l'extension de canal auditif

Note 1 à l'article: L'abréviation "EEP" est dérivée du terme anglais développé correspondant "ear canal entrance point".

3.18

plan transversal du mannequin

plan perpendiculaire au plan de symétrie du mannequin, qui contient l'axe de rotation

3.19

position de référence du mannequin

position du mannequin dans l'espace d'essai, où le point de référence du mannequin coïncide avec le point d'essai, et où les angles d'azimut et d'élévation sont tous deux égaux à zéro

3.20

réponse en fréquence en champ libre du mannequin

différence, en fonction de la fréquence, entre le niveau de pression acoustique au microphone du simulateur d'oreille, avec le point de référence du mannequin au point d'essai dans un environnement de mesure en champ libre, et le niveau de pression acoustique au point d'essai avec le mannequin absent

3.21

réponse en fréquence du champ diffus du mannequin

différence, en fonction de la fréquence, entre le niveau de pression acoustique au microphone du simulateur d'oreille, avec le point de référence du mannequin au point d'essai dans un environnement de mesure en champ diffus, et le niveau de pression acoustique au point d'essai avec le mannequin absent

4 Construction

4.1 Généralités

Le simulateur consiste en une tête montée sur un torse qui s'étend jusqu'à la taille. La tête est équipée de simulateurs de pavillon d'oreille et d'un ou deux simulateurs d'oreille occluse formés de cavités dont les extrémités d'impédance acoustique correspondent à celles d'un adulte humain médian, ainsi que de microphones situés aux positions correspondant aux tympons. Le simulateur a été conçu pour fournir une diffraction acoustique similaire à celle rencontrée autour de la tête et du torse humains médians. Les résultats de mesure obtenus avec un mannequin peuvent sensiblement différer par rapport aux mesures analogues réalisées sur une personne individuelle, du fait des variations anatomiques. Les résultats de mesure pour un appareil de correction auditive donné obtenus avec différents modèles de mannequin conformes au présent document peuvent également différer, selon le type et la méthode de montage de l'appareil de correction auditive. Il en va de même pour les résultats de mesure obtenus avec un même modèle de mannequin, mais avec différents modèles de simulateurs de pavillon d'oreille.

NOTE 1 Au-dessus de 10 kHz, un simulateur d'oreille occluse conforme à l'IEC 60318-4 ne simule pas l'impédance acoustique de l'oreille humaine et ne peut être utilisé que comme coupleur acoustique dans cette plage de fréquences.

La réalisation du mannequin conforme au présent document peut être soit de forme anatomique (voir Annexe A) soit de forme géométrique (voir Annexe B) et peut présenter différents simulateurs de pavillon d'oreille de forme anatomique. La réalisation de l'entrée du canal auditif ainsi que l'extension supplémentaire de canal auditif peuvent être de forme cylindrique ou conique. Cela permet de mesurer tous les types de dispositifs internes, par exemple les conceptions d'appareils de correction auditive portés derrière l'oreille (BTE, *Behind-The-Ear*) et intra-auriculaires (ITE, *In-The-Ear*).

NOTE 2 Néanmoins, certains modèles spécifiques d'appareils de correction auditive ITE peuvent ne pas être compatibles.

Le présent document couvre à la fois les dimensions géométriques de la tête, du torse, des pavillons d'oreille et des canaux auditifs du mannequin et les caractéristiques acoustiques du mannequin. Au minimum, le mannequin doit être spécifié avec des extensions cylindriques de canal auditif et satisfaire aux caractéristiques acoustiques appropriées. En option, des extensions coniques de canal auditif peuvent également être spécifiées. Le modèle et le type du mannequin utilisé (voir 3.2) et le modèle du simulateur de pavillon d'oreille utilisé doivent être indiqués avec les résultats des mesurages réalisés avec le mannequin.

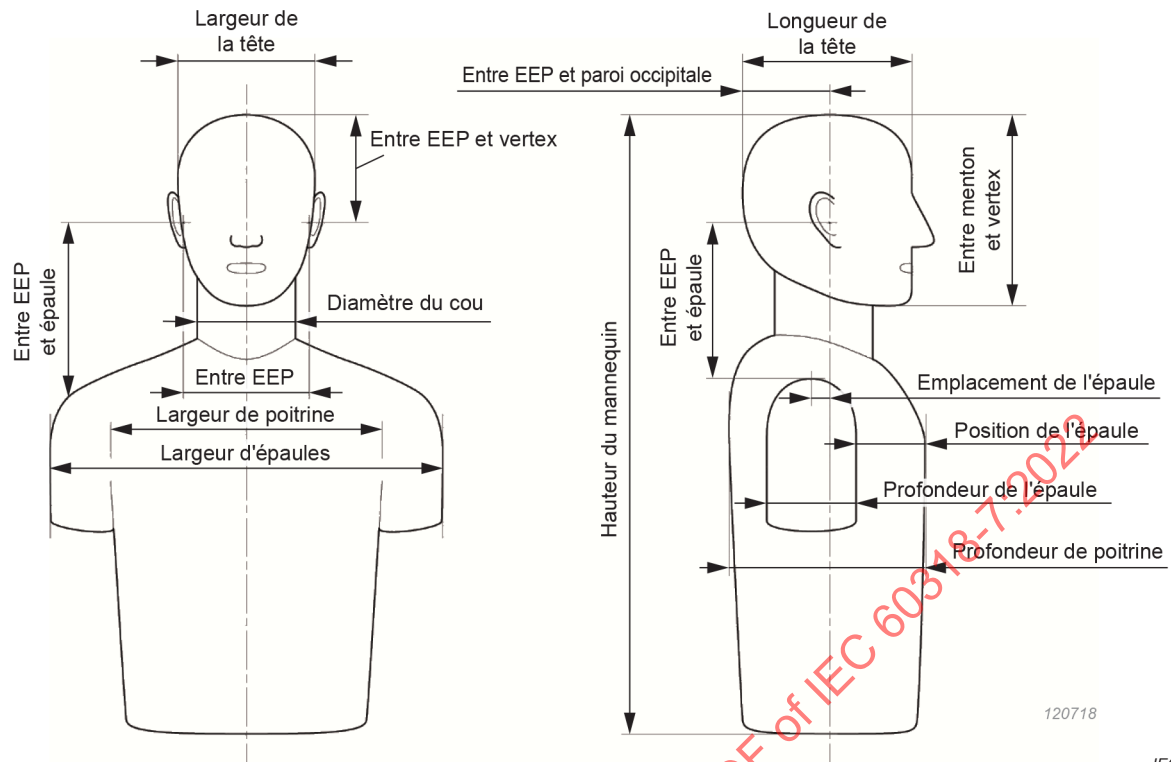
4.2 Dimensions géométriques du mannequin

4.2.1 Tête et torse

Les dimensions géométriques de la tête et du torse sont représentées à la Figure 3 et répertoriées dans le Tableau 1. La réalisation de la tête (à l'exclusion des pavillons d'oreille) et du torse peut être de forme anatomique ou de forme géométrique. Les mannequins de forme anatomique ne sont pas nécessairement complètement symétriques et peuvent être décrits comme "quasi symétriques", s'ils demeurent dans les différences admises par rapport au mannequin complètement symétrique. Les mannequins de forme anatomique et de forme géométrique doivent être conformes aux plages spécifiées de dimensions géométriques et de caractéristiques acoustiques, indiquées dans le présent document.

L'intervalle d'acceptation de la partie gauche et de la partie droite quasi symétriques du mannequin doit être de ± 2 mm pour la tête et de ± 3 mm pour le torse par rapport au plan de symétrie.

NOTE Pour les mesures qui incluent à la fois les dimensions de la tête et du torse, par exemple entre l'EEP et l'épaule, l'intervalle d'acceptation s'élève à ± 5 mm.



IEC

NOTE Pour la position du point d'entrée du canal auditif (EEP), voir Figure 4.

Figure 3 – Représentation des dimensions de la tête et du torse du mannequin

Tableau 1 – Dimensions de la tête et du torse du mannequin

Dimension linéaire	Nominale	Minimale	Maximale	Données humaines moyennes [1] ¹
	mm	mm	mm	mm
Largeur de la tête	151	148	153	151
Longueur de la tête	195	190	204	188
Entre EEP et vertex	130	128	135	130
Distance entre EEP	132	130	134	132
Entre EEP et paroi occipitale	95	93	99	95
Longueur entre menton et vertex	220	217	225	222
Entre EEP et épaule ^c	175	169	181	176
Diamètre du cou	113	111	115	112
Largeur d'épaules	432	399	456	427
Largeur de poitrine	282	280	284	291
Profondeur de poitrine	219	180	241	–
Profondeur de l'épaule ^d	110	108	161	–
Emplacement de l'épaule ^{b, e}	6	–4	20	–
Position de l'épaule ^{a, f}	78	76	80	–
Hauteur du mannequin	–	600	–	–

NOTE Pour être indépendant du type de simulateur de pavillon d'oreille utilisé, le présent document utilise le point d'entrée du canal auditif (EEP) plutôt que le trignon comme point de référence. Les différences entre les deux ensembles de valeurs sont choisies selon [2] comme étant de 5 mm entre EEP et vertex, de –11 mm entre EEP gauche et EEP droit, de –3 mm entre EEP et paroi occipitale et de –5 mm entre EEP et épaule.

^a Pour un mannequin de forme anatomique uniquement.

^b Pour un mannequin de forme géométrique uniquement.

^c Mesurée entre la surface de l'épaule, à 175 mm de côté du plan de symétrie, et le plan de référence du mannequin.

^d Mesurée entre les points avant et arrière de l'épaule, à 175 mm de côté du plan de symétrie du mannequin.

^e Mesuré entre le point de section de l'épaule, à 175 mm de côté du plan de symétrie, et le plan transversal du mannequin (positif derrière le plan transversal).

^f Mesurée entre le point avant de l'épaule, à 175 mm de côté du plan de symétrie du mannequin, et le point le plus avant du torse.

4.2.2 Simulateurs de pavillon d'oreille pour les mesures d'appareils de correction auditive

Les simulateurs de pavillon d'oreille droit et gauche doivent être de forme anatomique.

NOTE 1 Des représentations en 3D d'exemples de simulateurs de pavillon d'oreille sont données à l'Annexe D.

Pour chaque type de mannequin, une seule paire de simulateurs de pavillon d'oreille avec extensions cylindriques de canal auditif et, en option, une seule paire de simulateurs de pavillon d'oreille avec extensions coniques de canal auditif doivent être spécifiées. Leurs dimensions principales et leur orientation sont représentées à la Figure 4 a), b) et c), et répertoriées dans le Tableau 2 et le Tableau 3.

Les intervalles d'acceptation des simulateurs de pavillon d'oreille gauche et droit quasi symétriques du mannequin doivent être de ± 2 mm.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

NOTE 2 En plus des simulateurs de pavillon d'oreille décrits dans le présent document, il existe sur le marché de nombreux autres modèles de simulateurs de pavillon d'oreille, par exemple un modèle réduit utilisé pour mesurer les écouteurs (voir l'IEC 60268-7). Toutefois, ces simulateurs de pavillon d'oreille ne sont pas destinés au mesurage des appareils de correction auditive.

4.2.3 Extension de canal auditif

Seules les extensions cylindriques ou coniques de canal auditif spécifiées dans le Tableau 3 doivent être utilisées. Une extension cylindrique de canal auditif doit avoir un diamètre nominal de 7,50 mm. Une extension conique de canal auditif doit avoir un diamètre nominal de 7,50 mm à l'endroit où elle se couple au simulateur d'oreille occluse et un diamètre maximal de 7,60 mm à l'endroit où elle se couple au fond de la conque du simulateur de pavillon d'oreille.

NOTE L'extension cylindrique de canal auditif est principalement conçue pour le mesurage des écouteurs internes et des appareils de correction auditive portés derrière l'oreille et intraconques. L'extension conique de canal auditif est principalement conçue pour le mesurage des écouteurs internes et des appareils de correction auditive intraauriculaires et intra-profonds.

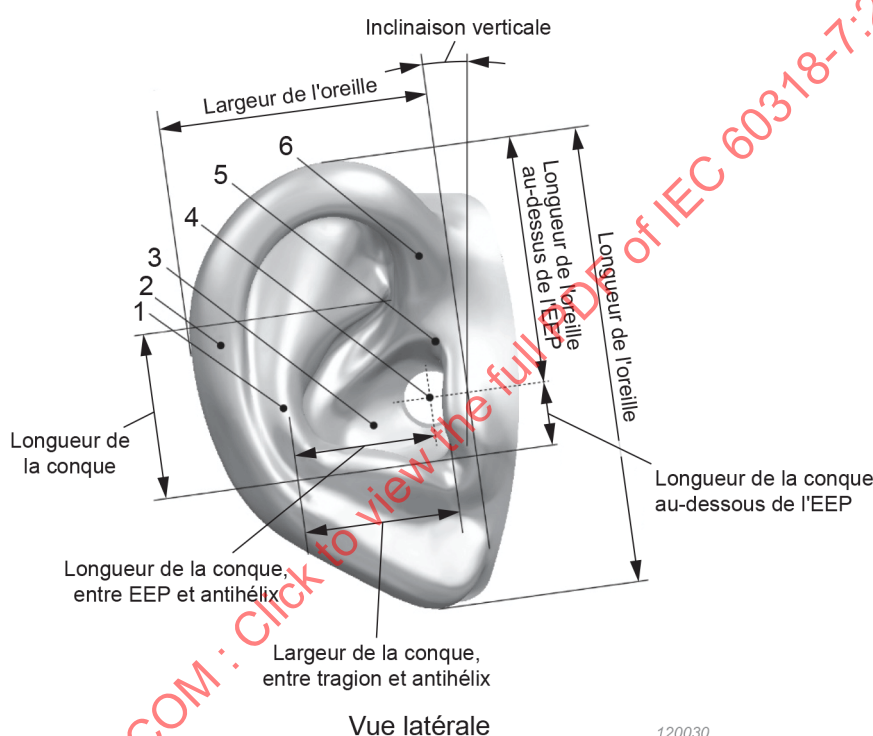


Figure 4 a) – simulateur de pavillon d'oreille

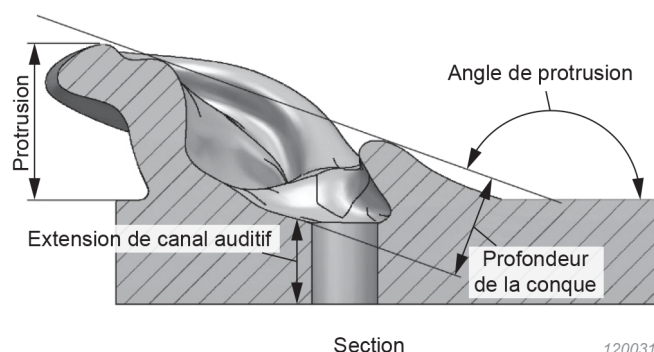


Figure 4 b) – Extension cylindrique de canal auditif

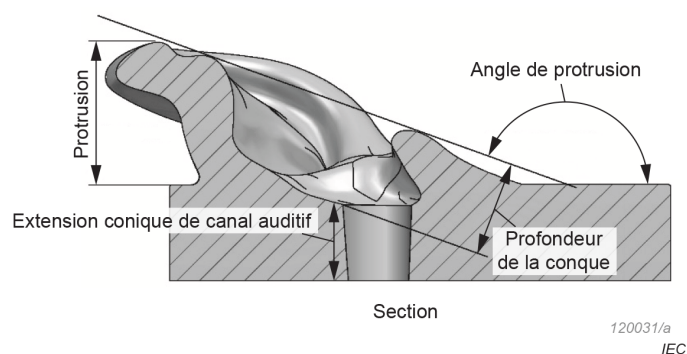


Figure 4 c) – Extension conique de canal auditif

Légende

- 1 antihélix
- 2 hélix
- 3 conque
- 4 EEP
- 5 tracion
- 6 racine de l'hélix

Figure 4 – Représentation des dimensions du simulateur de pavillon d'oreille du mannequin**Tableau 2 – Dimensions du simulateur de pavillon d'oreille et de l'extension cylindrique de canal auditif du mannequin**

Dimension linéaire	Nominale	Minimale	Maximale
Longueur de l'oreille	65 mm	64 mm	67 mm
Longueur de l'oreille au-dessus de l'EEP	35 mm	33 mm	38 mm
Largeur de l'oreille	37 mm	36 mm	38 mm
Protrusion de l'oreille	20 mm	18 mm	24 mm
Angle de protrusion de l'oreille	160°	159,5°	160,5°
Inclinaison verticale, vue avant	9°	7,5°	10,5°
Inclinaison verticale, vue latérale	6°	5,5°	6,5°
Longueur de la conque	24 mm	23 mm	26 mm
Longueur de la conque au-dessous de l'EEP	10 mm	8 mm	11 mm
Largeur de la conque, entre tracion et antihélix	23 mm	22 mm	24 mm
Longueur de la conque, entre EEP et antihélix	17 mm	14 mm	20 mm
Profondeur de la conque	13 mm	11 mm	16 mm
Diamètre de l'extension de canal auditif	7,50 mm	7,40 mm	7,60 mm
Longueur de l'extension de canal auditif	10 mm	9 mm	11 mm

**Tableau 3 – Dimensions du simulateur de pavillon d'oreille
et de l'extension conique de canal auditif du mannequin**

Dimension linéaire	Nominale	Minimale	Maximale
Longueur de l'oreille	66 mm	65 mm	67 mm
Longueur de l'oreille au-dessus de l'EEP	36 mm	35 mm	37 mm
Largeur de l'oreille	37 mm	36 mm	38 mm
Protrusion de l'oreille	23 mm	19 mm	24 mm
Angle de protrusion de l'oreille	160°	159,5°	160,5°
Inclinaison verticale, vue avant	10°	8°	10,5°
Inclinaison verticale, vue latérale	6°	5,5°	6,5°
Longueur de la conque	28 mm	24 mm	29 mm
Longueur de la conque au-dessous de l'EEP	10 mm	9 mm	11 mm
Largeur de la conque, entre trignon et antihélix	23 mm	22 mm	24 mm
Longueur de la conque, entre EEP et antihélix	23 mm	19 mm	24 mm
Profondeur de la conque	15 mm	12 mm	16 mm
Diamètre de l'extension de canal auditif au niveau du plan de référence du simulateur d'oreille occluse	7,50 mm	7,40 mm	7,60 mm
Diamètre de l'extension de canal auditif au niveau du simulateur de pavillon d'oreille	10 mm	9,5 mm	10,5 mm
Longueur de l'extension de canal auditif	8,8 mm	7,8 mm	10 mm

4.2.4 Simulateur d'oreille

Le simulateur d'oreille doit comprendre un simulateur d'oreille occluse, comme cela est décrit dans l'IEC 60318-4, par exemple, et une extension de canal auditif (voir 3.6).

Si des simulateurs d'oreille occluse dont les détails diffèrent par rapport à ceux spécifiés dans l'IEC 60318-4 sont utilisés, il convient de préciser leurs caractéristiques avec les résultats des mesures d'appareils de correction auditive réalisées avec le mannequin.

4.2.5 Matériaux

Le mannequin doit avoir une surface non poreuse, avec une impédance acoustique élevée par rapport à celle de l'air, et être constitué d'un matériau qui assure des dimensions stables.

Les simulateurs de pavillon d'oreille doivent être en élastomère de haute qualité. La dureté Shore-OO [3] doit être comprise entre 30 Shore OO et 60 Shore OO. L'intervalle de temps pendant lequel il est prévu que les caractéristiques mécaniques des simulateurs de pavillon d'oreille restent conformes au présent document doit être indiqué au moyen d'une date d'expiration.

Les résultats de mesure des appareils de correction auditive obtenus avec un même mannequin équipé de différents modèles de simulateurs de pavillon d'oreille peuvent varier selon le type d'appareil de correction auditive en essai et son montage. Il convient d'indiquer le modèle, ou l'identification analogue, des simulateurs de pavillon d'oreille ainsi que leur dureté Shore-OO avec les résultats des mesurages d'appareils de correction auditive réalisés avec le mannequin.

4.3 Caractéristiques acoustiques du mannequin

4.3.1 Réponse en fréquence en champ libre

Le Tableau 4 et le Tableau 5 spécifient, dans des bandes d'un douzième d'octave, les réponses en fréquence nominales en champ libre du mannequin (oreille droite) équipé d'extensions cylindriques de canal auditif. Les valeurs sont données pour un angle d'élévation de 0° et des angles d'azimut de 0° (incidence frontale), 90°, 180° et 270°. Les valeurs s'appliquent également aux angles d'azimut symétriques correspondants pour le pavillon d'oreille gauche.

NOTE 1 Le mesurage de la réponse en fréquence du mannequin à l'angle d'azimut 270° peut présenter des difficultés pour des fréquences de 6,3 kHz et plus. Cela est dû à une combinaison de réflexions aux limites de l'enceinte d'essai et à l'effet d'ombre de la tête. Par conséquent, ces valeurs ont été omises dans le Tableau 5.

NOTE 2 Les réponses en fréquence nominales en champ libre ont été obtenues à partir de la puissance moyenne des réponses en fréquence mesurées en champ libre pour les trois mannequins de l'Annexe A et de l'Annexe B, d'après [4]. Dans [4], la réponse en fréquence en champ libre est donnée dans des bandes d'un douzième d'octave, qui ont été synthétisées à partir de mesures de balayage à haute résolution de fréquence. Les valeurs aux fréquences (nominales de la bande d'un tiers d'octave) ISO 3 R10 ont été utilisées pour la spécification.

NOTE 3 Les fréquences médianes nominales de la bande d'un tiers d'octave utilisées comme fréquences d'essai dans le Tableau 4 et le Tableau 5 correspondent à la série de nombres normaux ISO 3 R10.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60318-7:2022

**Tableau 4 – Réponse en fréquence en champ libre du mannequin (oreille droite)
pour un angle d'azimut de 0° dans des bandes d'un douzième d'octave**

Fréquence médiane de la bande d'un douzième d'octave	Réponse en fréquence en champ libre	Intervalle d'acceptation	
Hz	dB	dB	
	Angle d'azimut		
	0°		
100	0,0	+1,5	–1,5
125	0,0	+1,5	–1,5
160	0,0	+1,5	–1,5
200	0,0	+1,5	–1,5
250	0,0	+1,5	–1,5
315	1,0	+1,5	–1,5
400	2,0	+1,5	–1,5
500	2,5	+2,0	–1,5
630	3,0	+1,5	–1,5
800	4,0	+1,5	–1,5
1 000	4,0	+2,0	–2,5
1 250	3,0	+2,0	–3,5
1 600	5,0	+1,5	–2,0
2 000	12,0	+2,0	–2,5
2 500	16,5	+3,0	–3,0
3 150	17,5	+2,0	–2,5
4 000	14,0	+2,0	–3,0
5 000	11,5	+2,5	–3,0
6 300	7,0	+2,0	–2,0
8 000	2,0	+3,5	–5,5
10 000	2,0	+4,0	–4,5
12 500	9,0	+4,0	–4,5
16 000	3,0	+4,0	–6,0

NOTE 1 La réponse en fréquence en champ libre est donnée aux fréquences ISO 3 R10, mais sous forme de bandes d'un douzième d'octave centrées sur ces fréquences.

NOTE 2 Les valeurs du Tableau 4 ne sont valables que pour les simulateurs de pavillon d'oreille destinés au mesurage d'appareils de correction auditive au moyen d'extensions cylindriques de canal auditif conformes au Tableau 2.

Tableau 5 – Réponses en fréquence en champ libre du mannequin (oreille droite) pour des angles d'azimut de 90°, 180° et 270° dans des bandes d'un douzième d'octave

Fréquence médiane de la bande d'un douzième d'octave	Réponse en fréquence en champ libre			Intervalle d'acceptation	
Hz	dB			dB	
	Angle d'azimut				
	90°	180°	270°		
100	0,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
125	0,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
160	1,0	–0,5	–1,0	+1,5	–1,5
200	1,5	0,0	–1,0	+1,5	–2,0
250	2,5	0,0	–0,5	+1,5	–1,5
315	3,5	0,0	0,0	+1,5	–1,5
400	4,5	0,5	0,5	+1,5	–1,5
500	5,5	1,0	1,5	+2,0	–1,5
630	7,0	2,0	1,5	+1,5	–2,0
800	8,0	4,0	2,0	+1,5	–2,0
1 000	7,5	4,0	2,5	+1,5	–2,0
1 250	9,5	5,5	3,5	+2,5	–2,5
1 600	9,5	5,5	5,0	+2,0	–2,0
2 000	11,0	9,5	7,0	+2,5	–4,0
2 500	16,5	14,0	10,0	+2,5	–2,5
3 150	17,0	13,5	9,0	+3,0	–2,0
4 000	13,5	10,5	3,5	+5,0	–3,0
5 000	17,0	6,0	–3,5	+7,0	–8,0
6 300	17,0	2,0	---	+2,5	–5,0
8 000	16,5	3,5	---	+5,0	–10,5
10 000	10,5	–1,5	---	+6,0	–10,5
12 500	11,5	–0,5	---	+6,0	–8,5
16 000	3,5	–4,0	---	+6,0	–11,0

NOTE 1 La réponse en fréquence en champ libre est donnée aux fréquences ISO 3 R10, mais sous forme de bandes d'un douzième d'octave centrées sur ces fréquences.

NOTE 2 Les valeurs du Tableau 5 ne sont valables que pour les simulateurs de pavillon d'oreille avec des extensions cylindriques de canal auditif conformes au Tableau 2.

NOTE 3 Les réponses en champ libre pour l'angle d'azimut de 0° sont données dans le Tableau 4.

4.3.2 Réponse en fréquence en champ diffus

Le Tableau 6 spécifie, dans des bandes d'un tiers d'octave, la réponse en fréquence en champ diffus du mannequin (oreille droite) équipé d'extensions cylindriques de canal auditif.

NOTE La réponse en fréquence nominale en champ diffus a été obtenue à partir de la puissance moyenne des réponses en fréquence en champ diffus des trois mannequins de l'Annexe A et de l'Annexe B, d'après [4]. La réponse en fréquence en champ diffus est donnée dans des bandes de fréquences d'un tiers d'octave.

Tableau 6 – Réponse en fréquence en champ diffus du mannequin (oreille droite) dans des bandes d'un tiers d'octave

Fréquence médiane de la bande d'un tiers d'octave	Réponse en fréquence en champ diffus	Intervalle d'acceptation	
Hz	dB	dB	
100	–0,5	+1,5	–1,5
125	0,0	+1,5	–1,5
160	0,0	+1,5	–1,5
200	0,5	+1,5	–1,5
250	0,0	+1,5	–1,5
315	0,5	+1,5	–1,5
400	1,5	+1,5	–1,5
500	2,0	+1,5	–1,5
630	3,5	+1,5	–1,5
800	3,5	+1,5	–1,5
1 000	4,0	+1,5	–2,0
1 250	5,0	+1,5	–1,5
1 600	7,0	+1,5	–2,0
2 000	10,5	+2,0	–2,0
2 500	14,0	+2,0	–2,0
3 150	14,5	+2,5	–2,0
4 000	12,5	+2,0	–2,0
5 000	9,5	+2,0	–2,0
6 300	8,0	+2,5	–2,0
8 000	8,0	+2,5	–2,5
10 000	5,0	+3,5	–2,5
12 500	2,5	+4,5	–2,5
16 000	0,0	+6,5	–4,0

NOTE Les valeurs du Tableau 6 ne sont valables que pour les simulateurs de pavillon d'oreille avec des extensions cylindriques de canal auditif conformes au Tableau 2.

4.3.3 Intervalles d'acceptation

Les intervalles d'acceptation des réponses en fréquence en champ libre et en champ diffus du mannequin sont indiqués dans le Tableau 4, le Tableau 5 et le Tableau 6. Les valeurs comprennent l'intervalle d'acceptation de l'étalonnage du simulateur d'oreille occluse, mais pas la sensibilité en champ libre ou en champ diffus du microphone. Elles sont arrondies à l'incrément de 0,5 dB le plus proche.

4.3.4 Ouvertures

Les ouvertures d'accès à l'intérieur du mannequin autres que les oreilles ne doivent pas avoir d'influence sur les réponses du mannequin spécifiées en 4.3.1 et en 4.3.2.

5 Etalonnage

5.1 Conditions d'environnement de référence

Les conditions d'environnement de référence sont les suivantes.

Pression ambiante de référence: 101,325 kPa

Température de référence: 23 °C

Taux d'humidité relative de référence: 50 %

5.2 Méthode d'étalonnage

5.2.1 Généralités

Lors de la détermination des caractéristiques acoustiques du mannequin, aucune perruque ne doit être utilisée sur la tête et aucun vêtement ne doit être utilisé sur la tête ou le torse. Si la tête peut être inclinée, la position verticale doit être utilisée. Si la longueur du cou peut être réglée, la valeur nominale "entre EEP et épaule" du Tableau 1 doit être utilisée.

5.2.2 Signal d'essai, espace d'essai et équipement de mesure

5.2.2.1 Essais en champ libre (FFT, *Free-Field Testing*)

Les signaux de stimulus et les méthodes d'analyse utilisés doivent fournir une résolution de fréquence d'au moins 1 Hz ou moins et un rapport signal sur bruit d'au moins 10 dB à toutes les fréquences d'analyse. Par exemple, des mesurages d'onde sinusoïdale balayée suivis d'une analyse FFT peuvent être utilisés.

NOTE 1 Par exemple, une fréquence d'échantillonnage de 48 kHz et une dimension FFT de 65 536 donnent une résolution de fréquence de 0,73 Hz.

Les données de réponse en fréquence en champ libre du mannequin doivent être traitées dans des bandes d'un douzième d'octave qui sont centrées sur les fréquences ISO 3 R10 utilisées dans la spécification (voir 4.3.1).

NOTE 2 Le signal d'essai utilisé dans [4] est une onde sinusoïdale de 16 s balayée de façon exponentielle de 20 Hz à 25,6 kHz, enregistrée avec une fréquence d'échantillonnage de 65 535 Hz. Son avantage est un rapport signal sur bruit considérablement amélioré. Les données de réponse en fréquence dans la largeur de bande d'un douzième d'octave, données aux fréquences médianes de la bande d'un tiers d'octave (série de fréquences normales ISO 3 R10), ont à leur tour été calculées à partir des données de l'onde sinusoïdale balayée à l'aide de la méthodologie indiquée dans [5].

NOTE 3 Les filtres d'un douzième d'octave utilisés dans [4] n'ont pas les mêmes fréquences médianes que celles données dans l'IEC 61260-1.

Pour la réponse en fréquence en champ libre du mannequin, l'espace et la source sonore d'essai doivent donner ensemble une approximation des ondes progressives planes en conditions de champ libre dans la plage de fréquences de 100 Hz à 10 kHz, ou en option jusqu'à 16 kHz.

Ces conditions sont réputées exister si les niveaux de pression acoustique mesurés à une distance de 250 mm du point d'essai ne s'écartent pas du niveau de pression acoustique au point d'essai de plus de ± 2 dB jusqu'à 300 Hz et ± 1 dB au-dessus de 300 Hz. Les points de mesure pour les essais de conformité doivent inclure deux points sur l'axe d'essai, respectivement orientés vers la source sonore et à l'opposé de celle-ci. Quatre points de mesure supplémentaires dans le plan d'essai doivent être inclus: deux dans le plan de référence du mannequin, à gauche et à droite, observés depuis la source sonore, et deux sur l'axe de rotation au-dessus et au-dessous du point d'essai.

NOTE 4 L'écart admis du niveau de pression acoustique par rapport à celui au point d'essai tient compte de la relation inverse de la pression avec la distance et les écarts correspondants, ainsi que d'autres écarts dus à la directivité de la source.

NOTE 5 Pour une salle anéchoïque, la conformité peut être attendue à condition que le point d'essai et la source sonore se situent tous deux à au moins 1 m des limites les plus proches.

La source sonore d'essai ne doit contenir que des éléments coaxiaux ou un diaphragme unique, et le rapport entre la dimension frontale maximale de la source sonore et la distance de la source doit être inférieur à 0,25.

NOTE 6 Afin d'éviter les réflexions, la zone frontale du déflecteur de la source sonore peut être recouverte d'un matériau absorbant approprié.

5.2.2.2 Essais en champ diffus

La réponse en fréquence en champ diffus du mannequin doit être mesurée dans des bandes de fréquences d'un tiers d'octave, données dans l'IEC 61260-1.

NOTE 1 Le signal d'essai utilisé dans [4] est un bruit rose à large bande dans la plage de fréquences de 20 Hz à 25,6 kHz.

En l'absence du mannequin, le niveau de pression acoustique doit être mesuré au moyen d'un microphone WS3P en six positions (au-dessus et au-dessous, à gauche et à droite, devant et derrière) à une distance de 150 mm du point de référence du mannequin. L'écart maximal admis du niveau de pression acoustique mesuré en ces positions par rapport au niveau mesuré au point de référence du mannequin est de $\pm 2,5$ dB. De plus, la valeur absolue de la différence entre la position à gauche et la position à droite doit être ≤ 3 dB.

Le niveau de pression acoustique au point de référence doit en outre être mesuré au moyen d'un microphone directionnel dans différentes directions à des fréquences de 500 Hz et plus. Pour un microphone directionnel dont l'indice de sensibilité avant vers aléatoire est de 5 dB ou plus, la différence maximale entre les valeurs lues maximale et minimale des niveaux de pression acoustique incidente doit être de 5 dB ou moins. Pour les microphones directionnels dont l'indice de sensibilité avant vers aléatoire est de 4,5 dB, la variation admissible du champ est de 4,5 dB, et pour ceux dont l'indice de sensibilité avant vers aléatoire est de 4 dB, la variation admissible du champ est de 4 dB.

NOTE 2 Ces exigences sont également spécifiées dans l'ISO 4869-1 pour la vérification des caractéristiques du champ acoustique diffus pour les essais des protecteurs individuels contre le bruit.

5.2.2.3 Positionnement du mannequin

L'espace d'essai doit être équipé de dispositifs de fixation qui permettent un positionnement précis et reproductible et l'étalonnage du mannequin par rapport au point d'essai choisi, par exemple dans la position de référence du mannequin.

5.2.2.4 Bruit de fond extérieur

Le niveau de pression acoustique effectif du bruit de fond extérieur dans la bande de fréquence de mesure doit être inférieur d'au moins 10 dB au niveau de pression acoustique dans la bande de fréquences du signal d'essai.

5.2.3 Mesurage du niveau de pression acoustique

Le niveau de sensibilité en champ libre et le niveau de sensibilité en champ diffus des microphones de référence utilisés pour mesurer le niveau de pression acoustique en champ libre et le niveau de pression acoustique en champ diffus non obstrués doivent être connus par étalonnage avec une incertitude de mesure élargie (facteur d'élargissement $k = 2$) d'au maximum 0,5 dB pour les fréquences jusqu'à 5 kHz, d'au maximum 1,0 dB de 6,3 kHz à 10 kHz et d'au maximum 1,2 dB de 11 kHz à 16 kHz.

L'étalonnage du simulateur d'oreille occluse doit être conforme aux exigences de l'IEC 60318-4.