

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Sound system equipment –
Part 23: TVs and monitors – Loudspeaker systems**

**Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 23: Téléviseurs et moniteurs – Systèmes de haut-parleurs**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



**Sound system equipment –
Part 23: TVs and monitors – Loudspeaker systems**

**Équipements pour systèmes électroacoustiques –
Partie 23: Téléviseurs et moniteurs – Systèmes de haut-parleurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.160.01; 33.160.50

ISBN 978-2-8322-6548-2

**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.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	10
3.2 Abbreviated terms.....	11
4 Type description	12
5 Physical characteristics	12
5.1 Dimensions	12
5.2 Mass.....	12
6 Conditions	12
6.1 Normal measuring conditions	12
6.2 Rated conditions	13
6.3 Rated frequency range.....	13
6.4 Climatic conditions.....	13
7 Test signals.....	13
7.1 General.....	13
7.2 Sinusoidal chirp signal	13
7.3 Steady-state single-tone signal	13
7.4 Steady-state two-tone signal	14
7.5 Sparse multi-tone complex.....	14
7.6 Broadband noise signal.....	14
7.7 Narrow-band noise signal	14
7.8 Hann-burst signal.....	14
7.9 Impulsive signal	14
8 Acoustical environment.....	14
8.1 General.....	14
8.2 Free-field conditions	14
8.3 Simulated free-field conditions	14
8.4 In-situ environment	15
8.5 Listening room	15
9 Measurement equipment	15
10 Positioning of the EUT	15
10.1 Reference plane and normal vector.....	15
10.2 Reference point	15
10.3 Reference axis.....	16
10.4 Orientation vector	16
10.5 Horizontal and Vertical Trajectories	18
11 Measuring distance between EUT and microphone.....	18
11.1 Far-field conditions	18
11.2 Near-field conditions	18
12 Mounting of the EUT.....	19
12.1 General.....	19
12.2 Mounting methods	19
12.2.1 Stand-type	19

12.2.2	Wall mount-type.....	19
12.3	Mounting for free-field conditions	20
12.3.1	General	20
12.3.2	EUT rotating condition	20
12.3.3	Microphone rotating condition	20
13	Rated ambient conditions	20
13.1	Temperature ranges.....	20
13.1.1	Performance limited temperature range	20
13.1.2	Damage limited temperature range	21
13.2	Humidity ranges.....	21
13.2.1	Relative humidity range	21
13.2.2	Damage limited humidity range.....	21
14	Evaluation point and distance	21
14.1	Evaluation point	21
14.2	Evaluation distance.....	21
15	Free-field measurements	22
15.1	General.....	22
15.2	On-axis SPL FR	22
15.2.1	Definition	22
15.2.2	Measurement methods	22
15.2.3	Reporting.....	22
15.3	Spatial transfer function	23
15.3.1	Definition	23
15.3.2	Measurement method	23
15.3.3	Reporting.....	24
15.4	Sound power response	24
15.4.1	Definition	24
15.4.2	Measurement methods	25
15.4.3	Reporting.....	25
15.5	Directional characteristics	26
15.5.1	General	26
15.5.2	Measurement methods	27
15.5.3	Post-processing.....	27
15.5.4	Reporting.....	30
16	In-situ testing.....	30
16.1	General.....	30
16.2	In-situ transfer function	31
16.2.1	Definition	31
16.2.2	Measurement method	32
16.2.3	Reporting.....	33
16.3	Room transfer function.....	33
16.3.1	Definition	33
16.3.2	Measurement method	33
16.4	Reflected sound SPL response	34
16.4.1	Definition	34
16.4.2	Measurement method	34
16.4.3	Reporting.....	35
16.5	In-situ SPL FR	35

16.5.1	Definition	35
16.5.2	Measurement methods	35
16.5.3	Reporting	36
17	Mean SPL in an acoustical zone	37
17.1	General	37
17.2	Definition	37
17.3	Measurement	38
17.4	Numerical prediction	38
17.5	Reporting	38
18	FR characteristics	38
18.1	General	38
18.2	Mean value of SPL in a rated frequency range	39
18.2.1	Definition and unit	39
18.2.2	Setup	39
18.2.3	Procedure	39
18.2.4	Analysis	39
18.2.5	Reporting	40
18.3	Effective frequency range (EFR)	40
18.3.1	Definition and unit	40
18.3.2	Setup	40
18.3.3	Procedure	40
18.3.4	Analysis	41
18.3.5	Reporting	41
18.4	Spectral balance (SB)	42
18.4.1	Definition and unit	42
18.4.2	Setup	42
18.4.3	Procedure	42
18.4.4	Analysis	42
18.4.5	Reporting	43
18.5	Regression line deviation (RLD)	43
18.5.1	Definition and unit	43
18.5.2	Setup	43
18.5.3	Procedure	43
18.5.4	Analysis	44
18.5.5	Reporting	44
18.6	Narrow band variation (NBV)	45
18.6.1	Definition and unit	45
18.6.2	Setup	45
18.6.3	Procedure	45
18.6.4	Analysis	45
18.6.5	Reporting	46
19	Large-signal characteristics	46
19.1	Modelling at high amplitudes	46
19.2	Noise spectrum	47
19.2.1	Definition and measurement	47
19.2.2	Reporting	47
19.3	Short-term amplitude compression	47
19.3.1	Definition and unit	47
19.3.2	Setup	47

19.3.3	Procedure.....	47
19.3.4	Analysis.....	48
19.3.5	Reporting.....	48
19.4	Multi-tone distortion	48
19.4.1	Multi-tone distortion spectrum.....	48
19.4.2	Absolute multi-tone distortion	50
19.4.3	Relative multi-tone distortion	51
19.4.4	Total multi-tone distortion ratio	52
19.5	Harmonic distortion in sound pressure output	53
19.5.1	Definition and unit.....	53
19.5.2	Setup.....	54
19.5.3	Procedure and analysis	54
19.5.4	Reporting.....	55
19.6	Equivalent input total harmonic distortion.....	56
19.6.1	Definition and unit.....	56
19.6.2	Setup.....	57
19.6.3	Procedure.....	57
19.6.4	Analysis.....	57
19.6.5	Reporting.....	58
19.7	Impulsive distortion.....	59
19.7.1	Definition and unit.....	59
19.7.2	Setup.....	59
19.7.3	Procedure.....	59
19.7.4	Analysis.....	59
19.7.5	Reporting.....	60
19.8	Rated maximum input value	60
19.8.1	Definition and unit.....	60
19.8.2	Setup.....	60
19.8.3	Procedure.....	61
19.8.4	Analysis.....	62
19.8.5	Reporting.....	62
19.9	Rated maximum SPL	62
19.9.1	Definition and unit.....	62
19.9.2	Setup.....	62
19.9.3	Procedure.....	62
19.9.4	Reporting.....	63
	Bibliography.....	64
	Figure 1 –Test signal scope	12
	Figure 2 –Recommended position and orientation of the EUT	16
	Figure 3 – Measuring the horizontal directivity in spherical coordinates by rotating the EUT (e.g., OLED TV) in upright position.....	17
	Figure 4 – Measuring the vertical directivity in spherical coordinates by rotating the tilted EUT (e.g. OLED TV).....	17
	Figure 5 – Example for stand-type	19
	Figure 6 – Example for wall mount-type.	20
	Figure 7 – Evaluation point and distance (centre)	21
	Figure 8 – SPL distribution of the direct sound represented in colour in 3D	24

Figure 9 – Measurement locations at vertical and horizontal trajectories at distance r_d	26
Figure 10 – Measurement locations at listening window	28
Figure 11 – Measurement locations at equivalent sound power.....	29
Figure 12 – Example for reporting the directional characteristics measured at distance r_d	30
Figure 13 – Modelling the sound reproduction under in-situ conditions.....	32
Figure 14 – Example of time-frequency analysis (spectrogram) applied to reflected sound impulse response $h_{\text{REFL}}(t,r)$ measured at a distance $r = 1,5$ m from the EUT in an office room.....	33
Figure 15 – SPL FR of the in-situ condition.	36
Figure 16 – Mean value of SPL at rated frequency range	40
Figure 17 – Effective Frequency Range at Frequency Response.....	41
Figure 18 – Regression line deviation at rated frequency range	44
Figure 19 – Loudspeaker model considering the dominant signal distortion at high amplitudes	46
Figure 20 – SPL spectrum of the reproduced multi-tone stimulus (MDS) at full FFT resolution comprising the fundamental components at the excited tones and the distortion components at other frequencies	49
Figure 21 – SPL of the fundamental, multi-tone distortion and noise floor integrated into frequency bands at the excitation frequencies of the multi-tone stimulus	51
Figure 22 – Relative multi-tone distortion $L_{\text{RMD}}(f_i)$ and relative noise floor $L_{\text{RNF}}(f_i)$ in decibel versus excitation frequencies f_i	52
Figure 23 – Total harmonic distortion (THD) referred to the fundamental component measured at three distances on the reference axis	55
Figure 24 – SPL FR of the fundamental component, total harmonic components ($L_{\text{TH}}(f, r_e)$), and the noise floor $L_{\text{NETH}}(f, r_e)$	56
Figure 25 – Signal flow chart illustrating the generation of the equivalent input distortion by inverse filtering the sound pressure signal measured at three different points in an in-situ environment (office).....	57
Figure 26 – Equivalent input total harmonic distortion (EITHD) in percent versus excitation frequency measured at three distances on the reference axis in an in-situ environment.....	58
Table 1 – Recommended coordinates of the trajectories at distance r_D	18
Table 2 – Evaluation distance reference standard	22
Table 3 – Weights for polar angle θ at 10° Increments	29
Table 4 – Worked example for mean value of SPL	40
Table 5 – Worked example for effective frequency range	41
Table 6 – Worked example for spectral balance	43
Table 7 – Worked example for RLD.....	44
Table 8 – Worked example for NBV	46
Table 9 – Worked example for rated maximum input value.....	62
Table 10 – A Worked example for Rated maximum SPL.....	63

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –

Part 23: TVs and monitors – Loudspeaker systems

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 60268-23 has been prepared by technical area 20: Analogue and digital audio, of IEC technical committee 100: Audio, video and multimedia systems and equipment. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
100/3774/CDV	100/3831/RVC

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.

A list of all parts in the IEC 60268 series, published under the general title *Sound system equipment*, can be found on the IEC website.

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/publications.

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 document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

INTRODUCTION

IEC TC 100 has already standardized loudspeaker measurement methods. However, the locations of the loudspeakers of TVs and monitors vary (e.g. front, bottom, back, side), and TVs and monitors are used on stands or wall-mounted, and methods used for their installation continue to evolve. Since the sound characteristics change according to the installation type and position of the loudspeaker, it is necessary to develop new measurement methods for loudspeakers of TVs and monitors. This document provides measurement methods for the audio system of TVs and monitors that take into account the listening environment.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

SOUND SYSTEM EQUIPMENT –

Part 23: TVs and monitors – Loudspeaker systems

1 Scope

This part of IEC 60268 specifies acoustical measurement methods that apply to TV sets, monitors with built-in loudspeakers, and other audio devices having similar acoustical properties (e.g. flat-panel loudspeakers). The acoustical measurements are performed under free-field conditions and in-situ.

This document does not assess the perception and cognitive evaluation of the reproduced sound, nor the impact of perceived sound quality.

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 60268-2:1987, *Sound system equipment – Part 2: Explanation of general terms and calculation methods*

IEC 60268-21:2018, *Sound system equipment – Part 21 Acoustical (output-based) measurements*

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

IEC 61260-1:2014, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters – Part 1: Specifications*

ISO 3744, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane*

ISO 3745, *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms*

ISO 80000-2, *Quantities and units – Part 2: Mathematics*

ANSI/CTA 2034-A:2015, *Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

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

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

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

3.1

equipment under test

EUT

equipment to be measured using the methods described in this document

3.2 Abbreviated terms

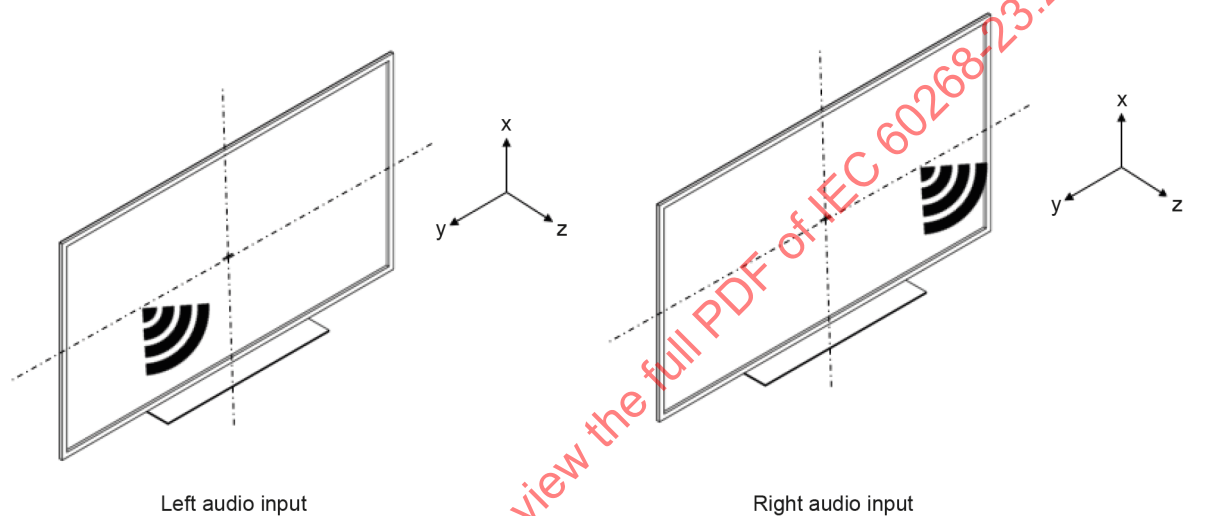
For the purposes of this document, the following abbreviated terms apply.

COG	centre of gravity
dB	decibel
DEF	direct energy fraction
DNR	distortion-to-noise ratio
DSP	digital signal processor
EFR	effective frequency range
EITHD	equivalent input total harmonic distortion
ESP	equivalent sound power
ESPD	equivalent sound power directivity index
EUT	equipment under test
FR	frequency response
Hz	hertz
m	metre
MD	absolute multi-tone distortion
MDS	multi-tone distortion spectrum
NBV	narrow band variation
NF	noise floor
ON	on-axis FR
Pa	pascal
POR	point of rotation
RFR	rated frequency range
RLD	regression line deviation
RMS	root mean square
RMD	relative multi-tone distortion
RNF	relative noise floor
SB	spectral balance
SNR	signal-to-noise ratio
SP	sound power
SPL	sound pressure level
TFA	time-frequency analysis
TH	total harmonic
THD	total harmonic distortion
TMDR	total multi-tone distortion ratio
W	watt

4 Type description

The type description, which includes the following information, shall be provided by the manufacturer.

- Number of input channels: typically, the EUT has two input channels that excite at least one transducer on both the left-hand side and the right-hand side, as shown in Figure 1. The configuration shall be clearly specified for EUTs with more input channels.
- Signal input format: for example, analogue, digital and wireless.
- Type, principles, and the number of the transducers used in the TV and monitor audio systems.
- Power amplification of audio.
- DSP (e.g. equalizer, active protection).



IEC

Figure 1 – Test signal scope

5 Physical characteristics

5.1 Dimensions

The outer dimensions of the EUT should be specified.

5.2 Mass

The total mass of the EUT should be specified.

6 Conditions

6.1 Normal measuring conditions

The EUT shall be understood to be under normal measuring conditions if all of the following conditions are met.

- The acoustical environment is specified and selected from those given in Clause 8.
- Unwanted acoustical signals, electrical signals, and noise generated by other sources shall be kept at the lowest levels possible because their presence may obscure low-level signals. Data related to signals, which are less than 20 dB above the noise level in the frequency band being considered, shall be discarded or marked as corrupted by noise.

- c) The EUT is positioned in accordance with Clause 10.
- d) The EUT is supplied with a test signal with specified properties (spectrum, duration, etc.) in accordance with Clause 7 at a specified RMS input value for the rated frequency range in accordance with 6.3.
- e) Attenuators, equalizers, dynamics, or any other active control elements shall be set to their “normal” position as stated by the manufacturer. If other positions are chosen, for example those providing a maximally flat FR or minimum attenuation, they shall be specified.
- f) Measuring equipment suitable for determining the wanted characteristics is connected in accordance with Clause 9.

6.2 Rated conditions

The rated conditions are physical characteristics that constitute the basis for performing the measurements. The following rated conditions shall be taken from the manufacturer's specification:

- rated frequency range defined in 6.3;
- rated maximum sound pressure level defined in 19.9;
- rated maximum input value defined in 19.8.

6.3 Rated frequency range

The rated frequency range corresponds to the intended use of the EUT in the final application as defined in IEC 60268-21. It is specified by the frequencies f_L and f_U of the lower and upper limits of the audio band for which the maximum sound pressure of the EUT is rated in 19.9.

NOTE The RFR can differ from the EUT's effective frequency range (EFR) as defined in 18.3.

6.4 Climatic conditions

IEC 60268-1 states that tests shall be carried out in the following environment to prevent the influence of temperature and humidity that can affect the properties of the drive unit suspensions [1]¹.

- a) ambient temperature: 15 °C to 35 °C;
- b) relative humidity: 25 % to 75 %;
- c) air pressure: 86 kPa to 106 kPa.

7 Test signals

7.1 General

Acoustical measurements shall be made by using one of the stimuli given in 7.2 to 7.9.

7.2 Sinusoidal chirp signal

As defined in IEC 60268-21:2018, 8.2

7.3 Steady-state single-tone signal

As defined in IEC 60268-21:2018, 8.3

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

7.4 Steady-state two-tone signal

As defined in IEC 60268-21:2018, 8.4

7.5 Sparse multi-tone complex

As defined in IEC 60268-21:2018, 8.5

7.6 Broadband noise signal

As defined in IEC 60268-2:1987, 1.4

7.7 Narrow-band noise signal

As defined in IEC 60268-2:1987, 1.4.

7.8 Hann-burst signal

As defined in IEC 60268-21:2018, 8.8

7.9 Impulsive signal

As defined in IEC 60268-2.

8 Acoustical environment

8.1 General

Acoustical measurements shall be made under one of the conditions stated in 8.2 to 8.5. The acoustical environment used for testing shall be stated.

8.2 Free-field conditions

Acoustical conditions that approach those of free space may be used. Any environment shall be considered satisfactory when the reflected sound components are sufficiently suppressed to ensure accuracy of $\pm 0,5$ dB and $\pm 10^\circ$ in the measured sound pressure amplitude and phase values at the specified frequency, respectively. If the environment (e.g. an anechoic room at low frequencies) does not fulfil these free-field conditions over the rated frequency range of the measurement, the manufacturer shall state the valid frequency range.

NOTE Half-space, free-field conditions are usually not helpful for the acoustical evaluation of monitors, TVs, and other EUTs of similar shape used in applications where the EUT is not operated within a wall of sufficient size.

8.3 Simulated free-field conditions

Acoustical conditions of any environment (e.g., reverberant room) shall be satisfied if the direct sound radiated by the EUT is separated from the room reflections by using measurement techniques such as gating of the impulse response [2], wave separation [3], or acoustical holography [4]. These measurement techniques shall ensure accuracy of $\pm 0,5$ dB and $\pm 10^\circ$ in the measured sound pressure amplitude and phase values at the specified frequency. The frequency resolution $\Delta f = 1 / T$, where T is the effective or truncated impulse response length where the simulated free-field conditions are fulfilled, and any other limitations that impair the measurement results shall be stated.

The condition will be met in any environment (e.g. large rooms with no obstructions) where sound emitted by the TV or monitor speaker reflected from any surface or object in the environment does not reach the measuring microphone before completing the direct sound measurement.

8.4 In-situ environment

There is also a need in product development, manufacturing, installation, maintenance, and service to perform additional measurements in an in-situ environment that does not comply with free-field conditions. For example, an in-situ environment is generated using the wall-mounted, stand-type mounting techniques defined in Clause 12. Test results depend on the particular properties of the in-situ environment and are not comparable with measurements under other conditions.

8.5 Listening room

A listening room representing the typical in-situ environment used by a customer in the final target application is valuable for combining perceptual and physical testing. In order to create a meaningful listening room, the following criteria shall be specified:

- the volume of the room;
- the shape of the room;
- reverberation time $R_{60}(f)$ of the room versus frequency measured in octaves;
- positioning of the EUT in accordance with Clause 10;
- listening position and acoustical zone in accordance with Clause 17;
- mounting conditions in accordance with Clause 12.

NOTE A perceptual and physical listening room reflects essential properties of the speaker-room interaction and provides repeatable and reproducible data in this room. However, the data measured in different listening rooms have limited comparability.

9 Measurement equipment

Measurements in free-field conditions shall be made using a WS2F or WS3F free-field microphone in accordance with IEC 61094-4.

10 Positioning of the EUT

10.1 Reference plane and normal vector

The normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ should be used to specify the direction of the reference plane. The reference plane of EUT should be set parallel to the display screen, as shown in Figure 2. For other EUTs, the manufacturer shall specify the normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ with the results.

The reference plane with the normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ should be used to define the reference axis and reference point $\mathbf{r}_{\text{ref}}$. The pole of the spherical coordinate system in accordance with ISO 80000-2 shall be on the reference axis pointing in the direction of the normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$. The azimuthal angle ϕ should rotate according to the right-hand rule around the normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$.

10.2 Reference point

The manufacture shall define the reference point $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ within the reference plane and provide this information with the measured results. For an EUT with symmetrical geometry, the reference point $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ shall be placed at the axis of reflectional symmetries or at the point of rotational symmetry. The directional properties of the EUT shall be described in a spherical coordinate system. The origin of the Cartesian and spherical coordinate system shall be placed at the reference point, as shown in Figure 2.

NOTE For directional measurements performing a rotation of the EUT, the reference point is identical to the point of rotation (POR) and usually chosen close to or identical to the centre of gravity (COG) of the EUT.

10.3 Reference axis

The reference axis is the line that passes through the reference plane at the reference point r_{ref} in the direction of the normal vector n_{ref} as shown in Figure 2. The pole of the spherical coordinate system shall be placed on the reference axis, and the polar angle θ describes the declination of the observation point r from the reference axis. The on-axis measurements defined in 15.2 shall be performed on the reference axis with a polar angle $\theta=0$. The reference axis shall be used as the reference axis for directional measurements.

10.4 Orientation vector

The orientation vector O_{ref} defines the orientation of the EUT and the azimuthal angle $\phi = 0$ within the reference plane shown in Figure 2. The orientation vector O_{ref} should typically point upwards to the top of the EUT if not stated otherwise. The azimuthal angle should have a positive sign if measured anticlockwise from the orientation vector O_{ref} on the reference plane, as seen from the zenith side of the plane.

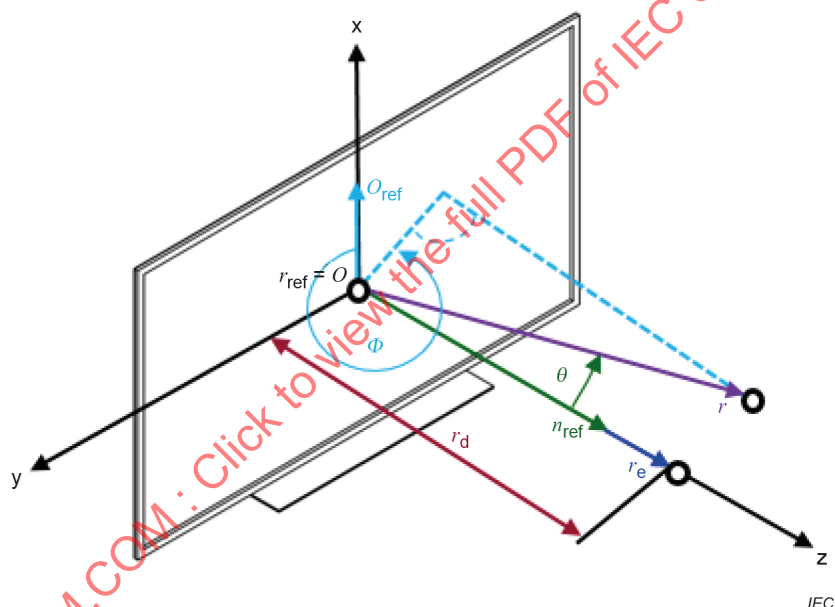


Figure 2 –Recommended position and orientation of the EUT

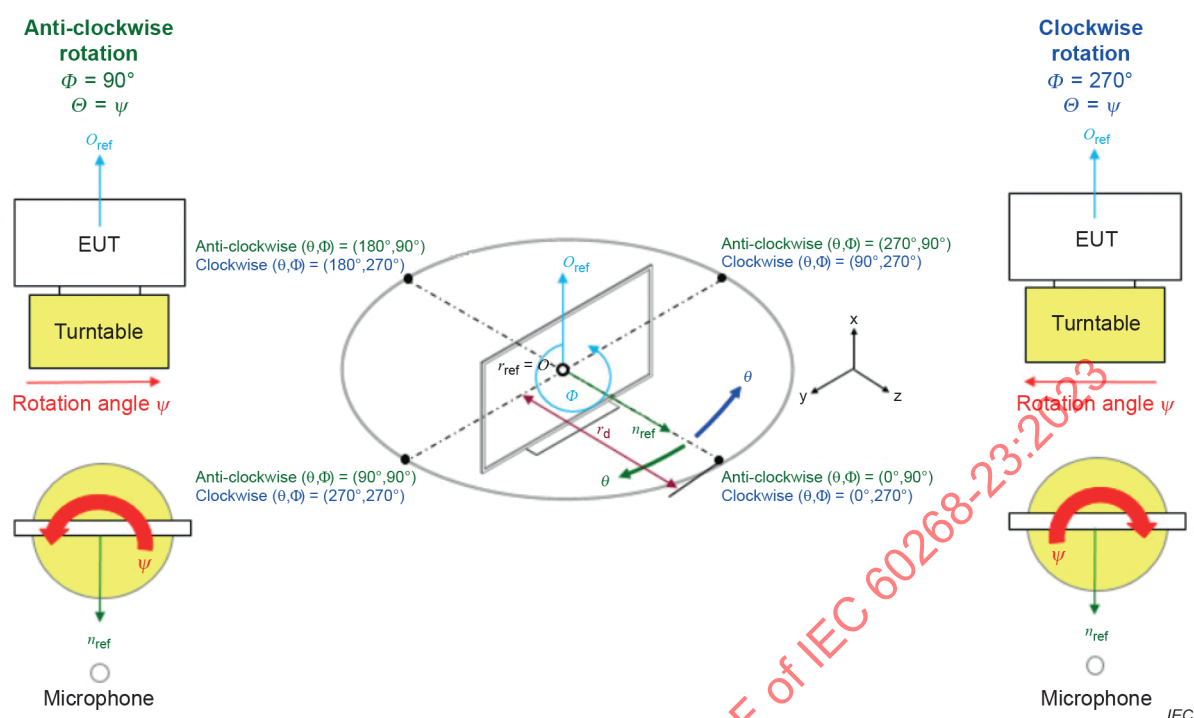


Figure 3 – Measuring the horizontal directivity in spherical coordinates by rotating the EUT (e.g., OLED TV) in upright position

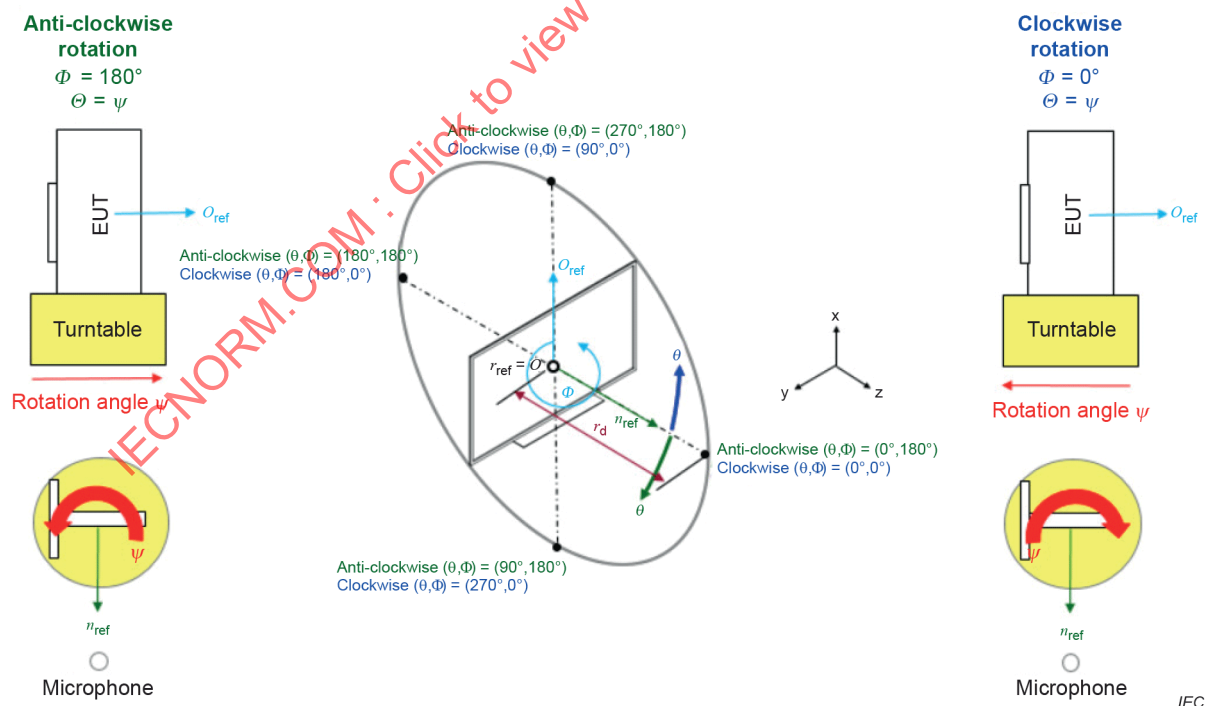


Figure 4 – Measuring the vertical directivity in spherical coordinates by rotating the tilted EUT (e.g., OLED TV)

10.5 Horizontal and Vertical Trajectories

The horizontal and vertical trajectories shown in Figure 3 and Figure 4, respectively, shall be measured versus 360° at distance r_d and expressed in spherical coordinates in accordance with Table 1.

Table 1 – Recommended coordinates of the trajectories at distance r_D

Trajectory	Polar angle θ	Azimuthal angle ϕ	Orientation of the EUT on a turntable
Horizontal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	270°	EUT in upright position rotated clockwise
Horizontal	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	90°	EUT in upright position rotated anti-clockwise
Vertical	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	0°	tilted EUT rotated clockwise
Vertical	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	180°	tilted EUT rotated anti-clockwise

NOTE The loudspeaker directivity of the EUT can be measured versus the horizontal trajectory by performing a first complete (360°) rotation of the EUT placed in normal orientation (orientation vector points upwards) on a turntable. The directivity versus the vertical trajectory requires a second complete (360°) rotation over the tilted EUT placed on the left-hand side on the turntable.

11 Measuring distance between EUT and microphone

11.1 Far-field conditions

Measurements under free-field and half-space conditions shall ideally be carried out in the far-field of the EUT at a distance $r > r_{\text{far}}$ where the sound pressure decreases with the distance r according to the $1/r$ law. The location in the far-field is determined when the following three conditions [5] are fulfilled:

- the distance r is much larger than the geometrical dimension d of the EUT,
- the distance r is much larger than the wavelength λ ,
- the ratio between distance r and dimension d is much larger than the ratio between dimension d and wavelength λ ($r/d \gg d/\lambda$)

However, in practice, limitations of the measuring environment (e.g. room size [4]) and the effects of the background noise set an upper limit to the distance r that can be used.

Measurements under simulated free-field conditions shall be made with the microphone and the EUT positioned within the measuring environment so that the time required for the unwanted first reflection to reach the microphone is maximized.

If the measurement space is an anechoic chamber, reflections from wedge tips, flooring, EUT supports, and microphone supports shall be avoided.

Errors from these sources shall not exceed $\pm 0,5$ dB and $\pm 10^\circ$ in the measured sound pressure amplitude and phase at any frequency within the frequency range of measurement.

11.2 Near-field conditions

The sound pressure in the near field can only be measured by using holographic techniques [4]. In addition, valid far-field information can only be calculated from near-field data by using holographic methods.

The advantages of measurements in the near field [6] are as follows:

- the time available before first reflections is maximized;
- the direct sound pressure is maximized.

The main advantage of holographic techniques is to allow large EUTs to be measured in small rooms [7].

12 Mounting of the EUT

12.1 General

TV and monitor audio systems are measured without any additional baffle.

The manufacturer should use the mounting methods defined in 12.2.1 and 12.2.2. Other mounting methods can be used if the particular type is specified with the results.

12.2 Mounting methods

12.2.1 Stand-type

The EUT is placed on the top of a table, rack, or other furniture, as shown in Figure 5. The manufacturer should specify width, length, and height. The stand-type generates acoustical reflections from the table and rack and requires in-situ testing as defined in Clause 16.

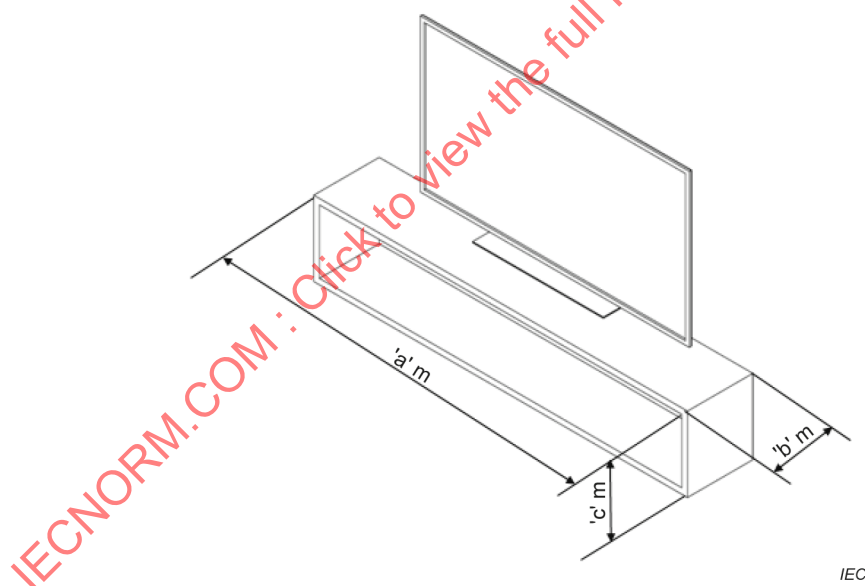


Figure 5 – Example for stand-type

12.2.2 Wall mount-type

The EUT is mounted close to a wall using a stand as shown in Figure 6 or hanging directly on the wall using fixture elements. The manufacturer should specify width, length, and height. The wall mount type generates acoustical reflections from the ground, wall, and stand surface and requires in-situ testing as defined in Clause 16.

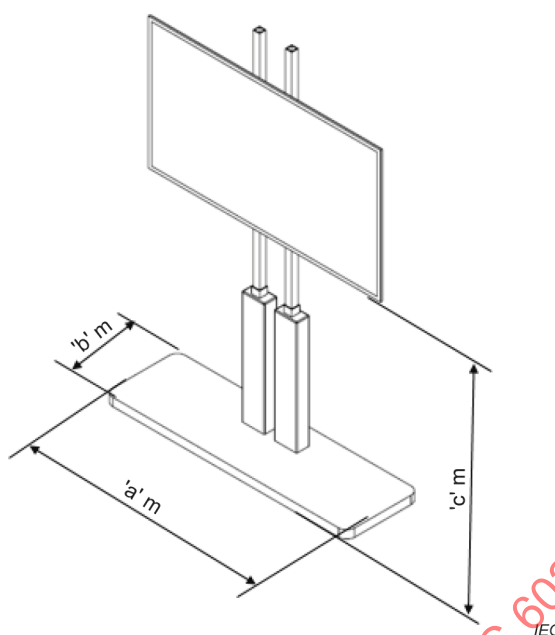


Figure 6 – Example for wall mount-type.

NOTE It can be appropriate to mount TVs and monitors using the VESA standard (Flat Display Mounting Interface Standard: 2006).[8]

12.3 Mounting for free-field conditions

12.3.1 General

The measurement of the spatial transfer function in 15.3 and the directional characteristics in 15.5 can require special mounting conditions to minimize sound reflections on the gear and fulfil the free-field conditions.

12.3.2 EUT rotating condition

This condition is defined as the EUT is rotating while keeping the microphone at a fixed position. It is helpful for convenience and measurement consistency if the rotating platform can be vertically adjusted to compensate for EUTs of different heights.

NOTE It can be appropriate to mount TVs and monitors using the VESA standard (Flat Display Mounting Interface Standard: 2006).[8]

12.3.3 Microphone rotating condition

This condition is defined as the microphone rotating with the EUT fixed. It is helpful for convenience and measurement consistency if the rotating platform can scan the near field and the far field.

13 Rated ambient conditions

13.1 Temperature ranges

13.1.1 Performance limited temperature range

The temperature range over which the variation of the characteristics of the EUT shall not exceed the specified tolerances.

13.1.2 Damage limited temperature range

If exceeded during operation or storage, the temperature range can result in permanent changes in the operating characteristics of the EUT.

13.2 Humidity ranges

13.2.1 Relative humidity range

The relative humidity range over which the variation of the characteristics of the EUT shall not exceed the specified tolerances.

13.2.2 Damage limited humidity range

If exceeded during operation or storage, the relative humidity range can result in permanent changes in the operating characteristics of the EUT.

14 Evaluation point and distance

14.1 Evaluation point

The evaluation point r_e specified by the manufacturer is the position where the rated maximum sound pressure level L_{SPmax} is determined. In agreement with IEC 60268-21 and 19.9, the evaluation point r_e is typically placed on-axis defined by reference axis n_{ref} at a distance r_d from the reference point r_{ref} as shown in Figure 7.

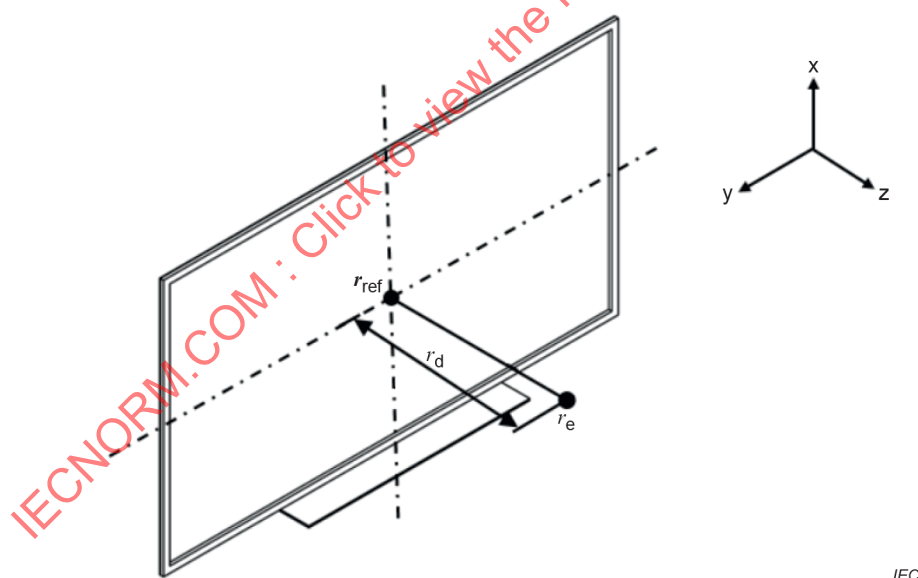


Figure 7 – Evaluation point and distance (centre)

14.2 Evaluation distance

The evaluation distance $r_d = |r_e - r_{ref}|$ is the distance between the evaluation point r_e and the reference point r_{ref} .

This document describes TV and monitors from a consumer perspective. Therefore, the evaluation distance r_d is selected in Table 2. The manufacturer selects and specifies one of these standards. If the manufacturer uses a particular evaluation distance, this shall be reported with the results.

Table 2 – Evaluation distance reference standard

Product	Standard	Condition	Evaluation distance r_d
Monitors	SJT 11157-2	Screen diagonal length shorter than 66 cm:	1 m
TVs		Screen diagonal length longer than 66 cm:	2 m
Common (TVs and monitors)	SMPTE	Viewing angle: $\theta = 30^\circ$ and $\theta = 40^\circ$	It depends on screen size (e.g. 65 inch TV = 2,7 m)
	ITU-R BT.2246-4	video resolution: h (h = height of TV)	It depends on video resolution (e.g. 65" 2k TV and monitor = 2,2 m)

15 Free-field measurements

15.1 General

This clause defines measurement methods and characteristics used to assess the free-field sound radiated from the EUT at low amplitudes where the speaker's nonlinear distortion and time-varying properties can be neglected. Those measurements shall be performed under free-field or simulated free-field conditions in accordance with IEC 60268-21 to suppress the influence of sound reflections by the acoustical environment (room).

15.2 On-axis SPL FR

15.2.1 Definition

The SPL FR is defined as the SPL generated at the evaluation point r_e in accordance with Clause 14 generated under free-field conditions by a sinusoidal input signal at a specified RMS value. This measurement shall be performed in the small-signal domain over a stated frequency range using a sinusoidal chirp giving the best SNR.

15.2.2 Measurement methods

The following two methods shall measure the SPL FR $L_{ON}(f, r_e)$:

- free-field measurement by placing the microphone at evaluation point r_e in accordance with IEC 60268-21;
- holographic near-field scanning technique using a wave separation technique to provide simulated free-field data at the evaluation point r_e as defined in 15.3.3.

Accurate positioning of the microphone is essential for EUTs with large radiating surfaces (e.g., TV using the screen for sound reproduction) generating a complex directivity pattern that can affect the reproducibility of the results.

NOTE The holographic measurement provides a fitting error that shows the accuracy of the measurement. The near field measurements provide maximum SNR and simulated near field conditions by removing room reflections.

15.2.3 Reporting

The on-axis SPL FR shall be plotted versus a logarithmic frequency axis. The measurement condition (evaluation point r_e and RMS value of the stimulus), additional post-processing (e.g., spectral smoothing of the curve), and other influences affecting the accuracy of the measurement shall be stated. The $L_{ON}(f, r_e)$ shall not be applied for assessing the spectral balance, regression line deviation, and narrow band variation of the FR of a EUT with a large radiating surface.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window in 15.5.3.2 or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT.

15.3 Spatial transfer function

15.3.1 Definition

The direct sound generated by the EUT at any point $\mathbf{r}$ in the near and far-field of the EUT can be modelled in accordance with IEC 60268-21:2018, 20.2 by a spatial transfer function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ between the input signal $u(t)$ and the sound pressure $p(t, \mathbf{r})$.

NOTE 1 The accurate amplitude and phase information provided by the transfer function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ is the basis for the optimal design of crossovers, beam steering, contrast control, and other spatial audio applications using DSP.

The spatial transfer function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ expressed in spherical coordinates distance r , angles Φ and θ shall be represented by a spherical wave expansion as

$$\begin{aligned} H_{FF}(f, \mathbf{r}) &= \frac{P_{FF}(f, \mathbf{r})}{U(f)} = C_{FF}(f) \mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r}) \\ &= \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n c_{n,m}^{FF}(f) h_n^{(2)}(kr) Y_n^m(\theta, \Phi) \end{aligned}$$

using general solutions $\mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r})$ of the Helmholtz equation weighted by complex coefficients in vector $C_{FF}(f)$ [4]. This expansion is only valid for the direct sound radiated from any source generated inside a surface enclosing the EUT under free-field conditions. The spherical coordinates allow a separation of angular dependency (directional properties) using the spherical harmonics $Y_n^m(\theta, \Phi)$ from the radial dependency (near field/far-field properties) using the Hankel function of the second kind $h_n^{(2)}(kr)$, with the wavenumber $k = 2\pi f/c_0$ and the speed of sound c_0 . This expansion can be used for modelling the direct sound generated by the EUT at any point in the near and far-field for $r > a$, where a is a critical distance typically limited by the scanning surface.

NOTE 2 The sound field inside the sphere with the critical distance a can only approximately be modelled by the coefficients $C_L(f)$ identified on the scanning surface.

15.3.2 Measurement method

The coefficients $C_{FF}(f)$ describe the directional properties of the EUT and shall be determined by minimizing the mean squared error between measured data collected by a scanning process at multiple points $\mathbf{r}_k$ in the near field of the EUT and the spherical wave model in accordance with IEC 60268-21:

$$C_{FF}(f) = \arg \min_C \sum_{k=1}^{N_r} |H_{FF}(f, \mathbf{r}_k) - C(f) \mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r}_k)|^2$$

A double layer scan shall be used to separate the direct sound from the room reflections occurring in an in-situ measurement environment.

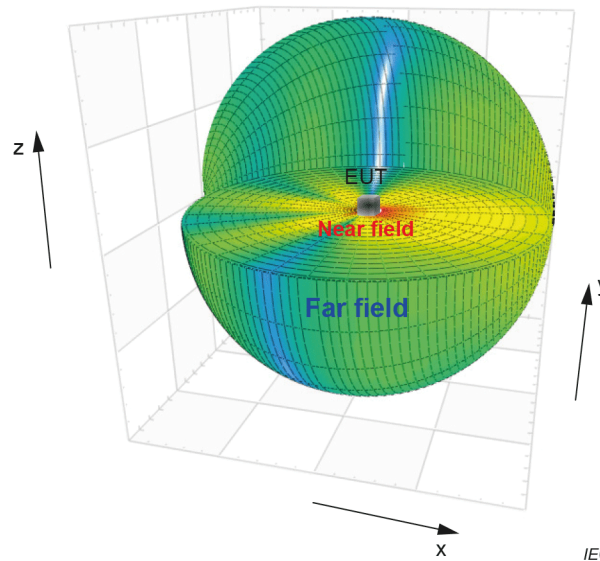


Figure 8 – SPL distribution of the direct sound represented in colour in 3D

The spatial transfer function $\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$ shall be measured for each electroacoustic transducer (e.g. woofers, tweeters, exciters) used in the EUT.

15.3.3 Reporting

The complex coefficients $C_{FF}(f)$ of the spherical wave model defined in 15.3 are the basis for calculating the directional function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ giving the SPL and phase responses at any point r outside the scanning surface. Figure 8 shows, for example, the SPL distribution in the near and far fields generated by an EUT for a sinusoidal input signal.

The $1/r$ law can extrapolate the transfer function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ measured under far-field conditions to any other evaluation distance in the far-field at the same angles ϕ and θ . The SPL FR shall be reported as a polar, balloon, or contour plot defined in IEC 60268-21.

The SPL FR $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ of the free-field radiated from the EUT shall be calculated in decibels at any point in the near and far-field of the EUT as

$$L_{FF}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\tilde{u}(f)| |\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

using the RMS value $\tilde{u}(f)$ of the sinusoidal input signal and the reference sound pressure $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

15.4 Sound power response

15.4.1 Definition

The acoustic output power may be calculated by integrating the RMS sound pressure $\tilde{p}(f, r)$ on a sphere in the far field with the following equation:

$$\Pi(f) = \frac{r^2}{\rho c} \int_{\Omega} \tilde{p}^2(f, r, \theta, \phi) d\Omega$$

where,

$\Pi(f)$ is the acoustic power, in W;

r is the sphere radius, in m;

ρ and c are the density and the sound speed of air under standard conditions.

15.4.2 Measurement methods

15.4.2.1 General

The acoustic output power is determined by either the method in 15.4.2.2 or the method in 15.4.2.3, in accordance with IEC 60268-21:2018, 20.4:

15.4.2.2 Far-field measurement

The sound pressure shall be measured in the far-field of the EUT on a sphere with radius r at many points evenly distributed around the EUT. If the system has axial symmetry of revolution, measurements in a plane containing this axis can be considered sufficient SNR, provided the measurements are suitably weighted in the averaging process in accordance with Clause 6, Clause 8, Clause 17 and 19.2.

In the case of full-space free-field conditions, the square of the RMS sound pressure $\overline{p^2(f,r)}$ shall be averaged over a large sphere of radius r and, in the case of half-space free-field conditions, over a large hemisphere in accordance with ISO 3744 and ISO 3745.

The acoustic power under free-field full space conditions can be determined by the formula:

$$\Pi(f) = \frac{4\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f,r)} = 0,031r^2 \overline{p^2(f,r)}$$

The acoustic power under half-space free-field conditions shall be determined by the formula:

$$\Pi(f) = \frac{2\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f,r)} = 0,016r^2 \overline{p^2(f,r)}$$

15.4.2.3 Near-field measurement

The coefficients $C_{FF}(f)$ of the spherical wave expansion shall be determined based on a near-field measurement in agreement with 15.3.2. The sound power shall be calculated in a defined frequency band at centre frequency f by

$$\Pi(f) = \frac{\tilde{u}(f)^2}{k^2 \rho c} \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n \left| \mathcal{C}_{n,m}^{FF}(f) \right|^2$$

using the wavenumber k , the coefficients $C_{FF}(f)$ of the wave expansion, and the RMS value $\tilde{u}(f)$ of the input signal $u(t)$ in this band.

15.4.3 Reporting

Expressed in decibels, the sound power level

$$L_{\Pi}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\Pi(f)}{\Pi_0} \right)$$

shall be specified as ten times the logarithm of the ratio between the acoustic output power $\Pi(f)$ measured by 15.4.2 and the reference power $\Pi_0 = 10^{-12}$ W.

15.5 Directional characteristics

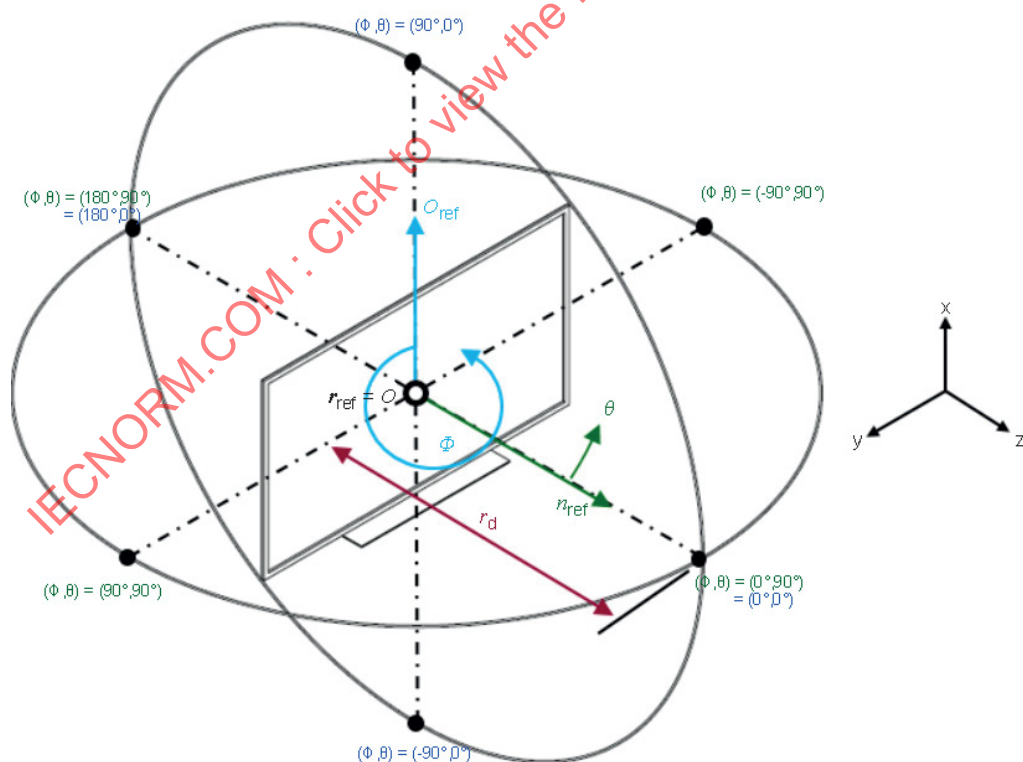
15.5.1 General

The directional properties of the EUT can be described by a set of directional SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ determined for selected angles Φ and θ at a constant distance r_d from the reference point r_{ref} .

NOTE The directional characteristics in 15.5 describe the properties of the EUT under free-field conditions. The interaction with a room in the target application is defined in Clause 16.

The reference point r_{ref} is typically placed in the centre of the EUT, as shown in Figure 9, to simplify the rotation of the EUT as defined in 10.2. If the manufacturer specifies a particular reference point r_{ref} for each transducer channel, this shall be specified with the results.

The distance r_d corresponds to the typical distance between EUT and the listener in the final target application. If the distance r_d does not provide a far-field condition as defined in IEC 60268-21, the SPL FR shall not be extrapolated to a larger distance $r > r_d$ using the $1/r$ law.



IEC

Figure 9 – Measurement locations at vertical and horizontal trajectories at distance r_d

15.5.2 Measurement methods

15.5.2.1 General

The SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ shall be measured at horizontal and vertical trajectories shown in Figure 9 in agreement with 10.5 under free-field conditions. The measurement points are placed at a distance r_d to the reference point r_{ref} and have a resolution of 10° in the polar angle θ defined in Table 1. One of the following two measurement methods (in 15.5.2.1 and 15.5.2.3) shall be used:

15.5.2.2 Direct measurement

The SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ shall be measured by rotating the EUT or the measurement microphone around the reference point r_{ref} .

15.5.2.3 Holographic measurement

The SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ shall be calculated in decibels at the measurement points on the horizontal and vertical trajectory as shown in Figure 9 by using the directional transfer function $\underline{H}_{FF}(f, r_D, \theta, \Phi)$ defined in 15.3 in decibels as

$$L_{FF}(f, \theta, \Phi) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\tilde{u}(f)| |\underline{H}_{FF}(f, r_D, \theta, \Phi)|}{p_0} \right)$$

using the RMS value $\tilde{u}(f)$ of the sinusoidal input signal and the reference sound pressure $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

15.5.3 Post-processing

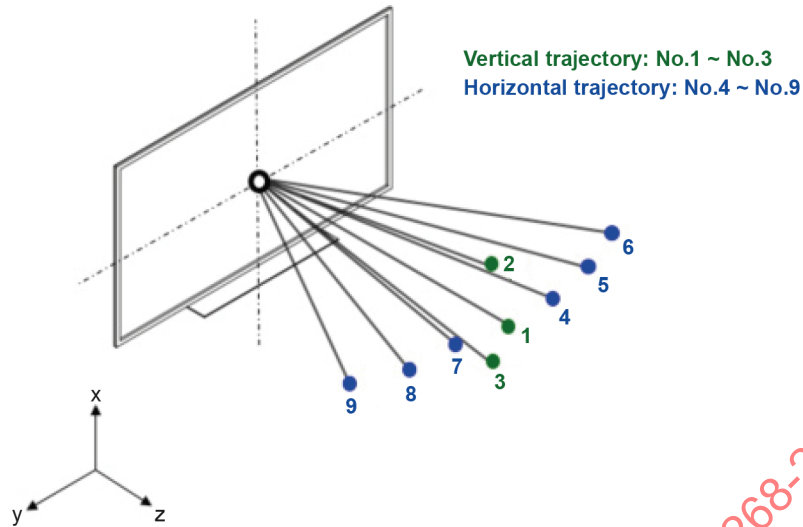
15.5.3.1 General

The SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ measured at defined angles θ and Φ defined in Table 1 shall be processed to estimate the following composite responses describing the directional characteristics of the EUT.

The following SPL FRs (in 15.5.3.2 and 15.5.3.3) shall be calculated by using spatial weights defined in ANSI/CTA 2034-A.

15.5.3.2 Listening window (LW)

The listening window curve $L_{LW}(f)$ is an energetic average of the nine SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ that take into consideration selected points on the vertical trajectory ($\theta = 0^\circ, \pm 10^\circ$ with $\Phi = 0^\circ$) and on the horizontal trajectory ($\theta = \pm 10^\circ, \pm 20^\circ, \pm 30^\circ$ with $\Phi = 90^\circ$) in accordance with Clause 10 and ANSI/CTA-2034 5.2, as shown in Figure 10.



IEC

Figure 10 – Measurement locations at listening window

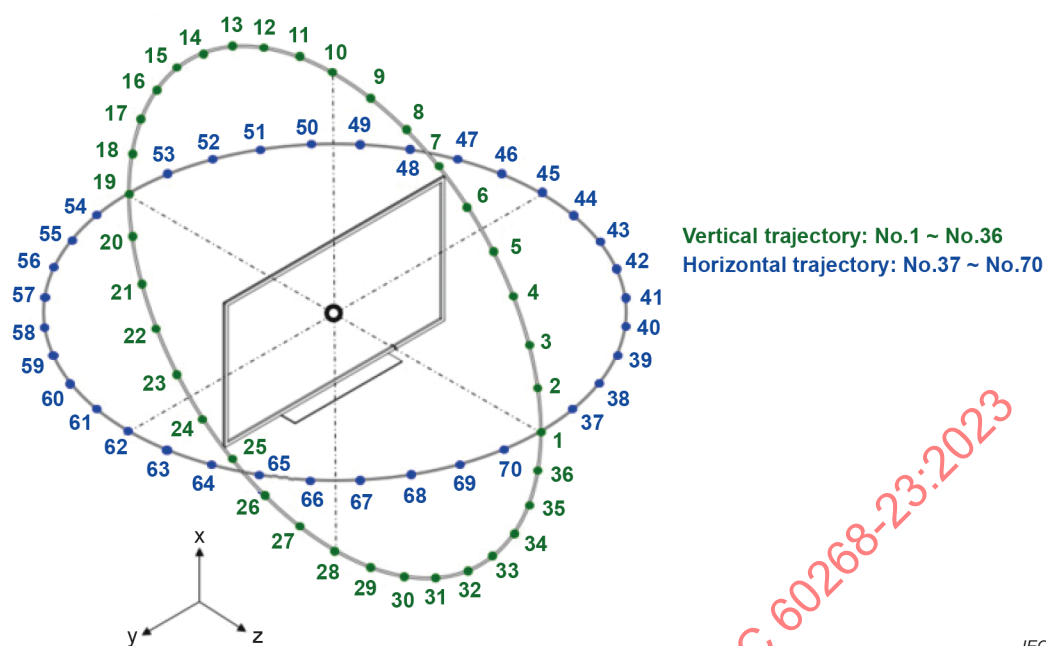
NOTE The averaging of the SPL as used for the acoustic zone according to IEC 62777 is a better way to model the human perception of the SPL distribution with the listening window because a human ear cannot perform an energetic averaging over multiple locations.

15.5.3.3 Equivalent sound power (ESP)

An equivalent sound power curve $L_{ESP}(f)$ is an SPL FR that has the same relative curve shape under the far-field condition as the sound power level response $L_{\Pi}(f)$ in 15.4, but the absolute level depends on the evaluation distance r_d . The equivalent sound power curve is defined in decibels as

$$L_{ESP}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\overline{\tilde{p}^2(f)}}{p_0^2} \right) \\ \approx L_{\Pi}(f) - 20 \log_{10} \left(\frac{r_d}{1m} \right) - 11$$

using the squared RMS sound pressure averaged over a sphere of radius r_d as defined in 15.4.2.2. In accordance with Clause 10 and ANSI/CTA-2034, 5.2, the averaging can be approximated by performing an energetic averaging of the SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ over the horizontal and vertical trajectory with an angular resolution of 10° using an individual weight in Table 3 for each response according to the portion of the spherical surface that they represent. Redundant points in the poles between the horizontal and vertical trajectories are only taken into account once. So, all in all, 70 points are averaged, as shown in Figure 11.



IEC

Figure 11 – Measurement locations at equivalent sound power

Table 3 – Weights for polar angle θ at 10° Increments

Angle θ	Spherical quadrangle weighting
0°	0,000 604 486
±10°	0,004 730 189
±20°	0,008 955 027
±30°	0,012 387 354
±40°	0,014 989 611
±50°	0,016 868 154
±60°	0,018 165 962
±70°	0,019 006 744
±80°	0,019 477 787
±90°	0,019 629 373
±100°	0,019 477 787
±110°	0,019 006 744
±120°	0,018 165 962
±130°	0,016 868 154
±140°	0,014 989 611
±150°	0,012 387 354
±160°	0,008 955 027
±170°	0,004 730 189
±180°	0,000 604 486

NOTE Equivalent sound power requires 70 points of measurement to closely analyze the causes affecting the interaction between the EUT and the room. However, this document defines essential characteristics that can be determined with minimal testing effort. Clause 16 defines acoustical zones in accordance with Clause 17. Large signal characteristics are measured at r_{near} rather than multiple points in accordance with Clause 19.

15.5.3.4 Equivalent sound power directivity index (ESPD)

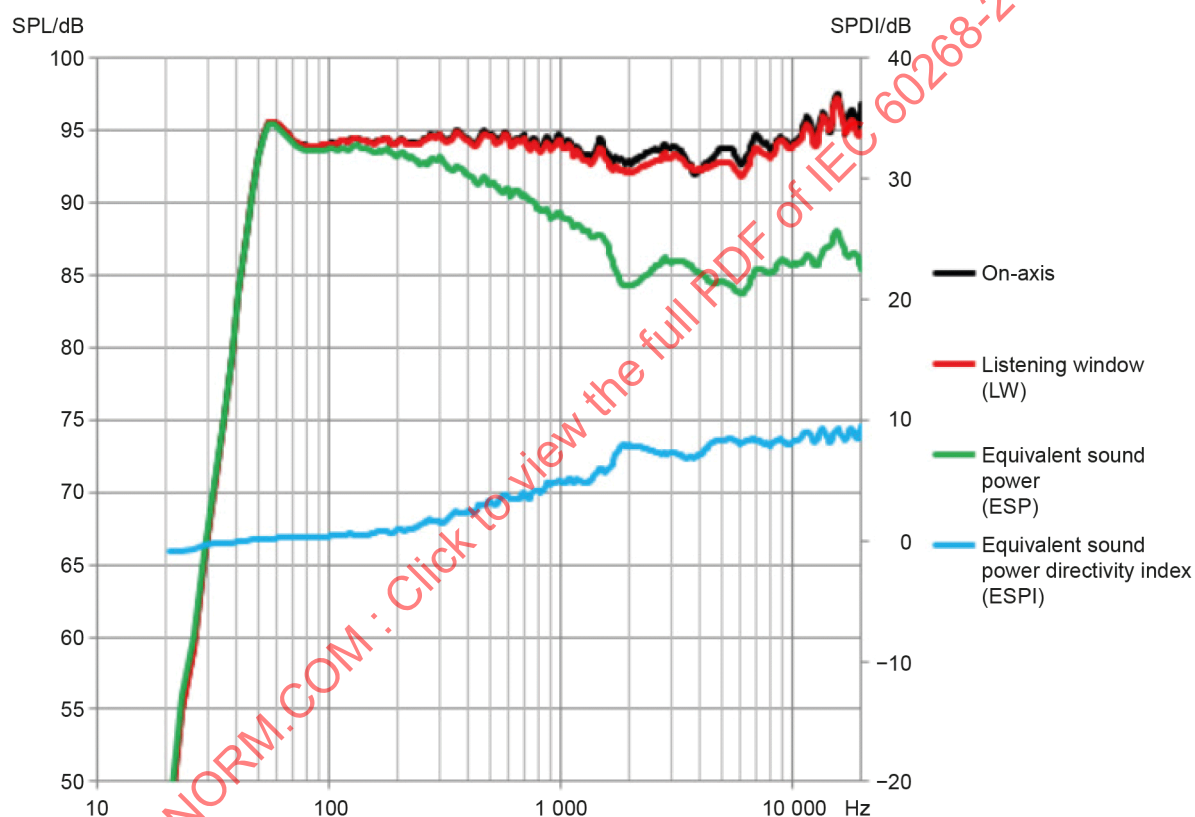
The equivalent sound power directivity index is defined as the difference between the listening window curve and the equivalent sound power curve. An ESPDI of 0 dB indicates omnidirectional radiation. The larger the ESPDI, the more directional the EUT is in the direction of the reference axis.

NOTE ESPDI is defined in ANSI/CTA 2034-A 5.2.

15.5.4 Reporting

Graphical results should conform to one of the preferred aspect ratios in IEC 60263. FR shall be in accordance with 15.5.3.

An example is shown in Figure 12.



IEC

Figure 12 – Example for reporting the directional characteristics measured at distance r_d .

16 In-situ testing

16.1 General

This clause describes the assessment of the EUT under in-situ conditions that do not comply with the ex-situ conditions, such as the anechoic environment in Clause 8, the far-field measurement position in Clause 11, and other normal standard conditions that are required to generate comparable test results. In-situ testing is required to consider the listening environment representing typical customer usage, which reduces the test effort (e.g., number of measurement points) and simplifies the test effort during product development, production

and service. The results of in-situ testing shall be repeatable and reproducible, which depends on the following influences:

- acoustical properties of the in-situ environment (e.g. room, furniture) in the target environment defined in 8.4;
- positioning of the microphone to represent the typical listening position of a customer, which is defined in Clause 17;
- mounting of the EUT defined in Clause 12;
- positioning of the EUT defined in Clause 10.

The manufacturer shall report the results of the test with information on the particular in-situ test conditions.

Subclauses 16.2 to 16.5 describe the acoustical modelling of the sound reproduction under in-situ conditions, the practical measurement, and the numerical prediction of the transfer functions and the SPL responses.

16.2 In-situ transfer function

16.2.1 Definition

The in-situ transfer function $\underline{H}_{IS}(f, \mathbf{r})$ is defined as the complex transfer function between the input signal $u(t)$ of the EUT and the sound pressure $p(t, \mathbf{r})$ at any point $\mathbf{r}$ in the sound field considering the positioning of the EUT and the acoustical influence of furniture, the room and other boundaries in the target application. The in-situ transfer function is modelled as

$$H_{IS}(f, \mathbf{r}) = H_{FF}(f, \mathbf{r}) + H_{REFL}(f, \mathbf{r})$$

which is the sum of the spatial transfer function $\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$ representing the direct sound radiated from the EUT under free-field conditions as defined in 15.3 and a reflected sound transfer function $\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r})$ representing the interaction of the radiation properties of the EUT with the acoustical environment, as shown in Figure 13.

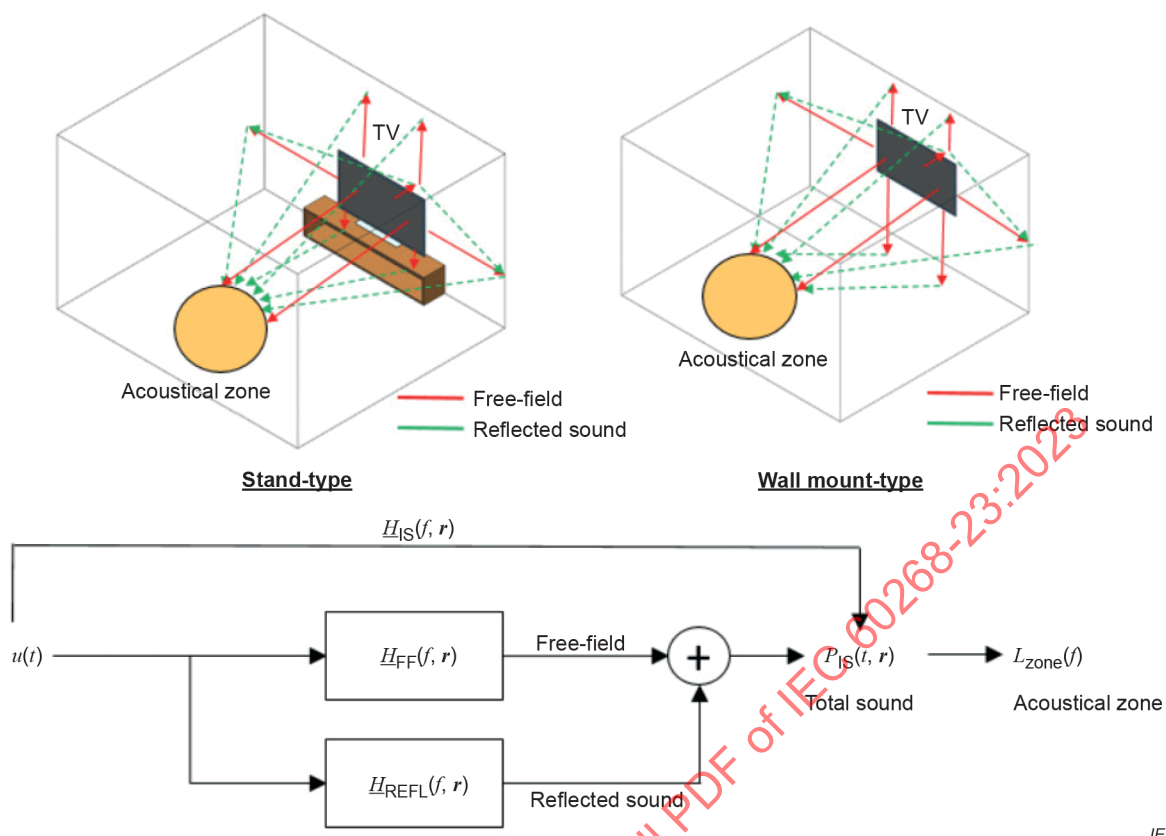


Figure 13 – Modelling the sound reproduction under in-situ conditions

16.2.2 Measurement method

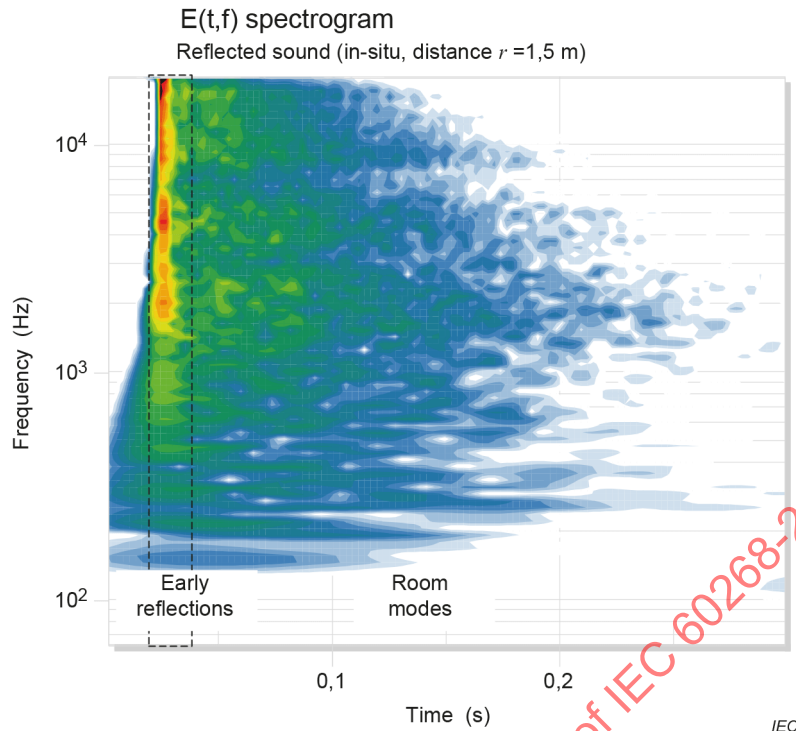
The in-situ transfer functions $\underline{H}_{IS}(f, \mathbf{r})$ shall be measured by using a sinusoidal chirp stimulus $u(t)$ exciting the EUT in a stated frequency range and by measuring the sound pressure signal $p_{IS}(t, \mathbf{r})$ under the steady-state condition at position point $\mathbf{r}$ under in-situ conditions.

The spatial transfer function $\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$ shall be measured by using a holographic measurement technique based on near-field scanning in accordance with 15.3 to provide accurate data at the point $\mathbf{r}$.

The sound reflection transfer function $\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r})$ shall be calculated as

$$\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r}) = \underline{H}_{IS}(f, \mathbf{r}) - \underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$$

The sound reflection impulse response $h_{REFL}(t, \mathbf{r}) = FT^{-1}\{\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r})\}$ shall be calculated as the inverse Fourier transform of the transfer functions $\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r})$ time-frequency analysis (TFA of the impulse response reveals the spectral energy over time). The direct sound and the early room reflections decay with a steep slope while the room modes generate an exponential decay at later times according to the reverberation time $T_{60}(f)$ in the room, as shown in Figure 14.



NOTE The spectrogram of the reflected sound impulse response $h_{\text{REFL}}(t, r)$ reveals the early reflections generated by the table, ground floor, ceiling, and walls and the reverberant sound generated by the room modes.

Figure 14 – Example of time-frequency analysis (spectrogram) applied to reflected sound impulse response $h_{\text{REFL}}(t, r)$ measured at a distance $r = 1,5$ m from the EUT in an office room

16.2.3 Reporting

The transfer functions $\underline{H}_{\text{IS}}(f, r)$, $\underline{H}_{\text{EFF}}(f, r)$ and $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, r)$ of the total in-situ sound, the direct and reflected sound components, respectively, shall be reported together with the position of the listening point r , reference point r_{ref} , normal vector $\mathbf{n}_{\text{ref}}$, and the orientation vector $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ of the EUT.

16.3 Room transfer function

16.3.1 Definition

The room transfer function $\underline{H}_{\text{R}}(f, r)$ describes the relationship between the sound power radiated by the EUT and the sound pressure at point r in the target application. The room gain $G_{\text{R}}(f, r)$ is the magnitude of the room transfer function $\underline{H}_{\text{R}}(f, r)$ normalized and expressed in decibels.

16.3.2 Measurement method

- The sound reflection transfer function $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, r)$ shall be measured in accordance with 16.2.2.
- The sound power response $\Pi(f)$ shall be measured in accordance with 15.4.
- The room transfer function $\underline{H}_{\text{R}}(f, r)$ shall be calculated as

$$\underline{H}_{\text{R}}(f, r) = \frac{\underline{H}_{\text{REFL}}(f, r) \tilde{u}(f)}{\sqrt{\Pi(f) |\tilde{u}(f)|}}$$

d) The room gain shall be expressed in decibels as

$$G_R(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\left| \underline{H}_R(f, \mathbf{r}) \right| \frac{\sqrt{\Pi_0}}{p_0} \right)$$

using the reference power $\Pi_0 = 10^{-12}$ W and the standard reference sound pressure p_0 .

NOTE The room gain $G_R(f, \mathbf{r})$ describes essential properties of the room and early reflections on other boundaries (e.g., table).

16.4 Reflected sound SPL response

16.4.1 Definition

The SPL response $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ of the reflected sound is defined in decibels as

$$L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

using RMS value of the stimulus supplied to the EUT, reference sound pressure p_0 , and sound reflection transfer function $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ in 16.2.

16.4.2 Measurement method

16.4.2.1 General

The reflected sound SPL response $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ shall be determined by one of the following methods:

16.4.2.2 Calculation based on sound pressure measurements

- The reflected sound SPL FR shall be calculated based on the sound reflection transfer function $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ measured in accordance with 16.2.2.
- The room gain shall be calculated as

$$G_R(f, \mathbf{r}) = L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) - L_{\text{II}}(f)$$

- A mean room gain $\bar{G}_R(f, \mathbf{r})$ should be determined by averaging the $G_R(f, \mathbf{r})$ measured on multiple EUTs under identical setup conditions (room, positioning of the EUT, measurement point $\mathbf{r}$).

16.4.2.3 Prediction based on room modelling

- The coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ of the spherical wave expansion representing the direct sound radiated by EUT shall be measured by using a near field measurement in accordance with 15.3.2.
- The sound power level response $L_{\text{II}}(f)$ of the EUT shall be calculated based on the coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ of the spherical wave expansion in accordance with 15.4 or approximated in decibels by

$$L_{\text{II}}(f) \approx L_{\text{ESP}}(f, r_d) + 20 \lg \left(\frac{r_d}{1\text{m}} \right) + 11$$

using the equivalent sound power level $L_{\text{ESP}}(f, r_d)$ defined in 15.5.3.3.

- c) The reverberation time $T_{60}(f)$ in the room shall be determined in accordance with 16.2.
- d) The mean room gain can be calculated by assuming a diffuse sound field in accordance with IEC 60268-21:2018, 20.3.4.2 in decibels as

$$\bar{G}_R(f, r) \approx 10 \lg \left(\frac{T_{60}(f)}{1} \right) - 10 \lg \left(\frac{V}{1} \right) + 14$$

considering the volume V of the room in cubic metres.

NOTE The diffuse sound field approximation does not consider early sound reflections from boundaries close to the EUT (e.g. the EUT is placed on a table or mounted at the wall).

- e) The reflected sound SPL response $L_{\text{REFL}}(f, r)$ at any point r in the room shall be calculated in decibel as:

$$L_{\text{REFL}}(f, r) \approx L_{\text{II}}(f) + \bar{G}_R(f, r)$$

using the sound power level response $L_{\text{II}}(f)$ and the mean room gain $\bar{G}_R(f, r)$ approximated by the diffuse field assumption or measured in accordance with 16.4.2.2.

16.4.3 Reporting

The reflected sound SPL FR $L_{\text{REFL}}(f, r)$ can be smoothed by spectral averaging with a defined relative bandwidth (typically 1/3rd octave) and shall be plotted versus a logarithmic frequency axis. The $L_{\text{REFL}}(f, r)$ shall be reported together with information about the method applied.

16.5 In-situ SPL FR

16.5.1 Definition

The in-situ SPL FR in decibels is defined as

$$L_{\text{IS}}(f, r) = 20 \lg_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |H_{\text{IS}}(f, r)|}{p_0} \right)$$

using the transfer functions $H_{\text{IS}}(f, r)$ defined at point r , reference sound pressure p_0 , and the RMS value $\tilde{u}(f)$ of the sinusoidal chirp signal.

16.5.2 Measurement methods

16.5.2.1 General

The in-situ SPL FR $L_{\text{IS}}(f, r)$ shall be determined by the method of 16.5.2.2 or the method of 16.5.2.3.

16.5.2.2 Sound pressure measurement

The in-situ SPL FR shall be calculated based on the definition in 16.5.1 using the transfer function $H_{\text{IS}}(f, r)$ measured at point r in accordance with 16.2.2.

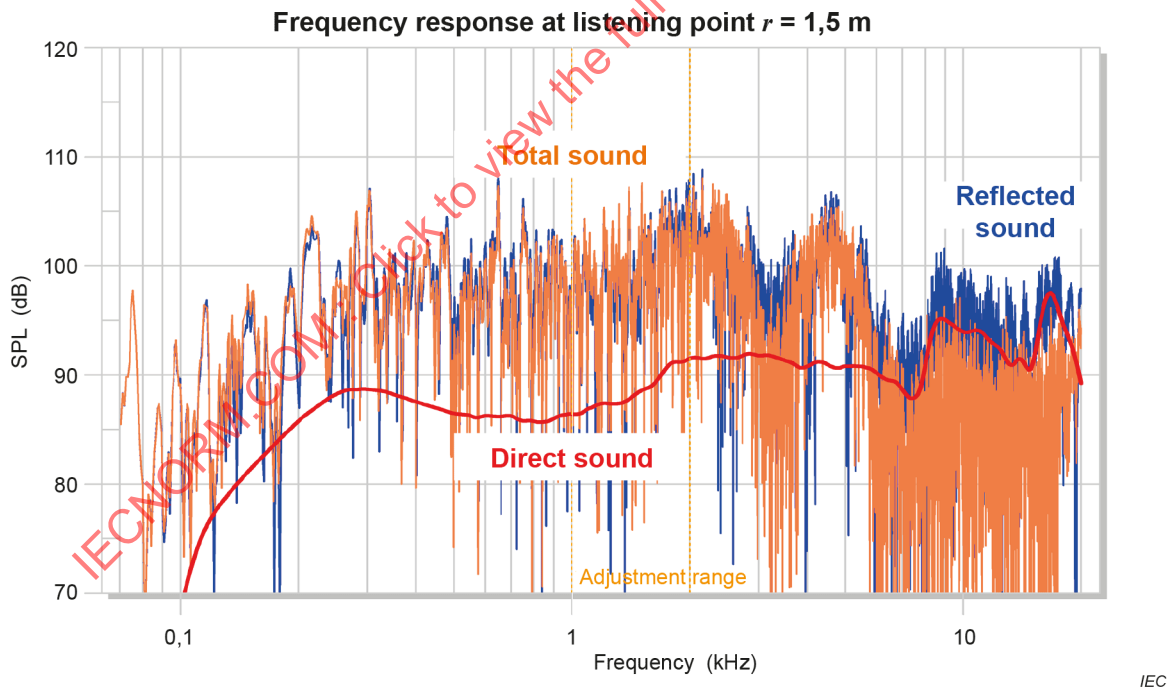
16.5.2.3 Prediction based on room modelling

- The coefficients $C_{FF}(f)$ of the spherical wave expansion representing the direct sound radiated by EUT shall be measured by using a near-field measurement in accordance with 15.3.2.
- The SPL FR $L_{FF}(f, r)$ of the direct sound shall be calculated at the point r based on the spatial transfer function in 15.3.
- The SPL response $L_{REFL}(f, r)$ of the sound reflections shall be determined in accordance with 16.4.2.3.
- The in-situ SPL FR $L_{IS}(f, r)$ shall be calculated as:

$$L_{IS}(f, r) = 10 \log_{10} \left(10^{L_{FF}(f, r)/10} + 10^{L_{REFL}(f, r)/10} \right)$$

16.5.3 Reporting

The in-situ SPL FR $L_{IS}(f, r)$ can be smoothed by spectral averaging with a defined relative bandwidth (typically 1/3rd octave) and shall be plotted versus logarithmic frequency axis. The FRs of the free-field sound $L_{FF}(f, r)$ and the reflected sound $L_{REFL}(f, r)$ shall be reported in the same plotting style as the in-situ SPL FR $L_{IS}(f, r)$ to reveal the dominant signal component, as shown in Figure 15.



NOTE The SPL FR of the total in-situ sound, free-field, and reflected components reveal essential information about the speaker-room interactions in the target application. The FR of the reflected sound in the example shown exceeds the direct sound by more than 10 dB and generates high variations in the total in-situ SPL response versus frequency.

Figure 15 – SPL FR of the in-situ condition.

The Direct Energy Fraction (DEF) defined by Thompson [14] should be calculated in decibels as

$$L_{DEF}(f, r) = L_{FF}(f, r) - L_{IS}(f, r)$$

using the free-field and in-situ SPL FR at the point $\mathbf{r}$. The data shall be reported with information about the properties of the room, such as size and reverberation time $T_{60}(f)$ and the positioning of the EUT.

It is strongly recommended to calculate the weighted mean value and variance of the in-situ SPL FR $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ in an acoustical zone as defined in Clause 17.

17 Mean SPL in an acoustical zone

17.1 General

The larger screen sizes of modern TVs and monitors allow operating EUT in larger rooms, generating new user expectations for a wider listening area with good audio performance. The increased complexity of the direct sound field and the interaction with room, furniture, and other acoustical boundaries generates significant SPL variations at points $\mathbf{r}_n$ within the listening area. The active control of the 3D sound field, especially the reproduction of different audio content by contrast control in multiple zones, requires simple metrics describing sound distribution quality.

The weighted mean sound pressure level shall be calculated by weighting the SPL at multiple measurement points $\mathbf{r}_n$ with $n = 1, \dots, N$ representing an acoustical zone under free field or in-situ conditions. The manufacturer shall state the coordinates of the acoustical zone, the number of points and a weighting function, and whether the measurement environment is a free-field or in-situ environment.

NOTE The directional characteristics in 15.5 are calculated as the weighted sum of the energy assumptions (adding squared sound pressure values) to describe the different signal paths where the sound travels to the human ear. However, the weighted mean value within the acoustical zone is calculated as the weighting of the SPL (without adding squared sound pressure values) to describe the likely distribution of listeners in the zone.

17.2 Definition

The acoustical zone is defined as a 2D or 3D region in the nearfield or far-field of the EUT under free-field conditions or in a room that represents the typical application of the EUT.

The weighted mean sound pressure level in an acoustical zone expressed in decibels is defined in agreement with IEC 62777 and IEC 60268-21 as

$$L_{\text{zone}}(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n)} \sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n) L(f, \mathbf{r}_n)$$

where $L(f, \mathbf{r}_n)$ represents direct sound SPL FR $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ under free field condition in 15.3.3 or the in-situ SPL FR $L_{IS}(f, \mathbf{r}_n)$ in 16.5.

NOTE 1 If the acoustical zone is close to the EUT where the reflected sound is much smaller than the total sound, then the direct sound $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ can be used for calculating $L_{\text{zone}}(f)$.

The weighting function $w(f, \mathbf{r}_n)$ describes the likelihood of a human ear being placed at a particular point $\mathbf{r}_n$ in the acoustical zone and determines the expectation value of the SPL for random ear position.

NOTE 2 Using a rectangular weighting function $w(f, \mathbf{r}_n)$ that is constant inside and null outside the acoustical zone, then $L_{\text{zone}}(f)$ is the mean value of the SPL responses in decibel in the zone.

The biased weighted variance of the sound pressure level in an acoustical zone expressed in decibels is defined as

$$\sigma_{\text{zone}}^2(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n)} \sum_{n=1}^N w(f, \mathbf{r}_n) (L(f, \mathbf{r}_n) - L_{\text{zone}}(f))^2$$

17.3 Measurement

- The in-situ SPL FR $L_{\text{IS}}(f, \mathbf{r}_n)$ or direct sound SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \mathbf{r}_n)$ under free-field condition shall be measured in accordance with 16.2.2.
- The weighted mean SPL $L_{\text{zone}}(f)$ and weighted variance $\sigma_{\text{zone}}^2(f)$ shall be calculated in the acoustical zone defined in 17.2.

17.4 Numerical prediction

In order to minimize the measurement effort for providing the SPL FR $L(f, \mathbf{r}_n)$ at points $\mathbf{r}_n$ with sufficient spatial resolution in the acoustical zone, the following method shall be used:

- The SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \mathbf{r}_n)$ under free-field conditions at all points in the acoustical zone shall be determined at points $\mathbf{r}_n$ based on the spatial transfer function in 15.3.3.

NOTE If all points $\mathbf{r}_n$ in the acoustical zone are in the far-field of the EUT, extrapolation of the directional characteristics in section to the point $\mathbf{r}_n$ based on the $1/r$ law can be used to calculate the SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \mathbf{r}_n)$. The coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ of the spherical wave expansion provide the SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \mathbf{r}_n)$ at all points in the near and far-field of the EUT.

- The sound power level response $L_{\Pi}(f)$ of the EUT shall be calculated based on the equivalent sound power in 16.4.2.3 or by using the coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ of the spherical wave expansion in accordance with 15.4.
- The in-situ SPL FR $H_{\text{IS}}(f, \mathbf{r})$ at all points $\mathbf{r}_n$ in the acoustical zone shall be calculated in accordance with 16.5.2.3.
- The weighted mean SPL $L_{\text{zone}}(f)$ and weighted variance $\sigma_{\text{zone}}^2(f)$ shall be calculated in the acoustical zone defined in 17.2.

17.5 Reporting

The weighted mean SPL of the acoustical zone shall be plotted in decibel versus a logarithmic frequency axis. The geometrical shape of the acoustical zone, the relationship to the EUT and room boundaries, and the position of the points $\mathbf{r}_n$ shall be reported.

18 FR characteristics

18.1 General

The FR characteristics shall extract essential physical information from the FR that is important for quality assessment of the EUT, benchmarking of products, and simplifying the interpretation. The characteristics defined in this clause shall be marked with an index XX, representing the selected FR $L_{\text{XX}}(f)$ under free-field conditions:

- the listening window $L_{\text{LW}}(f)$ for SPL FR in 15.5.3.2;
- sound power level response $L_{\Pi}(f)$ in 15.4 or equivalent sound power FR $L_{\text{ESP}}(f)$ in 15.5.3.3;

- equivalent sound power directivity index $L_{\text{ESPD}}(f)$ in 15.5.3.4 or under in-situ conditions;
- weighted mean SPL FR $L_{\text{zone}}(f)$ based on the in-situ SPL FR $L_{\text{IS}}(f, \mathbf{r})$ in an acoustical zone under typical application conditions (e.g. room).

The selected FRs shall have high importance for the quality assessment of the EUT.

18.2 Mean value of SPL in a rated frequency range

18.2.1 Definition and unit

This item defines the mean SPL value in the RFR in accordance with 60268-21. Unit: dB (decibel)

18.2.2 Setup

- Conditions shall be in accordance with Clause 6.
- The test signal shall be in accordance with Clause 7.
- The acoustical environment shall be in accordance with Clause 8.
- Positioning of EUT shall be in accordance with Clause 10.
- Measurement of the distance between the EUT and the microphone shall be in accordance with Clause 11.

18.2.3 Procedure

- Mounting of EUT shall be in accordance with Clause 12.
- Designate the measurement voltage and apply the signal.
- The evaluation point and distance shall be calculated in accordance with Clause 14.
- Measure the SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \theta, \Phi)$ in accordance with 15.3.3.
- Calculate the FR $L_{\text{XX}}(f)$ of the EUT by applying smoothing with 1/3rd octave filter to the selected FR in 18.1 as shown in Figure 16.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window in 15.5.3.2 or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT

- Define the RFR in accordance with 6.3.

18.2.4 Analysis

The L_{mean} is derived from the mean sound-pressure value $\tilde{p}_{\text{mean}}$ in the rated frequency range

$$\tilde{p}_{\text{mean}} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\tilde{p}_k)^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 10^{L_{\text{XX}}(f_k)/10} \right]^{1/2}$$

where frequency f_k is logarithmically spaced, and $k = 1$ represents the first value in the RFR. L_{mean} is determined by the formula

$$L_{\text{mean}} = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}_{\text{mean}}}{p_0} \right)$$

and shall be expressed in decibels relative to the standard reference sound-pressure $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

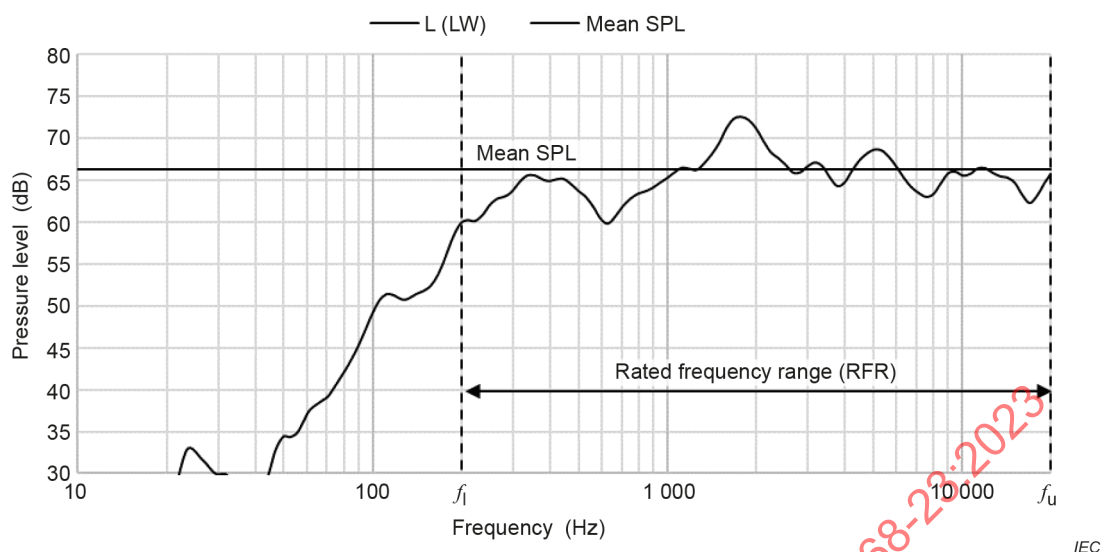


Figure 16 – Mean value of SPL at rated frequency range

18.2.5 Reporting

The results should be reported as shown in Table 4.

Table 4 – Worked example for mean value of SPL

Reporting – Sample data		
Mean value of SPL		
Item	Result	Remarks
L_{mean}	66,2 dB (at r_d m)	RFR (200 Hz to 20 kHz)

18.3 Effective frequency range (EFR)

18.3.1 Definition and unit

This item defines the range of frequencies, bounded by stated upper and lower limits, for which the measured FR $L_{\text{LW}}(f)$ of the loudspeaker is not more than 10 dB below the mean sound pressure level L_{mean} averaged over a rated frequency range. Unit: Hz (hertz).

18.3.2 Setup

- Conditions shall be in accordance with Clause 6.
- The test signal shall be in accordance with Clause 7.
- The acoustical environment shall be in accordance with Clause 8.
- Positioning of the EUT shall be in accordance with Clause 10.
- Measurement of the distance between the EUT and the microphone shall be in accordance with Clause 11.

18.3.3 Procedure

- Mounting of the EUT shall be in accordance with Clause 12.
- Designate the measurement voltage and apply the signal.
- The evaluation point and distance shall be calculated in accordance with Clause 14.
- Measure the SPL FR $L_{\text{FF}}(f, \theta, \phi)$ in accordance with 15.3.3.

- e) Calculate the FR $L_{xx}(f)$ of the EUT by applying smoothing with 1/3rd octave filter to the selected FR in 18.1 as shown in Figure 17.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window in 15.5.3.2 or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT.

18.3.4 Analysis

- a) Effective frequency range (EFR) is defined in accordance with IEC 60268-21 by the upper and lower limit where,

$f_{L,EFR}$ is the lower frequency limit at –10 dB for L_{mean}

and

$f_{U,EFR}$ is the upper frequency limit at –10 dB for L_{mean}

- b) The mean sound pressure level L_{mean} is calculated in the rated frequency range with 18.2. The relative bandwidth B shall be stated if the default value 1/3rd octave is not used.
- c) The effective frequency range shall be determined where the smoothed FR is not more than 10 dB below the mean sound pressure level L_{mean} . The frequencies $f_{L,EFR}$ and $f_{U,EFR}$ describe the lower and upper limits of the effective frequency range. Sharp troughs in the response curve, narrower than 1/9 octave at the –10 dB level, shall be neglected in determining the frequency limits.

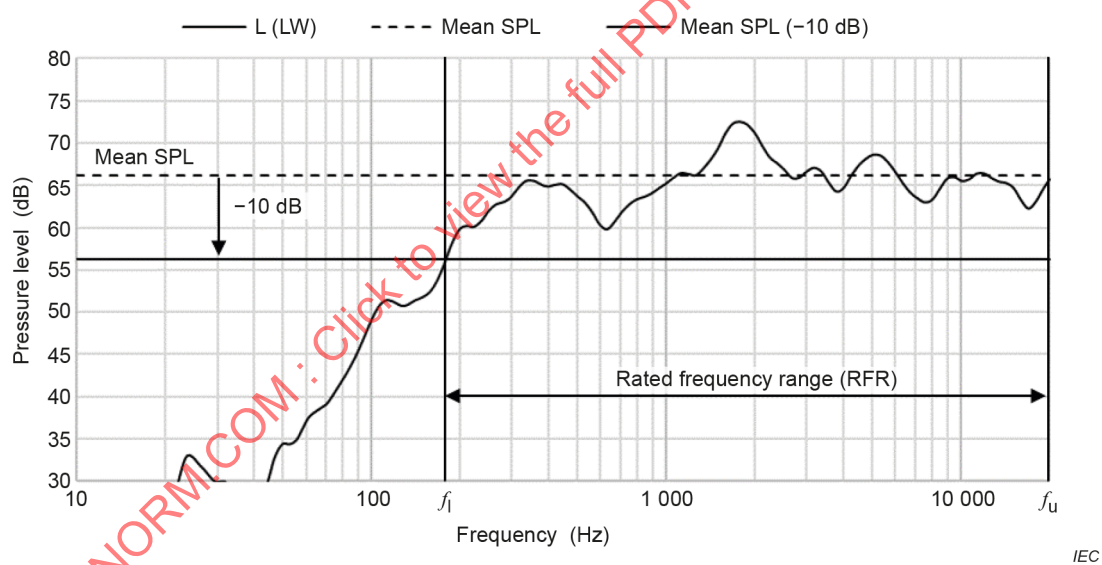


Figure 17 – Effective Frequency Range at Frequency Response

18.3.5 Reporting

The results should be reported in the format shown in Table 5.

Table 5 – Worked example for effective frequency range

Reporting – Sample Data		
Effective frequency range (EFR)		
Item	Result	Remarks
EFR	187 Hz to 20 kHz (at r_d m)	$L_{mean} = 66,2$ dB

18.4 Spectral balance (SB)

18.4.1 Definition and unit

The spectral balance (SB) describes the slope of the linear regression line in dB/octave, which best fits the measured frequency curve in the rated frequency range (RFR). The SB can have a negative value, a zero value or a positive value.

18.4.2 Setup

- Conditions shall be in accordance with Clause 6.
- The test signal shall be in accordance with Clause 7.
- The acoustical environment shall be in accordance with Clause 8.
- Positioning of EUT shall be in accordance with Clause 10.
- Measurement of the distance between the EUT and the microphone shall be in accordance with Clause 11.

18.4.3 Procedure

- Mounting of the EUT shall be in accordance with Clause 12.
- Designate the measurement voltage and apply the signal.
- The evaluation point and distance shall be calculated in accordance with Clause 14.
- Measure the SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ in accordance with 15.3.3.
- Calculate the FR $L_{XX}(f)$ of the EUT by applying smoothing with 1/3rd octave filter to the selected FR in 18.1.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window, equivalent sound power, the equivalent sound power directivity index in accordance with 15.5.3, or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT.

- Resample the FR $L_{XX}(f)$ specified on logarithmic standard frequencies according to the 1/3rd octave nominal mid-band frequency f_n defined in IEC 61260-1:2014, Table E.1.
- Define the RFR in accordance with 6.3.
- Select a first nominal mid-band frequency $f_{n=1}$, where the lower band-edge frequency is larger than the lower frequency limit f_L of the rated frequency range (RFR).

18.4.4 Analysis

Spectral balance (SB) is defined as the slope B_{XX} of the linear regression line:

$$B_{XX} = \frac{\sum_{n=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{n=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

where,

$x_i = \log_2(f_n)$ equals the log-transformed frequency value of the nominal mid-band frequency f_n ,

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ equals the arithmetic mean value of all values x_i in the RFR,

$y_i = L_{XX}(f_n)$ the sound pressure level in the selected characteristics XX of the nominal mid-band frequency f_n ,

$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ equals the arithmetic mean value of all values y_i in the RFR.

18.4.5 Reporting

The results should be reported in the format shown in Table 6.

Table 6 – Worked example for spectral balance

Reporting – Sample data		
Spectral balance (SB)		
Item	Result	Remarks
B_{XX}	1,5 dB (at r_d m)	RFR (200Hz to 20kHz)

18.5 Regression line deviation (RLD)

18.5.1 Definition and unit

This item defines the absolute average deviation in dB from the measured frequency curve to the linear regression line fitted in the rated frequency range (RFR) with 1/3 octave band resolution. Unit: dB (decibel).

18.5.2 Setup

- Conditions shall be in accordance with Clause 6.
- The test signal condition shall be in accordance with Clause 7.
- The acoustical environment shall be in accordance with Clause 8.
- Positioning of the EUT shall be in accordance with Clause 10.
- Measurement of the distance between the EUT and the microphone shall be in accordance with Clause 11.

18.5.3 Procedure

- Mounting of the EUT shall be in accordance with Clause 12.
- Designate the measurement voltage and apply the signal.
- The evaluation point and distance shall be calculated in accordance with Clause 14.
- Measure the SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ in accordance with 15.3.3.
- Calculate the FR $L_{XX}(f)$ of the EUT by applying smoothing with 1/3rd octave filter to the selected FR in 18.1 as shown in Figure 18.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window, equivalent sound power, the equivalent sound power directivity index in accordance with 15.5.3, or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT.

- Resample the FR $L_{XX}(f)$ specified on logarithmic standard frequencies according to the 1/3rd octave nominal mid-band frequency f_n defined in IEC 61260-1:2014, Table E.1.
- Define the RFR in accordance with 6.3.
- Select the first nominal mid-band frequency $f_{n=1}$, where the corresponding lower band-edge frequency is larger than the lower frequency limit f_L of the rated frequency range (RFR).

18.5.4 Analysis

The regression line deviation D_{XX} is defined as the absolute average deviation in dB from the measured response $L_{XX}(f_n)$ to the linear regression line $L_{RL,XX}(f_n)$ fitted in the rated frequency range (RFR) with 1/3 octave band resolution by the formula:

$$D_{XX} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |L_{XX}(f_n) - L_{RL,XX}(f_n)|$$

where the regression line is defined with the slope B_{XX} and the y-interception value $L_{0,XX}$

$$L_{RL,XX}(f_n) = B_{XX}(\log_2(f_n)) + L_{0,XX}$$

and $L_{0,XX}$ is calculated with $\bar{x}$, $\bar{y}$ and B_{XX} in accordance with 18.4.4.

$$L_{0,XX} = \bar{y} - B_{XX}\bar{x}$$

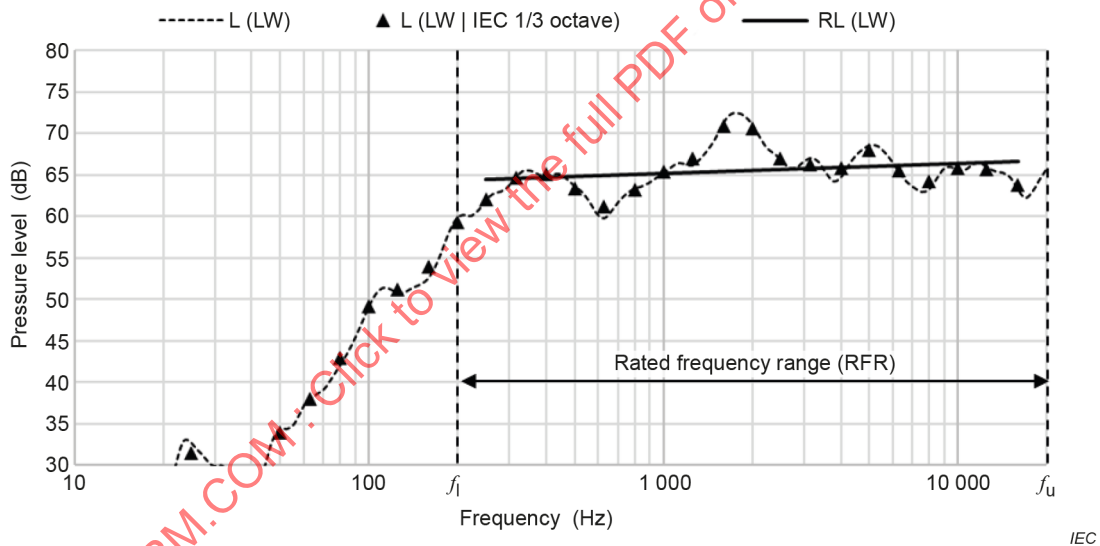


Figure 18 – Regression line deviation at rated frequency range

18.5.5 Reporting

The results should be reported in the format shown in Table 7.

Table 7 – Worked example for RLD

Reporting – Sample data		
Regression line deviation (RLD)		
Item	Result	Remarks
D_{XX}	1,91 dB (at r_d m)	RFR (200 Hz to 20 kHz)

18.6 Narrow band variation (NBV)

18.6.1 Definition and unit

This item defines the variation in dB of the measured frequency curve in the rated frequency range (RFR). Unit: dB (decibel)

18.6.2 Setup

- Conditions shall be in accordance with Clause 6.
- The test signal condition shall be in accordance with Clause 7.
- The acoustical environment shall be in accordance with Clause 8.
- Positioning of the EUT shall be in accordance with Clause 10.
- Measurement of the distance between the EUT and the microphone shall be in accordance with Clause 11.

18.6.3 Procedure

- Mounting of the EUT shall be in accordance with Clause 12.
- Designate the measurement voltage and apply the signal.
- The evaluation point and distance shall be calculated in accordance with Clause 14.
- Measure the SPL FR $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ in accordance with 15.3.3.
- Calculate the FR $L_{XX}(f)$ of the EUT by applying smoothing with 1/3rd octave filter to the selected FR in 18.1.

NOTE An EUT with a large radiating surface can generate a complex directivity pattern that cannot be represented by on-axis SPL FR measured at a single point. The SPL FR representing the listening window, equivalent sound power, the equivalent sound power directivity index in accordance with 15.5.3 or the mean SPL value averaged over the listening zone in Clause 17 is used for assessing the spectral properties of the direct sound radiated by the EUT

- Apply smoothing with 1/3rd octave filter to the FR $L_{XX}(f)$ in accordance with IEC 60268-21:2018, 19.1.2.
- Resample the FR $L_{XX}(f)$ specified on logarithmic standard frequencies according to the 1/3rd octave nominal mid-band frequency f_n defined in IEC 61260-1:2014, Table E.1
- Define the RFR in accordance with 6.3.
- Select the first nominal mid-band frequency $f_{n=1}$, where the corresponding lower band-edge frequency is larger than the lower frequency limit f_L of the rated frequency range (RFR).

18.6.4 Analysis

The Narrow Band Variation (NBV) V_{XX} describes the variation in dB of the measured frequency curve in the rated frequency range (RFR) with 1/3 octave band resolution determined by the formula:

$$V_{XX} = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |\Delta L_{XX}(f_n) - \Delta L_{XX}(f_{n-1})|$$

where

f_1 is the first nominal mid-band frequency, which has a larger corresponding lower band-edge frequency than the lower frequency limit f_L of the rated frequency range (RFR),

$\Delta L_{XX}(f_n) = L_{XX}(f_{n+1}) - L_{XX}(f_n)$ defines the SPL difference to the next band value and

$\Delta L_{XX}(f_{n-1}) = L_{XX}(f_n) - L_{XX}(f_{n-1})$ defines the SPL difference to the previous band value.

18.6.5 Reporting

The results should be reported in the format shown in Table 8.

Table 8 – Worked example for NBV

Reporting – Sample data		
Narrow band variation (NBV)		
Item	Result	Remarks
V_{XX}	2,07 dB (at r_d m)	RFR (200 Hz to 20 kHz)

19 Large-signal characteristics

19.1 Modelling at high amplitudes

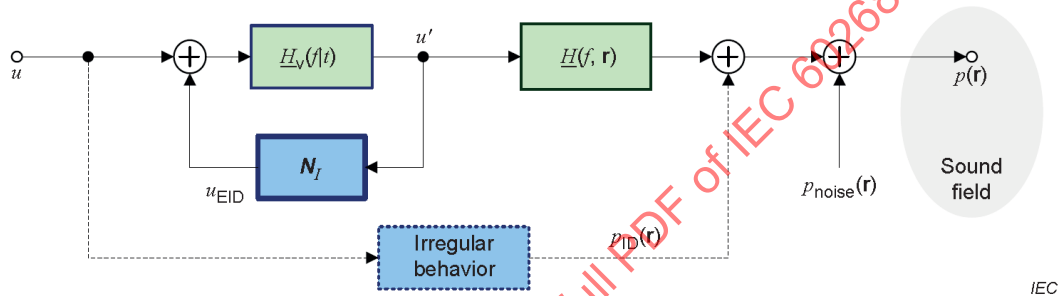


Figure 19 – Loudspeaker model considering the dominant signal distortion at high amplitudes

Figure 19 shows a block-oriented model of the EUT describing the transfer of the input signal u to the sound pressure $p(\mathbf{r})$ at any test point $\mathbf{r}$ in the sound field while considering dominant signal distortions degrading the large-signal performance of the EUT.

The time-varying transfer function $H_v(f|t)$ represents the amplitude compression caused by voice coil heating, climate impact, aging fatigue of suspension material, and the effect of compressors, active protection systems, and other digital signal processing.

The nonlinear subblock N_l generates the dominant harmonic and intermodulation distortion u_{EID} added to the audio input signal u .

A linear and time-invariant system $H(f, \mathbf{r})$ describes the generation of the direct sound field and the room interactions at small amplitude. The transfer function $H(f, \mathbf{r})$ represents the spatial transfer function $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ under free-field conditions in 15.3 or the in-situ transfer function $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ in the target application defined in 16.2.

The impulsive distortion $p_{ID}(\mathbf{r})$ is generated by overload, defects (rub and buzz), irregular vibrations (e.g. rattling of the enclosure), air leakage noise, or other random processes which use the energy provided by the stimulus u . This model is the basis for the measurement of the large-signal characteristics defined in 19.2 to 19.9.

19.2 Noise spectrum

19.2.1 Definition and measurement

The noise spectrum $\underline{P}_{\text{noise}}(f, \mathbf{r})$ of the stationary noise from external and internal sources (e.g. a microphone) shall be determined by measuring the sound pressure $p_{\text{noise}}(t, \mathbf{r})$ at the test point $\mathbf{r}$ without exciting the EUT with an electrical stimulus and calculating a noise spectrum $\underline{P}_{\text{noise}}(f, \mathbf{r})$ by Fourier analysis.

19.2.2 Reporting

The noise spectrum shall be reported as an SPL calculated as

$$L_{\text{noise}}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\underline{P}_{\text{noise}}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right) \text{dB}$$

using the standard reference sound pressure ($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$).

19.3 Short-term amplitude compression

19.3.1 Definition and unit

The short-term amplitude compression $C_{\text{short}}(f, t_0)$ defined in accordance with IEC 60268-21 is the level difference in decibel between the magnitude FR of a time-varying transfer function $\underline{H}(f, \mathbf{r} | \tilde{u})$ measured with a broad-band stimulus with RMS value $\tilde{u}$ and a linear transfer function $\underline{H}_{\text{lin}}(f, \mathbf{r}, \tilde{u}_{\text{lin}})$ measured under small-signal condition ($\tilde{u}_{\text{lin}} \leq 0,1 \tilde{u}_{\text{max}}$). The short-term amplitude compression $C_{\text{short}}(f, t_0)$ is independent of the choice of the test point $\mathbf{r}$ and corresponds to the amplitude response of the time-varying subsystem $\underline{H}_v(f | t)$.

NOTE The short-term amplitude compression reveals the effect of dominant loudspeaker nonlinearities and the DSP algorithms (limiters, compressors, protections systems, etc.) in active systems. Additional methods and characteristics are provided in IEC 60268-21 for assessing the long-term compression caused by heating and cooling effects in the transducer.

19.3.2 Setup

A signal generator provides a broad-band stimulus such as pink noise or a sparse multi-tone complex of length T (typically 1 s) with an amplitude spectrum representing the typical program material and adjustable RMS value $\tilde{u}$. This stimulus shall be supplied to the input of the EUT. The sound pressure output signal $p(t, \mathbf{r}_{\text{near}})$ is measured at a test point $\mathbf{r}_{\text{near}}$ in the near-field of the EUT to ensure sufficient SNR and supplied to a spectral analyzer providing a transfer function $\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}, t)$ between input u and output $p(t, \mathbf{r}_{\text{near}})$.

It is recommended to use a sparse multi-tone stimulus with the same setting as in 19.4 because this measurement also reveals the impact of nonlinear distortion and noise.

19.3.3 Procedure

- The linear transfer function $\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}, \tilde{u}_{\text{lin}})$ is measured by using the broad-band stimulus with an RMS value $\tilde{u}_{\text{lin}} \leq 0,1 \tilde{u}_{\text{max}}$.
- The time-variant transfer function $\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}, \tilde{u})$ is measured at the same test point $\mathbf{r}$ using the broadband stimulus at a specified test voltage RMS value $\tilde{u} \geq \tilde{u}_{\text{lin}}$. A defined pause (typically $T_{\text{off}} > 10T$) shall be made between successive tests to avoid significant heating of the transducer.

19.3.4 Analysis

a) The response of the amplitude compression versus frequency f shall be calculated using:

$$C_{\text{short}}(f, \tilde{u}) = 20 \log(|\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}, \tilde{u}_{\text{lin}})|) - 20 \log(|\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}, \tilde{u})|)$$

The mean value of the compression $C_{\text{mean}}(\tilde{u})$ shall be calculated in a stated frequency range using

$$C_{\text{mean}}(\tilde{u}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C(f_i, \tilde{u})$$

19.3.5 Reporting

The mean value of the amplitude compression shall be reported together with the RMS value $\tilde{u}$ and the properties of the stimulus. The short-term amplitude compression $C_{\text{short}}(f, t_0)$ can be applied to the evaluation point $\mathbf{r}_e$ or any other point $\mathbf{r}$ in the 3D space (near and far-field).

19.4 Multi-tone distortion

19.4.1 Multi-tone distortion spectrum

19.4.1.1 Definition and unit

The multi-tone distortion spectrum (MDS) is defined in IEC 60268-21 as spectral components generated at frequencies $f \neq f_m$ in the measured sound pressure spectrum $P(f)$ that are not excited by a sparse multi-tone stimulus at frequencies f_m .

NOTE The multi-tone distortion measurement reveals harmonics and intermodulation components at all combinations of the excitation frequencies. This multi-tone stimulus can simulate typical audio programme material and generate broadband distortion that significantly impacts audio quality.

19.4.1.2 Setup

A signal generator provides multi-tone stimulus $u(t)$ comprising tones at logarithmically spaced excitation frequencies f_i with $i = 1, \dots, N$ with a defined resolution (typically 12 tones per octave) in the spectrum $U(f)$ approximating the amplitude spectrum of typical programme material. The tones have pseudo-random phases as defined in IEC 60268-21 to realize the desired crest factor (typically 12 dB). This stimulus is supplied to the input of the EUT, and the sound pressure output signal $p(t, \mathbf{r}_{\text{near}})$ is measured at the test point $\mathbf{r}_{\text{near}}$ in the near field of the EUT to ensure sufficient SNR. A spectrum analyzer provides the spectrum $\underline{P}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})$ of the sound pressure signal.

19.4.1.3 Procedure

The EUT is excited by looping the multi-tone stimulus with an RMS value input $\tilde{u}$ and measuring the sound pressure output under steady-state conditions.

19.4.1.4 Analysis

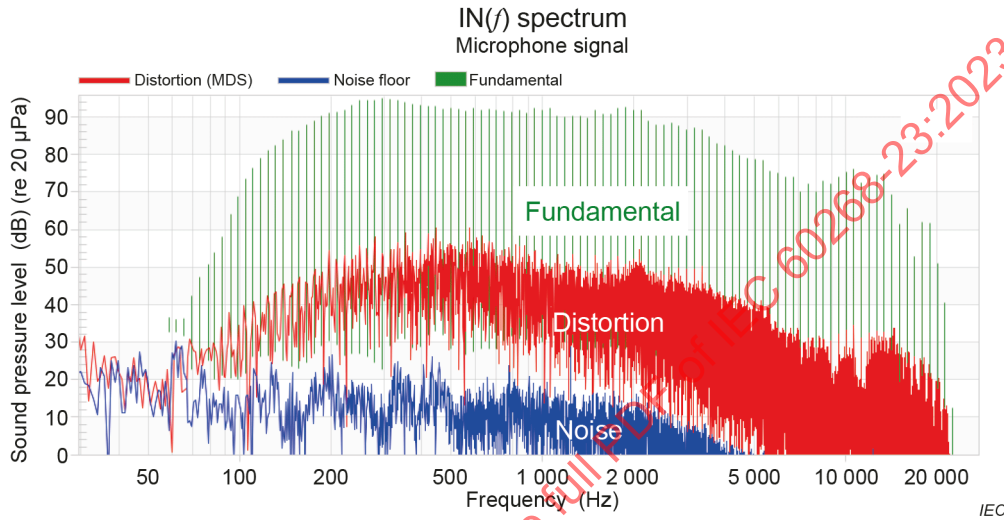
The multi-tone distortion spectrum (MDS) in accordance with 60268-21 is defined as the difference between measured sound pressure spectrum and linear sound pressure spectrum

$$R_{\text{MDS}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) = \underline{P}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) - \underline{H}_V(f|t) \underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) U(f)$$

using the system function $\underline{H}_v(f|t)$ and $\underline{H}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})$ measured in 19.3 or shall approximately be calculated as the sound pressure spectrum wherein all fundamental components at frequencies f_i with $i = 1, \dots, N$ are set to zero:

$$\underline{P}_{\text{MDS}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) = \begin{cases} 0 & \text{for } f = f_i \\ \underline{P}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) & \text{for } f \neq f_i \end{cases} \quad i = 1, \dots, N$$

The method used shall be stated with the results, as shown in Figure 20.



The noise SPL spectrum has been measured without exciting the EUT with the stimulus.

Figure 20 – SPL spectrum of the reproduced multi-tone stimulus (MDS) at full FFT resolution comprising the fundamental components at the excited tones and the distortion components at other frequencies

19.4.1.5 Reporting MDS

The multi-tone distortion spectrum (MDS) shall be presented in decibels as an SPL plotted over a logarithmic frequency axis while keeping the full frequency resolution provided by the spectral analysis:

$$L_{\text{MDS}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\underline{P}_{\text{MDS}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})|}{p_0} \right) \text{dB}$$

together with the SPL of the reproduced multi-tones at the excitation frequencies f_i (fundamentals) calculated as

$$L_{\text{fund}}(f_i, \mathbf{r}_{\text{near}}) = 20 \lg \left(\frac{|\underline{P}(f_i, \mathbf{r}_{\text{near}})|}{p_0^2} \right) \text{dB} \quad i = 2, \dots, N-1$$

and the SPL of the noise floor $L_{\text{noise}}(f_i, \mathbf{r}_{\text{near}})$ is measured in accordance with 19.2.

NOTE The SPL of the fundamental, distortion and noise components depend on the properties of the multi-tone stimulus (e.g. resolution) and signal analysis (e.g. FFT length).

19.4.2 Absolute multi-tone distortion

19.4.2.1 Definition and unit

The absolute multi-tone distortion (MD) is defined as the sound pressure level (SPL) of the multi-tone spectrum (MDS) in 19.4.1 integrated over a band around excitation tone f_i with a relative bandwidth corresponding to the resolution of multi-tone stimuli.

NOTE The integration of multi-tone distortion spectrum in a frequency band corresponding with the distance of excitation tones is required for calculating a meaningful relative distortion metric that compares the total SPL of the fundamental and multi-tone distortion in the same band. The MD curve is a meaningful mean value that simplifies the interpretation of the distortion and the benchmarking of products.

19.4.2.2 Analysis

The absolute multi-tone distortion (MD) shall be calculated based on the measured MDS in 19.4.1 as

$$L_{MD}(f_i, \mathbf{r}_{near}) = 10 \lg \left(\frac{\int_{f_{i-1}}^{f_{i+1}} |P_{MDS}(f, \mathbf{r}_{near})|^2 df}{2p_0^2} \right) \text{ dB} \quad i = 2, \dots, N-1$$

using the standard reference sound pressure ($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$).

19.4.2.3 Reporting

The absolute multi-tone distortion (MD) shall be plotted versus all frequencies f_i with $i = 2, \dots, N-1$ in the multi-tone stimulus u together with the SPL of the multi-tones (fundamentals) defined as

$$L_{fund}(f_i, \mathbf{r}_{near}) = 20 \lg \left(\frac{|P(f_i, \mathbf{r}_{near})|}{p_0} \right) \text{ dB} \quad i = 2, \dots, N-1$$

and the SPL of the noise floor (NF) calculated as:

$$L_{NF}(f_i, \mathbf{r}_{near}) = 10 \lg \left(\frac{\int_{f_{i-1}}^{f_{i+1}} |P_{noise}(f, \mathbf{r}_{near})|^2 df}{2p_0^2} \right) \text{ dB} \quad i = 2, \dots, N-1$$

The properties of the multi-tone stimulus and the microphone position $\mathbf{r}_{near}$ shall be stated.

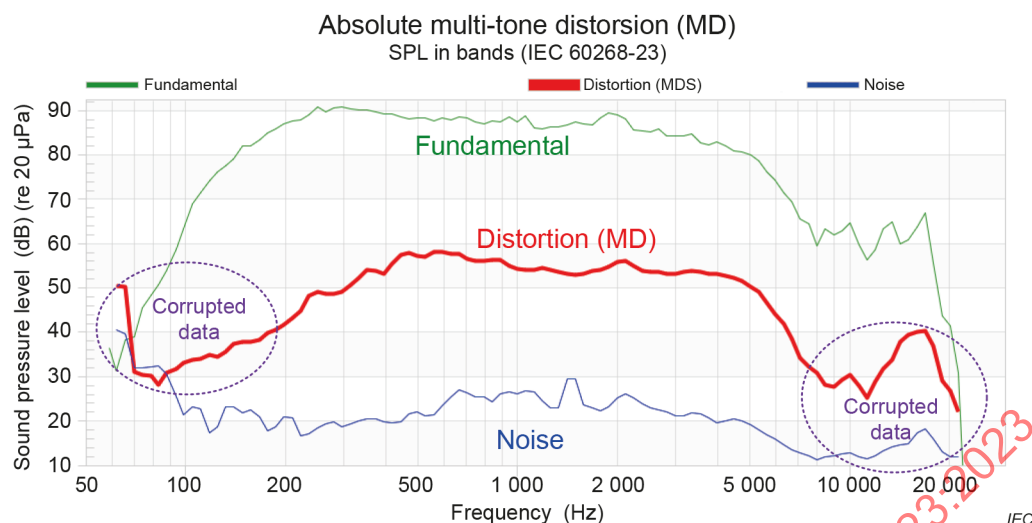


Figure 21 – SPL of the fundamental, multi-tone distortion and noise floor integrated into frequency bands at the excitation frequencies of the multi-tone stimulus

If the signal-to-noise ratio (SNR) $L_{\text{fund}}(f_i, r_{\text{near}}) - L_{\text{NF}}(f_i, r_{\text{near}}) < 20\text{dB}$, the measured fundamental SPL values shall be marked as noise-corrupted. If the distortion-to-noise ratio (DNR) $L_{\text{MD}}(f_i, r_{\text{near}}) - L_{\text{NF}}(f_i, r_{\text{near}}) < 20\text{dB}$, the measured multi-tone distortion SPL shall be marked as noise corrupted as shown in Figure 21.

19.4.3 Relative multi-tone distortion

19.4.3.1 Definition and calculation

A relative multi-tone distortion (RMD) is defined as the energy ratio of the integrated multi-tone distortion in the not excited frequency bands around f_i and the fundamental component at f_i in the sound pressure output and shall be calculated in percent decibel as:

$$R_{\text{RMD}}(f_i) = \sqrt{\frac{\int_{f_{i-1}}^{f_{i+1}} |B_{\text{MD}}(f, r_{\text{near}})|^2 df}{2|P(f_i, r_{\text{near}})|^2}} - 100\% \quad i = 2, \dots, N-1$$

or in decibels:

$$L_{\text{RMD}}(f_i) = 20 \lg \left(\frac{R_{\text{RMD}}(f_i)}{100\%} \right) \quad i = 2, \dots, N-1$$

NOTE The RMD depends on the spectral properties of the multi-tone stimulus u and the nonlinearities block N_l in Figure 19, which generates the distortion u_{EID} . Under the assumption that distributed nonlinearities in the acoustical system generate negligible distortion, the RMD is independent of the position of the test point r_{near} and is identical to the equivalent input distortion calculated for the multi-tone stimulus.

19.4.3.2 Reporting

The relative multi-tone distortion (RMD) shall be plotted in decibels or percent versus the excitation frequencies f_i with $i = 2, \dots, N-1$ used in the multi-tone stimulus $\tilde{u}$ together with the relative noise floor (RNF) calculated in percent as

$$R_{\text{RNF}}(f_i) = \sqrt{\frac{\int_{f_{i-1}}^{f_{i+1}} |B_{\text{NF}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})|^2 df}{2|P(f_i, \mathbf{r}_{\text{near}})|^2}} 100\% \quad i = 2, \dots, N-1$$

or in decibels as

$$L_{\text{RNF}}(f_i) = 10 \lg \left(\frac{R_{\text{RNF}}(f_i)}{100\%} \right) \text{dB} \quad i = 2, \dots, N-1$$

If the distortion-to-noise ratio (DNR) between the RMD and the RNF is smaller than 10 % (or 20 dB for metrics expressed in decibel), the measured RMD values shall be marked as noise-corrupted as shown in Figure 22.

NOTE The measurement example in Figure 22 shows that the increase of the measured RMD at low and high frequencies is a noise artifact caused by a small DNR $L_{\text{RMD}}(f_i) - L_{\text{RNF}}(f_i, \mathbf{r}_{\text{near}}) < 20 \text{ dB}$

The relative multi-tone distortion (RMD) measured in the near field point $\mathbf{r}_{\text{near}}$ with sufficient DNR is valid at a larger distance (e.g., evaluation point $\mathbf{r}_e$) or at any other point $\mathbf{r}$ in the 3D space (near and far fields). The properties of the multi-tone stimulus shall be stated.

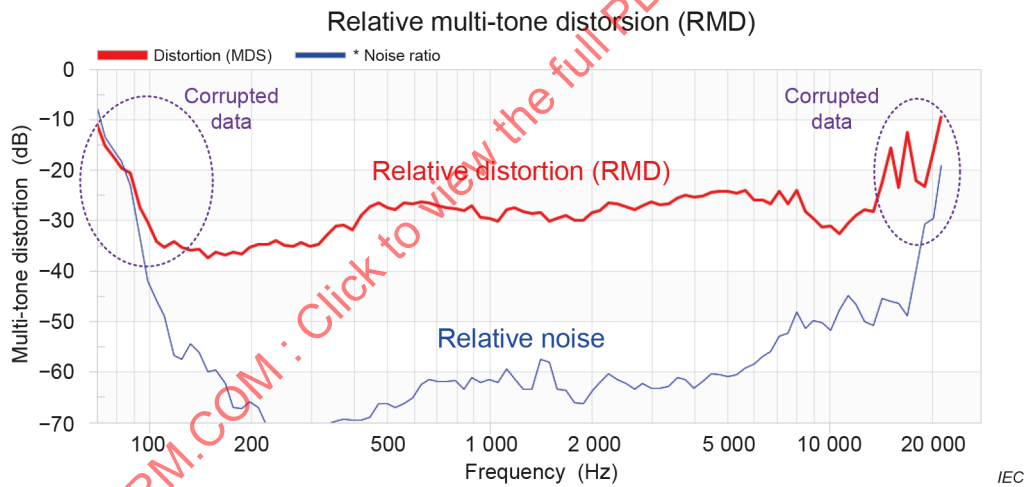


Figure 22 – Relative multi-tone distortion $L_{\text{RMD}}(f_i)$ and relative noise floor $L_{\text{RNF}}(f_i)$ in decibel versus excitation frequencies f_i .

19.4.4 Total multi-tone distortion ratio

19.4.4.1 Definition and calculation

The total multi-tone distortion ratio (TMDR) is defined as a ratio of the RMS value of the total distortion in $R_{\text{MD}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})$ and the RMS value of the total sound pressure signal expressed in percent as

$$R_{\text{TMD}}(\mathbf{r}_{\text{near}}) = \sqrt{\frac{\int |R_{\text{MD}}(f, \mathbf{r}_{\text{near}})|^2 df}{\int |P(f, \mathbf{r}_{\text{near}})|^2 df}} 100\%$$

or in decibels:

$$L_{\text{TMD}}(\mathbf{r}_{\text{near}}) = 20 \log_{10} \left(\frac{R_{\text{TMD}}(\mathbf{r}_{\text{near}})}{100\%} \right) \text{dB}$$

The TMDR depends on the properties of the stimulus $u(t)$ and the choice of the test point $\mathbf{r}_{\text{near}}$, which should be in the near field to ensure sufficient DNR. If the excitation spectrum $U(f)$, the spectral multi-tone distortion ratio $L_{\text{MD}}(f_i)$, and the linear transfer function $\underline{H}_L(f, \mathbf{r})$ are measured, the total multi-tone distortion ratio can be calculated at any point $\mathbf{r}$ in the sound space (near or far-field including the evaluation point $\mathbf{r}_e$) by the following equation:

$$R_{\text{TMD}}(\mathbf{r}) = \sqrt{\int U(f)^2 |H(f, \mathbf{r})|^2 10^{(L_{\text{RMD}}(f)/\text{dB})/10} df} 100\%$$

NOTE The TMDR considers all nonlinear distortion components (harmonics, intermodulation, noise, irregular distortion), including spectral components with a large distance to the exciting multi-tone stimulus. Thus, in general, the mean value of RMD, which considers the spectral distance between fundamental and distortion within a narrow frequency band, is not identical to the TMDR.

19.4.4.2 Reporting

The total multi-tone distortion ratio (TMDR) shall be reported as a single-value characteristic in percent or decibels together with the properties of the multi-tone stimulus.

19.5 Harmonic distortion in sound pressure output

19.5.1 Definition and unit

19.5.1.1 SPL response of total harmonics

The SPL response of total harmonic components (TH) is defined for a sinusoidal stimulus with an instantaneous excitation frequency f and RMS value $\tilde{u}$ in accordance with IEC 60268-21 in decibels as

$$L_{\text{TH}}(f, \mathbf{r}_e) = 10 \lg \left(\frac{\sum_{n=2}^N \tilde{p}_{nf}^2(f, \mathbf{r}_e)}{p_0^2} \right) \text{dB}$$

using the standard reference sound pressure p_0 and FR (RMS value) $\tilde{p}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ of the n^{th} -order harmonic component; the highest order N shall be calculated based on a sound pressure measurement at the evaluation point $\mathbf{r}_e$ under free-field or simulated free-field conditions.

19.5.1.2 Noise floor total harmonics

The SPL response of the noise floor $L_{\text{NFTH}}(f, \mathbf{r}_e) = L_{\text{TH}}(f, \mathbf{r}_e) |_{\tilde{u}=0}$ is defined as the total harmonic components measured in accordance with 19.5.1.1 while providing no stimulus ($\tilde{u} = 0$) to the EUT.

19.5.1.3 Fundamental component

The SPL response of the fundamental component $L_{\text{Fund}}(f, \mathbf{r}_e)$ shall be calculated based on the RMS value $\tilde{p}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ with $n = 1$ measured with the stimulus and conditions defined in 19.5.1.1.

19.5.1.4 Total harmonic distortion

The total harmonic distortion (THD) is defined for a sinusoidal stimulus with an instantaneous excitation frequency f and RMS value $\tilde{u}$ in accordance with IEC 60268-21, as the ratio between the RMS value of the n^{th} -order harmonic components $\tilde{p}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ and the RMS value of a reference signal $\tilde{p}_{ref}(f, \mathbf{r}_e)$, which is determined in percent:

$$R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}_e) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N \tilde{p}_{nf}^2(f, \mathbf{r}_e)}}{\tilde{p}_{ref}(f, \mathbf{r}_e)} \%$$

or in decibels as:

$$L_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}_e) = 20 \lg(R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}_e)) \text{ dB}$$

where the highest harmonic order N considered in the THD shall be stated.

The RMS value of the total harmonic components $\tilde{p}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ calculated based on a sound pressure measurement at the evaluation point $\mathbf{r}_e$ under free-field or simulated free-field conditions with the highest harmonic order N considered in the THD shall be stated.

The RMS value of the reference signal $\tilde{p}_{ref}(f, \mathbf{r}_e)$ shall be calculated by one of the following methods:

- the RMS value of the fundamental components $\tilde{p}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ with $n = 1$; or
- the RMS value of the total sound pressure signal including fundamental, all harmonics and noise; or
- the mean value of the fundamental components in a stated frequency range.

The selected method shall be stated with the results.

19.5.2 Setup

A signal generator provides a sinusoidal chirp supplied as a stimulus u to the input of the EUT. The sound pressure $p(t, \mathbf{r}_e)$ generated by the EUT shall be measured under free-field conditions or by applying a complex room correction curve to the measured signal $p(t, \mathbf{r}_e)$ and by generating simulated free-field conditions in accordance with IEC 60268-21:2018, 9.3 and IEC 60268-21:2018, 19.5.1. A sufficient SNR shall be ensured during the measurement, in accordance with 19.2.

Large TV and monitors require a larger evaluation distance d_e for far-field conditions that can generate problems with the SNR in the distortion measurements. It is recommended to measure the equivalent input total harmonic distortion (EITHD) at a test point $\mathbf{r}_{near}$ in the near field of the EUT to maximize the SNR and to suppress room reflection from a non-perfect acoustical environment. Based on EITHD, the THD can be calculated at the evaluation point $\mathbf{r}_e$ and at any other point $\mathbf{r}$ in the sound field at high accuracy, as defined in 19.6.

19.5.3 Procedure and analysis

- a) The SPL response of the noise floor shall be determined in accordance with 19.5.1.2.

- b) The FR (RMS) of the fundamental component $\underline{P}_f(f, \mathbf{r}_e)$ and the harmonic components $\underline{P}_{nf}(f, \mathbf{r}_e)$ (order $n > 1$) shall be calculated based on the measured sound pressure $p(t, \mathbf{r}_e)$ by using the Farina technique [15]. Further details are provided in IEC 60268-21:2018, Clause 21.
- c) The metrics $R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}_e)$ or $L_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}_e)$ of the THD shall be calculated in accordance with the definition in 19.5.1.

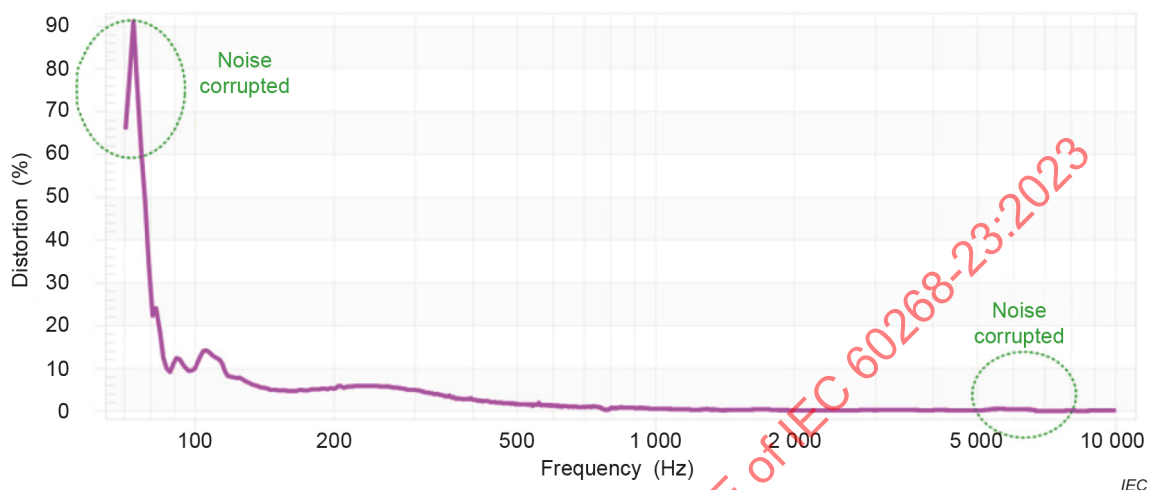


Figure 23 – Total harmonic distortion (THD) referred to the fundamental component measured at three distances on the reference axis

19.5.4 Reporting

The relative metric THD in percent or decibel shall be plotted over a logarithmic frequency axis. A useful spectral averaging with relative bandwidth (typically 1/3rd octave) can be applied to the measured responses (curve smoothing) to suppress noise and smooth narrow peaks and dips in the response.

The RMS value $\tilde{u}$ of the sinusoidal stimulus, the highest harmonic order N considered in THD, and the position of the evaluation point $\mathbf{r}_e$ in accordance with Clause 14, and methods of curve smoothing in accordance with IEC 60268-21:2018, 19.1.2 shall be stated.

If the distortion-to-noise ratio (DNR) expressed in decibel is $L_{\text{TH}}(f, \mathbf{r}_e) - L_{\text{NFTH}}(f, \mathbf{r}_e) < 20\text{dB}$ then the measured values of the measured distortion shall be marked as noise-corrupted, as shown in Figure 23.

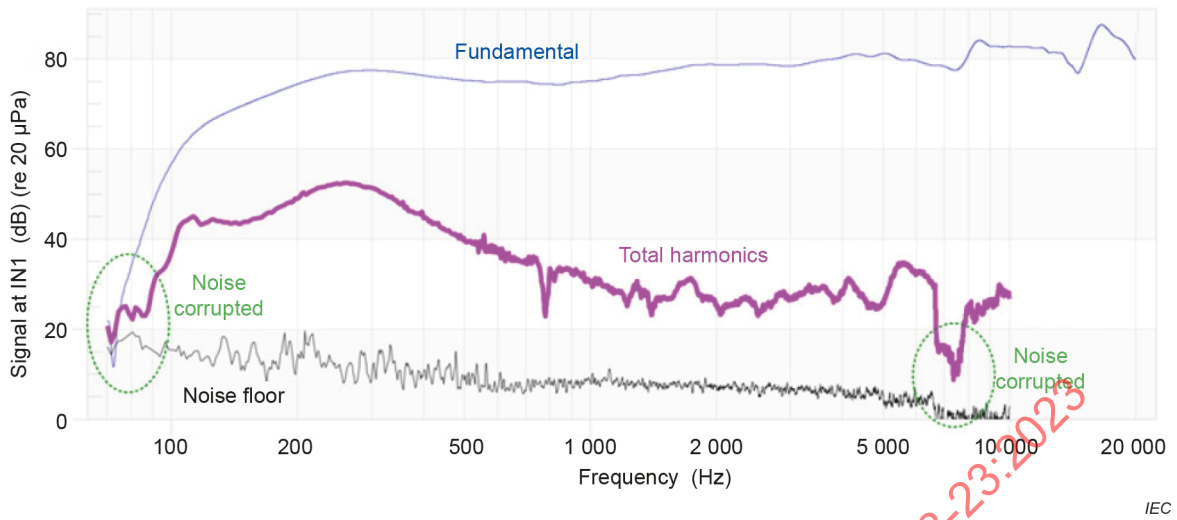


Figure 24 – SPL FR of the fundamental component, total harmonic components ($L_{TH}(f, r_e)$), and the noise floor $L_{NFTH}(f, r_e)$

It is recommended to provide the fundamental, total harmonic components and noise floor as SPL FRs because the absolute presentation simplifies the interpretation of the total harmonic distortion and the identification of noise problems. For example, the relative THD metric generates the high values in Figure 24 using the fundamental component as a reference $\tilde{p}_{ref}(f, r_e)$. The SPL values of distortion and fundamental components in Figure 24 show that the absolute distortions below 90 Hz are close to the noise floor, and the data should be discarded.

19.6 Equivalent input total harmonic distortion

19.6.1 Definition and unit

The equivalent input total harmonic distortion (EITHD) is defined for a sinusoidal stimulus with an instantaneous excitation frequency f and RMS value $\tilde{u}$ in accordance with IEC 60268-21

a) in percentage:

$$R_{EITHD}(f) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N \tilde{u}'_{nf}(f)^2}}{\tilde{u}'_{ref}(f)} 100\%$$

b) in decibels:

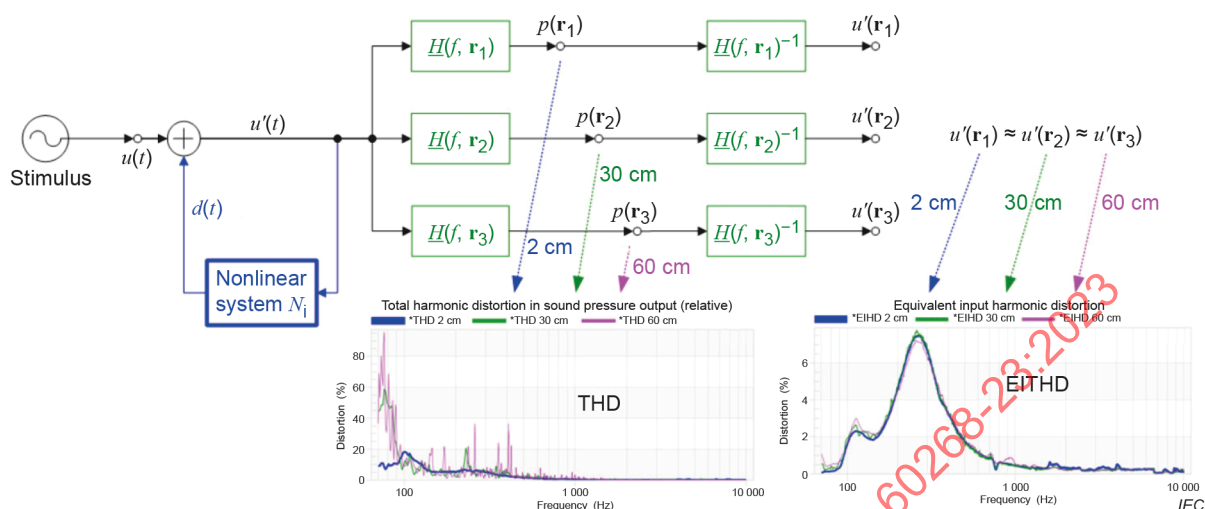
$$L_{EITHD}(f) = 20 \lg \left(\frac{R_{EITHD}(f)}{100\%} \right)$$

using the RMS value $\tilde{u}'_{nf}(f)$ of the n th-order harmonics with $n \geq 2$ and a reference RMS value $\tilde{u}'_{ref}(f)$ calculated based on the virtual input signal $u'(t)$ shown in Figure 19. The reference value $\tilde{u}'_{ref}(f)$ shall be calculated by one of the following methods:

- RMS value of the fundamental components $\tilde{u}'_f(f)$, or
- RMS value of the virtual input signal $\tilde{u}'(f)$ including fundamental, all harmonics and noise, or

– mean value of the fundamental components in a stated frequency range.

The selected method shall be stated with the results, as shown in Figure 25.



The fundamental component and the distortion generated in nonlinear system N_i in the feedback loop at the loudspeaker input are shaped by a linear transfer function $H(f, r)$ depending on the position of the test point r . Measuring the harmonic distortion in the sound pressure output generates complex THD responses with significant peak values that are difficult to interpret. The EITHD values measured at multiple points in the sound field are almost identical and represent the nonlinear distortion at the output of the nonlinear system N_i .

Figure 25 – Signal flow chart illustrating the generation of the equivalent input distortion by inverse filtering the sound pressure signal measured at three different points in an in-situ environment (office)

19.6.2 Setup

A generator shall provide a sinusoidal chirp to the input of the equipment under test. A microphone required for measuring the sound pressure $p(t, r_{\text{near}})$ shall be placed at a test point r_{near} in the near field of the EUT to ensure a sufficient SNR.

NOTE The acoustical measurement does not require free-field or simulated free-field conditions.

19.6.3 Procedure

- The linear transfer function $H(f, r_{\text{near}})$ between electrical input signal $u(t)$ and sound pressure $p(t, r_{\text{near}})$ at test point r_{near} in the near field shall be measured with the chirp stimulus at small amplitudes ($\tilde{u} \leq 0,1\tilde{u}_{\text{max}}$).
- The sound pressure signal $p(t, r_{\text{near}})$ measured in the large signal domain shall be filtered with the inverse transfer function $H(f, r_{\text{near}})^{-1}$ to transfer the measured sound pressure into a virtual input signal $u'(t)$.

19.6.4 Analysis

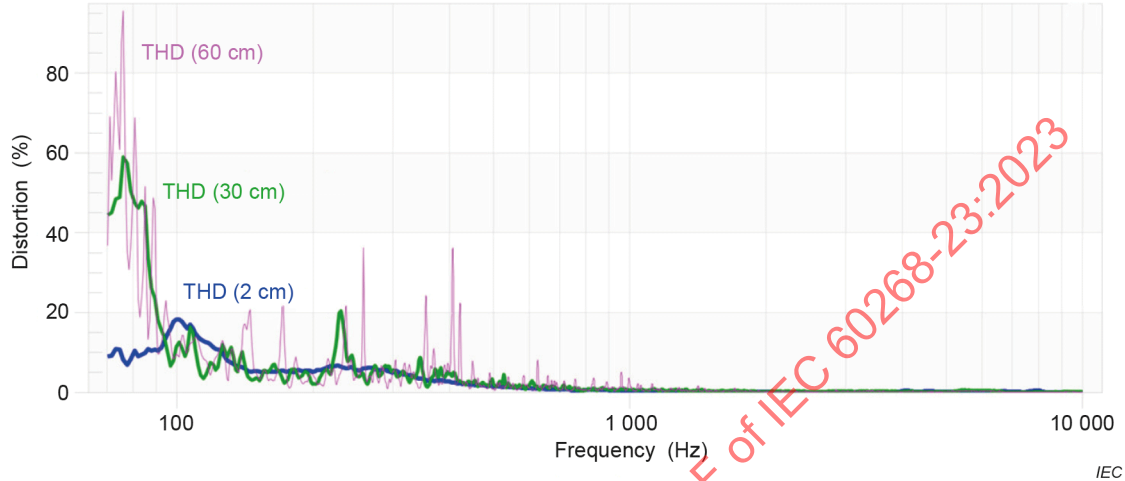
- The complex FR of the fundamental and harmonic components $\underline{U}'_{nf}(f)$ (order $n \geq 1$) of the virtual input signal $u'(t)$ shall be calculated by using the Farina technique [15].
- Expressed in decibels, the amplitude compression of the fundamental component $\underline{U}'_f(f)$ shall be calculated versus excitation frequency f as

$$C_f(f) = -20 \lg \left(\frac{|\underline{U}'_f(f)|}{\sqrt{2\tilde{u}}} \right)$$

using the FR of the fundamental component $\underline{U}'_f(f)$ and the RMS value $\tilde{u}$ of the input stimulus.

NOTE The amplitude variation $C_f(f)$ is similar to the short-term amplitude compression $C_{\text{short}}(f)$ in 19.3, which considers a broadband signal.

- c) The metrics $R_{\text{EITHD}}(f)$ or $L_{\text{EITHD}}(f)$ of the EITHD shall be calculated in accordance with the definition in 19.6.1, as shown in Figure 26.



The total harmonic distortion THD FR measured in accordance with 19.5.1.4 depends highly on the loudspeaker directivity and measurement conditions (room, distance, noise). The equivalent input total harmonic distortion EITHD in this figure, which is calculated from the same acoustical measurements, reveals the dominant distortion at the input of the EUT. The EITHD below 90 Hz is much smaller (more than 20 dB lower) than the THD measured in sound pressure output. A sinusoidal tone at 280 Hz provides the most critical excitation of the loudspeaker nonlinearities and generates the maximum EITHD of about 8 %. Both the EITHD and THD show similar values, about 0,5 % for higher frequencies above 1 kHz, significantly lower than the 3 % multi-tone distortion in Figure 22.

Figure 26 – Equivalent input total harmonic distortion (EITHD) in percent versus excitation frequency measured at three distances on the reference axis in an in-situ environment

19.6.5 Reporting

- a) The metrics $R_{\text{EITHD}}(f)$ or $L_{\text{EITHD}}(f)$ of the EITHD shall be plotted over a logarithmic frequency axis. A useful spectral averaging with relative bandwidth (typically 1/3 octave) can be applied to suppress noise and smooth narrow peaks and dips in the response.
- b) The total harmonic distortion in the sound pressure output signal at any point $\mathbf{r}$ in the sound field (near field or far-field, including evaluation point $\mathbf{r}_e$) shall be calculated
- c) in percentage:

$$R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N \left| \underline{U}'_{nf}(f) \cdot \underline{H}(nf, \mathbf{r}) \right|^2}}{\tilde{u}'_{\text{ref}}(f) \cdot \underline{H}(f, \mathbf{r})} 100\%$$

in decibels:

$$L_{\text{THD}}(f, \mathbf{r}) = 20 \lg \left(\frac{R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r})}{100\%} \right)$$

using the linear transfer function $\underline{H}(f, \mathbf{r})$ and the complex FR' fundamental and harmonic components $\underline{U}'_{nf}(f)$ (order $n \geq 1$) of the virtual input signal $u'(t)$ determined by one measurement at the test point $\mathbf{r}_{\text{near}}$ in the near field.

NOTE The THD calculated via the equivalent input distortion is a useful approximation of the direct measurements of the THD in accordance with 19.5, considering the dominant nonlinearities. It requires only one large-signal measurement at the evaluation point $\mathbf{r}_e$ close to the speaker, which provides high SNR.

The metrics $R_{\text{THD}}(f, \mathbf{r})$ or $L_{\text{THD}}(f, \mathbf{r})$ of the THD calculated based on the measured EITHD shall be plotted as defined in 19.5.4.

19.7 Impulsive distortion

19.7.1 Definition and unit

The impulsive distortion is a unique indicator for irregular vibrations generating abnormal sound that can significantly degrade audio quality. IEC 60268-21 defines the maximum impulsive distortion ratio (L_{IDR}) as the maximum peak level of a high-pass filtered sound pressure signal considering higher-order harmonics and non-harmonic components referenced to the mean SPL of the fundamental FR in a stated frequency band. IEC 60268-21 also defines the crest factor of the impulsive distortion (C_{ID}) as the difference between peak and RMS value of the high-pass filtered signal in decibels. The coincidence of a maximum impulsive distortion ratio (L_{IDR}) exceeding -40 dB and a crest factor (C_{ID}) exceeding 12 dB indicates significant impulsive distortion generated by loudspeaker defects, overload, and other abnormal behaviour not intended or modelled in loudspeaker design.

NOTE The higher-order distortion as defined in IEC 60268-21 can be used to detect a deterministic defect in the EUT but is less sensitive for impulsive distortion generated by accidental causes (e.g. loose particles).

19.7.2 Setup

A signal generator provides sinusoidal chirp $u(t)$ with an instantaneous frequency $f(t)$ varied in a stated frequency range. This stimulus is supplied to the input of the EUT, and the sound pressure $p(t, \mathbf{r}_{\text{near}})$ shall be measured at least one test point $\mathbf{r}_{\text{near},i}$ close to the radiating surface or enclosure of the EUT to ensure sufficient SNR for suppressing microphone and ambient noise. Measurement at multiple points $\mathbf{r}_{\text{near},i}$ with $i = 1, \dots, N_i$ are required to detect impulsive distortion generated by larger EUTs and parasitic vibrations of the enclosure. Free and far-field conditions are not required for this measurement.

19.7.3 Procedure

The measurement shall be performed as a series of measurements with rising chirp amplitude and shall be finished if significant impulsive distortion is found or the input amplitude exceeds the predefined limit (e.g. maximum input peak value). The measurement shall be ignored and repeated under the same condition if there are indications that ambient noise has corrupted the measurement.

19.7.4 Analysis

- The sound pressure $p(t, \mathbf{r}_{\text{near},i})$ shall be filtered with a high-pass filter having a time-varying cut-off frequency $f_c(t)$ which is significantly higher than the instantaneous frequency of the chirp (typically $f_c(t) = 10f(t)$).
- The impulsive distortion level $L_{\text{ID}}(f(t))$ as defined in IEC 60268-21 and shall be determined based on the peak value found within one period of the high-pass filtered signal $d_h(t)$ by

$$L_{ID}(f(t)) = 20 \log_{10} \left(\frac{\max(|d_h(t)|)}{p_0} \right)$$

within one period $T = 1/f(t)$ of the instantaneous frequency and expressed in decibels by using the standard reference sound pressure ($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$).

- c) The crest factor of impulsive distortion $C_{ID}(f(t))$ of the high-pass filtered signal shall be determined versus the instantaneous excitation frequency $f(t)$ or the chirp stimulus in accordance with IEC 60268-21 by

$$C_{ID}(f) = L_{ID}(f) - 10 \log_{10} \left(\frac{f \int_0^{1/f} d_h^2(t) dt}{p_0^2} \right)$$

- d) The maximum impulsive distortion ratio L_{IDR} shall be determined in accordance with IEC 60268-21 by searching for the maximum value of the impulsive distortion $L_{ID}(f(t))$ referenced to the mean value of the fundamental response $L_{SP\text{mean}}$ in a stated frequency range where the crest factor of impulsive distortion $C_{ID}(f(t))$ exceeds 12 dB by the equation:

$$L_{IDR} = \max_{f_l < f < f_u} (ID(f) | C_{ID}(f) > 12 \text{ dB}) - L_{SP\text{mean}}$$

The frequency $f_{IDR\text{max}}$ where the maximum impulsive distortion ratio was found shall be determined.

19.7.5 Reporting

The maximum impulsive distortion ratio L_{IDR} and the crest factor $C_{ID}(f_{IDR\text{max}})$, and the frequency $f_{IDR\text{max}}$ shall be reported together with the RMS value of the stimulus and the position of the measurement point r_i that generated the highest L_{IDR} .

NOTE The position of the measurement point r_i simplifies the location of loudspeaker defects.

19.8 Rated maximum input value

19.8.1 Definition and unit

The maximum rated input value $\tilde{u}_{\text{max}}$ is defined, in accordance with IEC 60268-21, as the RMS value of multi-tone stimulus $u(t)$, which can be applied to the EUT for more than 100 h while keeping measured characteristics within defined tolerances. The properties of the broadband stimulus $x(t)$, such as the spectral properties, the crest factor, and the lower and upper limits f_L and f_U , respectively, of the rated frequency band, shall be stated by the manufacturer. This document defines the assessment of the audio quality required for TV sets, monitors, and other loudspeakers according to the scope in greater detail.

19.8.2 Setup

The following equipment or equivalent shall be included in the chain of measurement in accordance with IEC 60268-21:

- a generator for generating a multi-tone stimulus;
- an optional power amplifier for passive electro-acoustical EUTs.

19.8.3 Procedure

- a) The manufacturer shall specify a multi-tone stimulus with sufficient resolution (typically $R = 10$), amplitude shaping representing typical programme material (typically a simulated programme signal), crest factor (typically 12 dB) as defined in IEC 60268-21 for the EUT.
- b) The evaluation point r_e shall be specified considering the size of the EUT in accordance with Clause 14.
- c) A permissible limit T_{Cmean} (typically $T_{Cmean} = 2$ dB) for the mean value short-term compression C_{mean} in 19.3 shall be defined considering technical details from loudspeaker design (e.g. a compressor in DSP) and audio quality expected by a typical customer in the intended target application.
- d) A permissible threshold T_{MD} (typically $T_{MD} = -30$ dB) for the total multi-tone distortion ratio $R_{TMD}(r_e)$ at the evaluation point r_e shall be defined considering technical details from loudspeaker design (e.g. loudspeaker nonlinearities) and the audio quality expected by a typical customer in the intended target application.
- e) A permissible threshold T_{IDR} (typically $T_{IDR} = -30$ dB) for the maximum impulsive distortion ratio $L_{IDR}(r_i)$ at a point $r_{near,i}$ in the near field shall be defined considering technical details from loudspeaker design (e.g. loudspeaker nonlinearities) and the audio quality expected by a typical customer in the intended target application.
- f) The manufacturer determines a test value $\tilde{u}_{test}$ as a candidate for the rated maximum input value $\tilde{u}_{max}$ where

- the mean value short-term compression C_{mean} measured in accordance with 19.3 using the specified multi-tone signal (typical length 1 s), or
- the total multi-tone distortion ratio $R_{TMD}(r_e)$ measured in accordance with 19.4 using the specified multi-tone signal (typical length 1 s), or
- maximum impulsive distortion ratio $L_{IDR}(r_i)$ measured in accordance with 19.7 using a sinusoidal chirp with the same rms value as the multi-tone stimulus,

reaches the corresponding thresholds T_{Cmean} , T_{MD} , T_{IDR} . The chosen test value $\tilde{u}_{test}$ shall consider the intended application and behaviour of the EUT (e.g. permissible heating and maximum mechanical excursion of the voice coil) so that damage to the EUT during the following test can be avoided.

NOTE The multi-tone stimulus and the sinusoidal chirp shall produce a similar peak displacement. The spectral shaping of the multi-tone signal and the loudspeaker properties can generate a significant difference in the peak displacement generated by the two stimuli. A similar peak displacement shall be generated by adjusting the RMS value of the chirp signal.

- g) The EUT shall be placed in a room of sufficient size (typically $> 8 \text{ m}^3$) to avoid any additional acoustical loading of the EUT and to ensure stable climatic conditions during the test.
- h) The EUT shall be tested under a specified climatic condition for a continuous period of 100 h at the test value $\tilde{u}_{test}$ of the multi-tone stimulus.
- i) Immediately after the test, the EUT shall be stored under climate conditions that would typically exist in ordinary rooms or laboratories. Unless otherwise specified, the recovery period shall be 24 h.
- j) At the end of the recovery period, the following acoustical characteristics of the EUT are measured at the test value $\tilde{u}_{test}$:
 - the mean value short-term compression C_{mean} measured in accordance with 19.3;
 - the total multi-tone distortion ratio $R_{TMD}(r_e)$ measured in accordance with 19.4; and
 - the maximum impulsive distortion ratio $L_{IDR}(r_i)$ measured in accordance with 19.7.

19.8.4 Analysis

If the measured values C_{mean} and $R_{\text{TMD}}(\mathbf{r}_e)$ are within the permissible thresholds $T_{C_{\text{mean}}}$, T_{MD} , T_{IDR} , the EUT may be considered to have fulfilled this test requirement, and the test value $\tilde{u}_{\text{test}}$ is assigned to the rated maximum input value $\tilde{u}_{\text{max}}$. If the EUT has been damaged during this test, or the measured characteristics are outside the defined tolerances, the test shall be repeated using a new EUT at a reduced input test value $\tilde{u}_{\text{test}}$ until the rated maximum input value $\tilde{u}_{\text{max}}$ is determined.

19.8.5 Reporting

The maximum input value $\tilde{u}_{\text{max}}$ shall be reported together with the properties of the multi-tone stimulus and position of the evaluation point $\mathbf{r}_e$.

The results should be reported in the format shown in Table 9.

Table 9 – Worked example for rated maximum input value

Reporting – Sample data		
Rated maximum input value		
Item	Result	Remarks
$\tilde{u}_{\text{max}}$	15 V RMS	$T_{C_{\text{mean}}} = 2 \text{ dB}$ $T_{\text{MD}} = -30\text{dB}$ $T_{\text{IDR}} = -30\text{dB}$

19.9 Rated maximum SPL

19.9.1 Definition and unit

The manufacturer specifies the rated maximum sound pressure level $L_{\text{maxSP}}(\mathbf{r}_e)$ of the measured sound pressure signal $p(t, \mathbf{r}_e)$ at the specified evaluation point $\mathbf{r}_e$ under free-field conditions using a multi-tone stimulus at the rated maximum input value $\tilde{u}_{\text{max}}$ defined in 19.8, in accordance with IEC 60268-21.

19.9.2 Setup

The following equipment or equivalent shall be included in the chain of measurement:

- a generator for generating a multi-tone stimulus;
- an optional power amplifier for passive electro-acoustical EUT;
- a microphone for sound pressure measurement at evaluation point $\mathbf{r}_e$;
- a sound pressure meter or similar analyzer to measure SPL.

19.9.3 Procedure

- a) The manufacturer shall specify a multi-tone stimulus in accordance with 19.8.3.
- b) The evaluation point $\mathbf{r}_e$ shall be specified considering the size of the EUT in accordance with Clause 14.
- c) The maximum input value $\tilde{u}_{\text{max}}$ shall be determined in accordance with 19.8.
- d) The EUT shall be placed under free field condition or simulated free field condition using a room correction function in accordance with IEC 60268-21.

- e) The multi-tone stimulus at an RMS value $\tilde{u}_{\max}$ shall be supplied to the EUT, and the rated maximum sound pressure level $L_{\max\text{SP}}(r_e)$ shall be measured at the evaluation point r_e .

19.9.4 Reporting

The rated maximum SPL shall be reported together with the properties of the multi-tone stimulus and position of the evaluation point r_e . The rated maximum input level $U_{\max}$ can be determined based on the given rated maximum SPL.

The results should be reported in the format shown in Table 10.

Table 10 – A Worked example for Rated maximum SPL

Reporting – Sample data		
Rated maximum SPL		
Item	Result	Remarks
$L_{\max\text{SP}}(r_e)$	90 dB SPL	$\tilde{U}_{\max} = 15 \text{ V RMS}$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

Bibliography

- [1] P. J. Chapman, *Ambient Atmospheric Conditions and their Influence on Acoustic Measurements*, presented at the 136th convention of the Audio Eng. Soc., Berlin, Germany, April 26-29, 2014
- [2] C. Struck, S. Temme, *Simulated Free Field Measurement*, J. Audio Eng. Society Vol.42, Issue 6, pp. 467-482, June 1994
- [3] M. Melon, et. al. *Measurement of subwoofers with the field separation method: comparison of p-p and p-v formulations*, proceedings of the Acoustics 2012, Nantes Conference, 23-27 April 2012
- [4] E. G. Williams, *Fourier Acoustics, Sound Radiation and Nearfield Acoustical Holography*, Academic Press, 1999
- [5] L. L. Beranek, T. J. Mellow, *Acoustics: Sound Fields and Transducers*, Academic Press, 2012
- [6] R. Kessel, *Predicting Far-field Pressures from Near-field Loudspeaker Measurements*, presented at the 85th Convention of Audio Eng. Society, Nov. 1988, preprint number 2729
- [7] Donald E. Knuth, *The Art of Computer Programming*, Bd. 2: Seminumerical Algorithms. 3. Addison-Wesley, 1998
- [8] VESA Flat Display Mounting Interface Standard: 2006
- [9] FLOYD TOOLE, *SOUND REPRODUCTION LOUDSPEAKERS AND ROOMS*, Focal Press, p. 78, 2008
- [10] Sean E. Olive, *A Multiple Regression Model For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part I-Listening Test results*, Presented at the 116th Convention of the Audio Eng. Soc., Berlin, Germany, May 8-11, 2004
- [11] Sean E. Olive, *A Multiple Regression Model For Predicting Loudspeaker Preference Using Objective Measurements: Part II-Development of the Model*, Presented at the 117th Convention of the Audio Eng. Soc., San Francisco, USA, Oct 28-31, 2004
- [12] IEC 60581-7, *High fidelity audio equipment and systems: Minimum performance requirements – Part 7: Loudspeakers*
- [13] IEC 63034, *Microspeakers*
- [14] J. Thompson, B. Smith, A. Warner, and J. -M. Jot, *Direct-Diffuse Decomposition of Multichannel Signals Using a System of Pairwise Correlations*, presented at the 133rd Convention of the Audio Engineering Society (2012 Oct.), convention paper 8807
- [15] A. Farina, *Simultaneous Measurement of Impulse Response and Distortion with a Swept-Sine Technique*, presented at the 108th Convention of Audio Eng. Society, February 2000
- [16] IEC 60263, *Scales and sizes for plotting frequency characteristics and polar diagrams*
- [17] IEC 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General*

- [18] ISO 3382-1, *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces*
- [19] SJT11157-2, *Methods of measurement on receivers for television broadcast transmissions – Part 2: Methods of electrical and acoustical measurements on audio channels*
- [20] ITU-R BT.2246-4, *The present state of ultra-high-definition television*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	71
INTRODUCTION.....	73
1 Domaine d'application	74
2 Références normatives	74
3 Termes, définitions et abréviations	74
3.2 Abréviations.....	75
4 Description du type.....	76
5 Caractéristiques physiques.....	76
5.1 Dimensions	76
5.2 Masse.....	76
6 Conditions	77
6.1 Conditions normales de mesurage	77
6.2 Conditions assignées.....	77
6.3 Plage de fréquences assignée	77
6.4 Conditions climatiques	77
7 Signaux d'essai	78
7.1 Généralités	78
7.2 Signal de modulation de fréquence pulsée sinusoïdale	78
7.3 Signal à son unique en régime permanent.....	78
7.4 Signal à deux fréquences en régime permanent.....	78
7.5 Complexe à fréquences multiples épars.....	78
7.6 Signal de bruit à bande large	78
7.7 Signal de bruit à bande étroite.....	78
7.8 Signal en rafale de Hanning.....	78
7.9 Signal impulsif	78
8 Environnement acoustique.....	78
8.1 Généralités	78
8.2 Conditions de champ libre.....	78
8.3 Conditions de champ libre simulé.....	79
8.4 Environnement in situ	79
8.5 Salle d'écoute	79
9 Matériel de mesure	79
10 Positionnement de l'EUT	80
10.1 Plan de référence et vecteur normal	80
10.2 Point de référence	80
10.3 Axe de référence	80
10.4 Vecteur d'orientation.....	80
10.5 Trajectoires horizontale et verticale	82
11 Distance de mesure entre l'EUT et le microphone.....	83
11.1 Conditions de champ lointain	83
11.2 Conditions de champ proche.....	83
12 Montage de l'EUT	83
12.1 Généralités	83
12.2 Méthodes de montage.....	84
12.2.1 Montage sur un support.....	84

12.2.2	Montage sur un mur.....	84
12.3	Montage pour des conditions de champ libre	85
12.3.1	Généralités	85
12.3.2	Condition de rotation de l'EUT	85
12.3.3	Condition de rotation du microphone	85
13	Conditions ambiantes assignées.....	85
13.1	Plages de températures	85
13.1.1	Plage de températures limitée de l'aptitude à la fonction.....	85
13.1.2	Plage de températures limitée de dommage	86
13.2	Plages d'humidité.....	86
13.2.1	Plage d'humidité relative.....	86
13.2.2	Plage d'humidité limitée de dommage.....	86
14	Point et distance d'évaluation	86
14.1	Point d'évaluation	86
14.2	Distance d'évaluation.....	86
15	Mesurages en champ libre.....	87
15.1	Généralités	87
15.2	FR du SPL sur l'axe	87
15.2.1	Définition	87
15.2.2	Méthodes de mesure	87
15.2.3	Consignation des résultats.....	88
15.3	Fonction de transfert spatiale.....	88
15.3.1	Définition	88
15.3.2	Méthode de mesure	88
15.3.3	Consignation des résultats.....	89
15.4	Réponse en puissance acoustique.....	90
15.4.1	Définition	90
15.4.2	Méthodes de mesure	90
15.4.3	Consignation des résultats.....	91
15.5	Caractéristiques directionnelles	91
15.5.1	Généralités	91
15.5.2	Méthodes de mesure	92
15.5.3	Posttraitement	93
15.5.4	Consignation des résultats.....	95
16	Essais in situ	96
16.1	Généralités	96
16.2	Fonction de transfert in situ.....	97
16.2.1	Définition	97
16.2.2	Méthode de mesure	97
16.2.3	Consignation des résultats.....	98
16.3	Fonction de transfert de la salle	99
16.3.1	Définition	99
16.3.2	Méthode de mesure	99
16.4	Réponse en SPL du son réfléchi	99
16.4.1	Définition	99
16.4.2	Méthode de mesure	99
16.4.3	Consignation des résultats.....	100
16.5	FR du SPL in situ.....	100

16.5.1	Définition	100
16.5.2	Méthodes de mesurage	101
16.5.3	Consignation des résultats.....	101
17	SPL moyen dans une zone acoustique	102
17.1	Généralités	102
17.2	Définition	103
17.3	Mesurage.....	103
17.4	Prévision numérique	104
17.5	Consignation des résultats.....	104
18	Caractéristiques de la FR	104
18.1	Généralités	104
18.2	Valeur moyenne du SPL dans une plage de fréquences assignée.....	105
18.2.1	Définition et unité	105
18.2.2	Configuration.....	105
18.2.3	Procédure.....	105
18.2.4	Analyse	105
18.2.5	Consignation des résultats.....	106
18.3	Plage de fréquences effective (EFR).....	106
18.3.1	Définition et unité	106
18.3.2	Configuration.....	106
18.3.3	Procédure.....	106
18.3.4	Analyse	107
18.3.5	Consignation des résultats.....	107
18.4	Equilibre spectral (SB)	108
18.4.1	Définition et unité	108
18.4.2	Configuration.....	108
18.4.3	Procédure.....	108
18.4.4	Analyse	108
18.4.5	Consignation des résultats.....	109
18.5	Écart par rapport à la droite de régression (RLD).....	109
18.5.1	Définition et unité	109
18.5.2	Configuration.....	109
18.5.3	Procédure.....	109
18.5.4	Analyse	110
18.5.5	Consignation des résultats.....	110
18.6	Variation en bande étroite (NBV)	111
18.6.1	Définition et unité	111
18.6.2	Configuration.....	111
18.6.3	Procédure.....	111
18.6.4	Analyse	111
18.6.5	Consignation des résultats.....	112
19	Caractéristiques des signaux forts	112
19.1	Modélisation à des amplitudes élevées	112
19.2	Spectre de bruit	113
19.2.1	Définition et mesurage.....	113
19.2.2	Consignation des résultats.....	113
19.3	Compression de l'amplitude à court terme.....	113
19.3.1	Définition et unité	113
19.3.2	Configuration.....	113

19.3.3	Procédure.....	114
19.3.4	Analyse	114
19.3.5	Consignation des résultats.....	114
19.4	Distorsion à fréquences multiples	114
19.4.1	Spectre de distorsion à fréquences multiples	114
19.4.2	Distorsion à fréquences multiples absolue	116
19.4.3	Distorsion à fréquences multiples relative	117
19.4.4	Taux de distorsion à fréquences multiples total	119
19.5	Distorsion harmonique de la pression acoustique de sortie	120
19.5.1	Définition et unité	120
19.5.2	Configuration	121
19.5.3	Procédure et analyse	121
19.5.4	Consignation des résultats.....	122
19.6	Distorsion harmonique totale d'entrée équivalente	123
19.6.1	Définition et unité	123
19.6.2	Configuration	124
19.6.3	Procédure.....	124
19.6.4	Analyse	124
19.6.5	Consignation des résultats.....	125
19.7	Distorsion impulsive.....	126
19.7.1	Définition et unité	126
19.7.2	Configuration	126
19.7.3	Procédure.....	126
19.7.4	Analyse	126
19.7.5	Consignation des résultats.....	127
19.8	Valeur d'entrée maximale assignée.....	127
19.8.1	Définition et unité	127
19.8.2	Configuration	128
19.8.3	Procédure.....	128
19.8.4	Analyse	129
19.8.5	Consignation des résultats.....	129
19.9	SPL maximal assigné.....	129
19.9.1	Définition et unité	129
19.9.2	Configuration	129
19.9.3	Procédure.....	130
19.9.4	Consignation des résultats.....	130
	Bibliographie.....	131
	Figure 1 – Domaine d'application des signaux d'essai.....	76
	Figure 2 – Position et orientation recommandées de l'EUT	81
	Figure 3 – Mesurage de la directivité horizontale selon les coordonnées sphériques en faisant tourner l'EUT (par exemple, un téléviseur OLED) en position verticale	81
	Figure 4 – Mesurage de la directivité verticale selon les coordonnées sphériques en faisant tourner l'EUT (par exemple, un téléviseur OLED)	82
	Figure 5 – Exemple de montage sur un support	84
	Figure 6 – Exemple de montage sur un mur	85
	Figure 7 – Point et distance d'évaluation (centre).....	86
	Figure 8 – Distribution de SPL du son direct représenté en couleur et en 3D	89

Figure 9 – Points de mesure sur les trajectoires verticale et horizontale à une distance r_d	92
Figure 10 – Points de mesure sur la fenêtre d'écoute.....	93
Figure 11 – Points de mesure à la puissance acoustique équivalente	94
Figure 12 – Exemple de consignation des caractéristiques directionnelles mesurées à la distance r_d	96
Figure 13 – Modélisation de la reproduction du son dans des conditions in situ	97
Figure 14 – Exemple d'analyse temps-fréquence (spectrogramme) appliquée à la réponse impulsionnelle du son réfléchi $h_{\text{REFL}}(t, r)$ mesurée à une distance $r = 1,5$ m de l'EUT dans une salle de bureau	98
Figure 15 – FR du SPL des conditions in situ	102
Figure 16 – Valeur moyenne du SPL dans une plage de fréquences assignée.....	106
Figure 17 – Plage de fréquences effective au niveau de la réponse en fréquence	107
Figure 18 – Écart par rapport à la droite de régression dans la plage de fréquences assignée	110
Figure 19 – Schéma de haut-parleur qui tient compte de la distorsion du signal dominant à des amplitudes élevées	112
Figure 20 – Spectre de SPL du stimulus à fréquences multiples (MDS) reproduit avec une résolution de FFT complète qui comprend les composantes fondamentales aux fréquences excitées et les composantes de distorsion à d'autres fréquences.....	115
Figure 21 – SPL de la composante fondamentale, de la distorsion à fréquences multiples et du plancher de bruit intégré dans des bandes de fréquences aux fréquences d'excitation du stimulus à fréquences multiples.....	117
Figure 22 – Distorsion à fréquences multiples relative $L_{\text{RMD}}(f_i)$ et plancher de bruit relatif $L_{\text{RNF}}(f_i)$ en décibels par rapport aux fréquences d'excitation f_i	119
Figure 23 – Distorsion harmonique totale (THD) par rapport à la composante fondamentale mesurée à trois distances sur l'axe de référence.....	122
Figure 24 – FR du SPL de la composante fondamentale, des composantes harmoniques totales ($L_{\text{TH}}(f, r_e)$) et du plancher de bruit $L_{\text{NETH}}(f, r_e)$	122
Figure 25 – Logigramme des signaux qui représente la génération de la distorsion d'entrée équivalente par filtrage inverse du signal de pression acoustique mesuré à trois points différents dans un environnement in situ (bureau).....	124
Figure 26 – Distorsion harmonique totale d'entrée équivalente (EITHD) en pourcentage par rapport à une fréquence d'excitation mesurée à trois distances sur l'axe de référence dans un environnement in situ.....	125
Tableau 1 – Coordonnées recommandées des trajectoires à la distance r_D	82
Tableau 2 – Norme de référence pour les distances d'évaluation	87
Tableau 3 – Pondérations pour l'angle polaire θ par incrément de 10°	95
Tableau 4 – Exemple pratique de valeur moyenne du SPL.....	106
Tableau 5 – Exemple pratique de plage de fréquences effective	107
Tableau 6 – Exemple pratique d'équilibre spectral	109
Tableau 7 – Exemple pratique de RLD	111
Tableau 8 – Exemple pratique de NBV.....	112
Tableau 9 – Exemple pratique de valeur d'entrée maximale assignée	129
Tableau 10 – Exemple pratique de SPL maximal assigné	130

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 23: Téléviseurs et moniteurs – Systèmes de haut-parleurs

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. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments 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 60268-23 a été établie par le domaine technique 20: Audio analogique et numérique, du comité d'études 100 de l'IEC: Systèmes et équipements audio, vidéo et services de données. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
100/3774/CDV	100/3831/RVC

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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60268, publiées sous le titre général *Equipements pour systèmes électroacoustiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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/publications.

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 ce document en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

INTRODUCTION

Les méthodes de mesure des haut-parleurs ont déjà été normalisées par le comité d'études 100 de l'IEC. Toutefois, l'emplacement des haut-parleurs sur les téléviseurs et les moniteurs varie (à l'avant, en bas, à l'arrière et sur les côtés, par exemple), les téléviseurs et les moniteurs sont placés sur des supports ou fixés au mur, et les méthodes d'installation de ceux-ci ne cessent d'évoluer. Dans la mesure où les caractéristiques sonores varient selon le type d'installation et la position des haut-parleurs, il est nécessaire d'établir de nouvelles méthodes de mesure pour les haut-parleurs des téléviseurs et des moniteurs. Le présent document fournit des méthodes de mesure pour le système audio des téléviseurs et des moniteurs, qui tiennent compte de l'environnement d'écoute.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-23:2023

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES –

Partie 23: Téléviseurs et moniteurs – Systèmes de haut-parleurs

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60268 spécifie des méthodes de mesurage acoustique qui s'appliquent aux téléviseurs, aux moniteurs avec haut-parleurs intégrés et à d'autres appareils audio qui présentent des propriétés acoustiques similaires (haut-parleurs plats, par exemple). Les mesurages acoustiques sont réalisés dans des conditions de champ libre et in situ.

Le présent document n'évalue pas la perception et l'évaluation cognitive du son reproduit, ni l'incidence de la qualité perçue du son.

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 60268-2:1987, *Équipements pour systèmes électroacoustiques – Partie 2: Explication des termes généraux et méthodes de calcul*

IEC 60268-21:2018, *Équipements pour systèmes électroacoustiques – Partie 21: Mesures acoustiques (basées sur la sortie)*

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

IEC 61260-1:2014, *Électroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave – Partie 1: Spécifications*

ISO 3744, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes d'expertise pour des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant*

ISO 3745, *Acoustique – Détermination des niveaux de puissance acoustique et des niveaux d'énergie acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique – Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïques et les salles semi-anéchoïques*

ISO 80000-2, *Grandeurs et unités – Partie 2: Mathématiques*

ANSI/CTA 2034-A:2015, *Standard Method of Measurement for In-Home Loudspeakers* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et abréviations

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

3.1

matériel soumis à l'essai

EUT

matériel qui doit faire l'objet d'un mesurage à l'aide des méthodes décrites dans le présent document

Note 1 à l'article: L'abréviation "EUT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "equipment under test".

3.2 Abréviations

Pour les besoins du présent document, les abréviations suivantes s'appliquent.

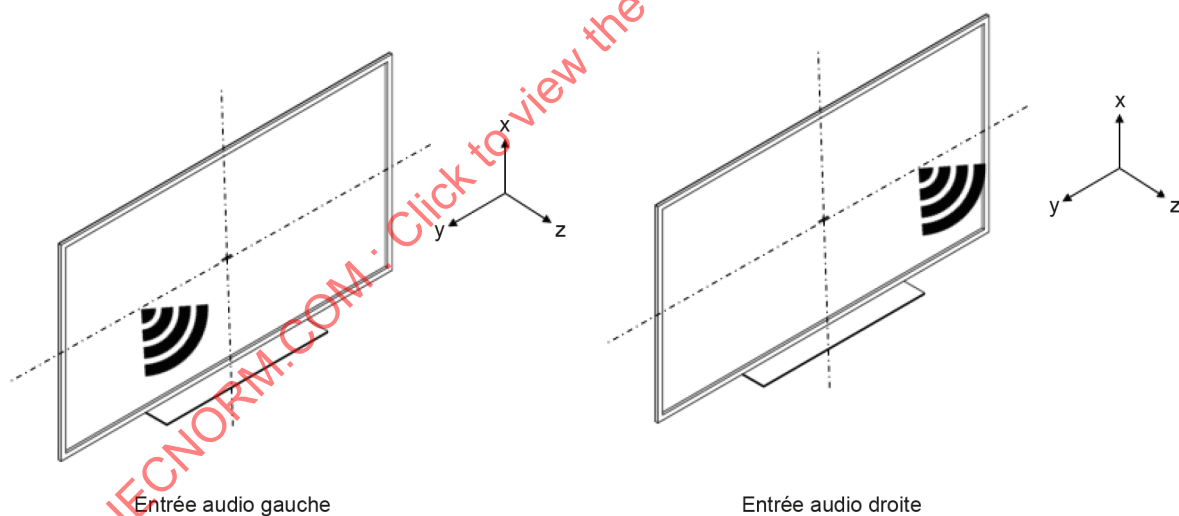
CdG	centre de gravité
dB	décibel
DEF (Direct Energy Fraction)	fraction d'énergie directe
DNR (Distortion-to-Noise Ratio)	rapport distorsion sur bruit
DSP (Digital Signal Processor)	processeur de signal numérique
EFR (Effective Frequency Range)	plage de fréquences effective
EITHD (Equivalent Input Total Harmonic Distortion)	distorsion harmonique totale d'entrée équivalente
ESP (Equivalent Sound Power)	puissance acoustique équivalente
ESPD (Equivalent Sound Power Directivity Index)	indice de directivité de la puissance acoustique équivalente
EUT (Equipment Under Test)	matériel soumis à l'essai
FR (Frequency Response)	réponse en fréquence
Hz	hertz
m	mètre
MD (absolute Multi-tone Distortion)	distorsion à fréquences multiples absolue
MDS (Multi-tone Distortion Spectrum)	spectre de distorsion à fréquences multiples
NBV (Narrow Band Variation)	variation en bande étroite
NF (Noise Floor)	plancher de bruit
ON (ON-axis FR)	réponse en fréquence sur l'axe
Pa	pascal
POR (Point Of Rotation)	point de rotation
RFR (Rated Frequency Range)	plage de fréquences assignée
RLD (Regression Line Deviation)	écart par rapport à la droite de régression
eff	valeur efficace
RMD (Relative Multi-tone Distortion)	distorsion à fréquences multiples relative
RNF (Relative Noise Floor)	plancher de bruit relatif
SB (Spectral Balance)	équilibre spectral
SNR (Signal-to-Noise Ratio)	rapport signal sur bruit

SP (Sound Power)	puissance acoustique
SPL (Sound Pressure Level)	niveau de pression acoustique
TFA (Time-frequency analysis)	analyse temps-fréquence
TH (Total Harmonic)	taux d'harmoniques
THD (Total Harmonic Distortion)	distorsion harmonique totale
TMDR (Total Multi-tone Distortion Ratio)	taux de distorsion à fréquences multiples total
W	watt

4 Description du type

La description du type, qui comprend les informations suivantes, doit être fournie par le fabricant.

- Nombre de canaux d'entrée: l'EUT comporte généralement deux canaux d'entrée qui excitent au moins un transducteur du côté gauche et du côté droit, comme cela est représenté à la Figure 1. La configuration doit être clairement spécifiée pour les EUT qui comportent un plus grand nombre de canaux d'entrée.
- Format d'entrée du signal: par exemple, analogique, numérique et sans fil.
- Type, principes et nombre de transducteurs utilisés dans les systèmes audio des téléviseurs et des moniteurs.
- Amplification de puissance audio.
- DSP (par exemple, égaliseur et protection active).



IEC

Figure 1 – Domaine d'application des signaux d'essai

5 Caractéristiques physiques

5.1 Dimensions

Il convient de spécifier les dimensions externes de l'EUT.

5.2 Masse

Il convient de spécifier la masse totale de l'EUT.

6 Conditions

6.1 Conditions normales de mesurage

Il doit être considéré que l'EUT est soumis à des conditions normales de mesurage si toutes les conditions suivantes sont remplies.

- a) L'environnement acoustique est spécifié et choisi parmi ceux indiqués à l'Article 8.
- b) Les signaux acoustiques, les signaux électriques et le bruit non souhaités générés par d'autres sources doivent être maintenus aux niveaux les plus faibles possible, car leur présence peut masquer les signaux de faible intensité. Les données relatives aux signaux qui se trouvent à moins de 20 dB au-dessus du niveau de bruit dans la bande de fréquences examinée doivent être éliminées ou marquées comme étant faussées par le bruit.
- c) L'EUT est positionné conformément à l'Article 10.
- d) Un signal d'essai qui a des propriétés spécifiées (spectre, durée, etc.) conformément à l'Article 7 est appliqué à l'EUT avec une valeur d'entrée efficace spécifiée pour la plage de fréquences assignée conformément au 6.3.
- e) Les affaiblisseurs, les égaliseurs, les éléments dynamiques ou tout autre élément de commande actif doivent être réglés à leur position "normale" indiquée par le fabricant. Si d'autres positions sont choisies, par exemple celles qui produisent une FR la plus uniforme possible ou un affaiblissement minimal, elles doivent être spécifiées.
- f) L'équipement de mesurage approprié pour la détermination des caractéristiques utiles est branché conformément à l'Article 9.

6.2 Conditions assignées

Les conditions assignées sont les caractéristiques physiques essentielles à la réalisation des mesurages. Les conditions assignées suivantes doivent être issues de la spécification du fabricant:

- la plage de fréquences assignée, définie en 6.3;
- le niveau de pression acoustique maximal assigné, défini en 19.9;
- la valeur d'entrée maximale assignée, définie en 19.8.

6.3 Plage de fréquences assignée

La plage de fréquences assignée correspond à l'utilisation prévue de l'EUT dans la dernière application définie dans l'IEC 60268-21. Elle est spécifiée par les fréquences f_L et f_U des limites inférieure et supérieure de la bande audio pour laquelle la pression acoustique maximale de l'EUT est assignée en 19.9.

NOTE La FR peut différer de la plage de fréquences effective (EFR) de l'EUT définie en 18.3.

6.4 Conditions climatiques

L'IEC 60268-1 indique que les essais doivent être réalisés dans l'environnement suivant afin d'éviter une influence de la température et de l'humidité qui pourrait dégrader les propriétés des suspensions de l'unité motrice [1]¹:

- a) température ambiante: 15 °C à 35 °C;
- b) humidité relative: 25 % à 75 %;
- c) pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

7 Signaux d'essai

7.1 Généralités

Les mesurages acoustiques doivent être réalisés en utilisant l'un des stimuli indiqués du 7.2 au 7.9.

7.2 Signal de modulation de fréquence pulsée sinusoïdale

Défini au 8.2 de l'IEC 60268-21:2018.

7.3 Signal à son unique en régime permanent

Défini au 8.3 de l'IEC 60268-21:2018.

7.4 Signal à deux fréquences en régime permanent

Défini au 8.4 de l'IEC 60268-21:2018.

7.5 Complexe à fréquences multiples épars

Défini au 8.5 de l'IEC 60268-21:2018.

7.6 Signal de bruit à bande large

Défini au 1.4 de l'IEC 60268-2:1987.

7.7 Signal de bruit à bande étroite

Défini au 1.4 de l'IEC 60268-2:1987.

7.8 Signal en rafale de Hanning

Défini au 8.8 de l'IEC 60268-21:2018.

7.9 Signal impulsif

Défini dans l'IEC 60268-2.

8 Environnement acoustique

8.1 Généralités

Les mesurages acoustiques doivent être réalisés dans l'une des conditions indiquées du 8.2 au 8.5. L'environnement acoustique utilisé pour les essais doit être indiqué.

8.2 Conditions de champ libre

Des conditions acoustiques qui s'approchent de celles de l'espace libre peuvent être utilisées. Tout environnement doit être considéré comme satisfaisant lorsque les composantes acoustiques réfléchies sont suffisamment supprimées pour assurer une exactitude de $\pm 0,5$ dB et de $\pm 10^\circ$ des valeurs mesurées de l'amplitude de la pression acoustique et de la phase, respectivement, à la fréquence spécifiée. Si l'environnement (par exemple, une chambre anéchoïque aux basses fréquences) ne remplit pas ces conditions de champ libre sur la plage assignée de fréquences de mesure, le fabricant doit indiquer la plage de fréquences appropriée.

NOTE Des conditions de champ libre en demi-espace ne sont généralement pas utiles pour effectuer l'évaluation acoustique des moniteurs, des téléviseurs et d'autres EUT de forme similaire utilisés dans des applications, où l'EUT n'est pas encastré dans un mur de taille suffisante.

8.3 Conditions de champ libre simulé

Les conditions acoustiques de tout environnement (par exemple, salle réverbérante) doivent être satisfaisantes si le son direct rayonné par l'EUT est séparé des réflexions de la salle en utilisant des techniques de mesure comme le portillonnage de la réponse impulsionnelle [2], la séparation d'onde [3] ou l'holographie acoustique [4]. Ces techniques de mesure doivent assurer une exactitude de $\pm 0,5$ dB et de $\pm 10^\circ$ des valeurs mesurées de l'amplitude de la pression acoustique et de la phase, à la fréquence spécifiée. La résolution de fréquence $\Delta f = 1 / T$, où T est la longueur effective ou tronquée de la réponse impulsionnelle, lorsque les conditions de champ libre simulé sont remplies, et toute autre limitation qui fausse les mesures doivent être indiquées.

Les conditions sont remplies dans tout environnement (par exemple, grandes salles sans obstructions), où le son émis par le haut-parleur du téléviseur ou du moniteur réfléchi par une surface ou un objet dans l'environnement n'atteint pas le microphone de mesure avant de mesurer le son direct.

8.4 Environnement in situ

Dans les domaines du développement de produits, de la fabrication, de l'installation, de l'entretien et de la maintenance, il est également nécessaire d'effectuer des mesurages supplémentaires dans un environnement in situ qui ne remplit pas les conditions de champ libre. Un environnement in situ est, par exemple, créé en utilisant les techniques de montage sur un mur/support définies à l'Article 12. Les résultats d'essai dépendent des propriétés particulières de l'environnement in situ et ne sont pas comparables aux mesurages effectués dans d'autres conditions.

8.5 Salle d'écoute

Une salle d'écoute qui représente l'environnement in situ type utilisé par un usager dans la dernière application cible est utile pour associer essais de perception et essais physiques. Pour créer une salle d'écoute valable, les critères suivants doivent être spécifiés:

- le volume de la salle;
- la géométrie de la salle;
- la durée de réverbération $R_{60}(f)$ de la salle par rapport à la fréquence mesurée en octaves;
- le positionnement de l'EUT selon l'Article 10;
- la position d'écoute et la zone acoustique selon l'Article 17;
- les conditions de montage selon l'Article 12.

NOTE Une salle d'écoute pour essais de perception et essais physiques reflète les propriétés essentielles des interactions entre le haut-parleur et la salle. Elle fournit en outre des données reproductibles dans cette salle. Néanmoins, la comparabilité des données mesurées dans des salles d'écoute différentes est limitée.

9 Matériel de mesure

Les mesurages dans des conditions de champ libre doivent être réalisés en utilisant un microphone de champ libre WS2F ou WS3F conformément à l'IEC 61094-4.

10 Positionnement de l'EUT

10.1 Plan de référence et vecteur normal

Il convient d'utiliser le vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ pour spécifier l'orientation du plan de référence. Il convient de placer le plan de référence de l'EUT parallèlement à l'écran d'affichage, comme cela est représenté à la Figure 2. Pour les autres EUT, le fabricant doit spécifier le vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ avec les résultats.

Il convient d'utiliser le plan de référence avec le vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ pour définir l'axe de référence et le point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$. Conformément à l'ISO 80000-2, le pôle du système de coordonnées sphériques doit se trouver sur l'axe de référence qui pointe dans la direction du vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$. Il convient que l'angle azimutal ϕ tourne autour du vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ selon la règle de la main droite.

10.2 Point de référence

Le fabricant doit définir le point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ sur le plan de référence et fournir cette information avec les mesures. Pour un EUT qui présente une géométrie symétrique, le point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ doit être placé au niveau de l'axe de symétrie de réflexion ou au point de symétrie de rotation. Les propriétés directionnelles de l'EUT doivent être décrites dans un système de coordonnées sphériques. L'origine des systèmes de coordonnées cartésiennes et sphériques doit être placée au niveau du point de référence, comme cela est représenté à la Figure 2.

NOTE Pour les mesurages directionnels qui impliquent une rotation de l'EUT, le point de référence est identique au point de rotation (POR) et est généralement proche du centre de gravité (CdG) de l'EUT ou identique à celui-ci.

10.3 Axe de référence

L'axe de référence est la droite qui coupe le plan de référence au point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$ dans la direction du vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$, comme cela est représenté à la Figure 2. Le pôle du système de coordonnées sphériques doit être placé sur l'axe de référence, et l'angle polaire θ décrit la déclinaison du point d'observation $\mathbf{r}$ à partir de l'axe de référence. Les mesurages sur l'axe définis en 15.2 doivent être réalisés sur l'axe de référence avec un angle polaire $\theta = 0$. L'axe de référence doit être utilisé comme axe de référence pour les mesurages directionnels.

10.4 Vecteur d'orientation

Le vecteur d'orientation $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ définit l'orientation de l'EUT, ainsi que l'angle azimutal $\phi = 0$ sur le plan de référence représenté à la Figure 2. Sauf indication contraire, il convient que le vecteur d'orientation $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ pointe vers le haut jusqu'à la partie supérieure de l'EUT. Il convient que l'angle azimutal soit positif s'il est mesuré dans le sens antihoraire à partir du vecteur d'orientation $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ sur le plan de référence, depuis la partie au zénith du plan.

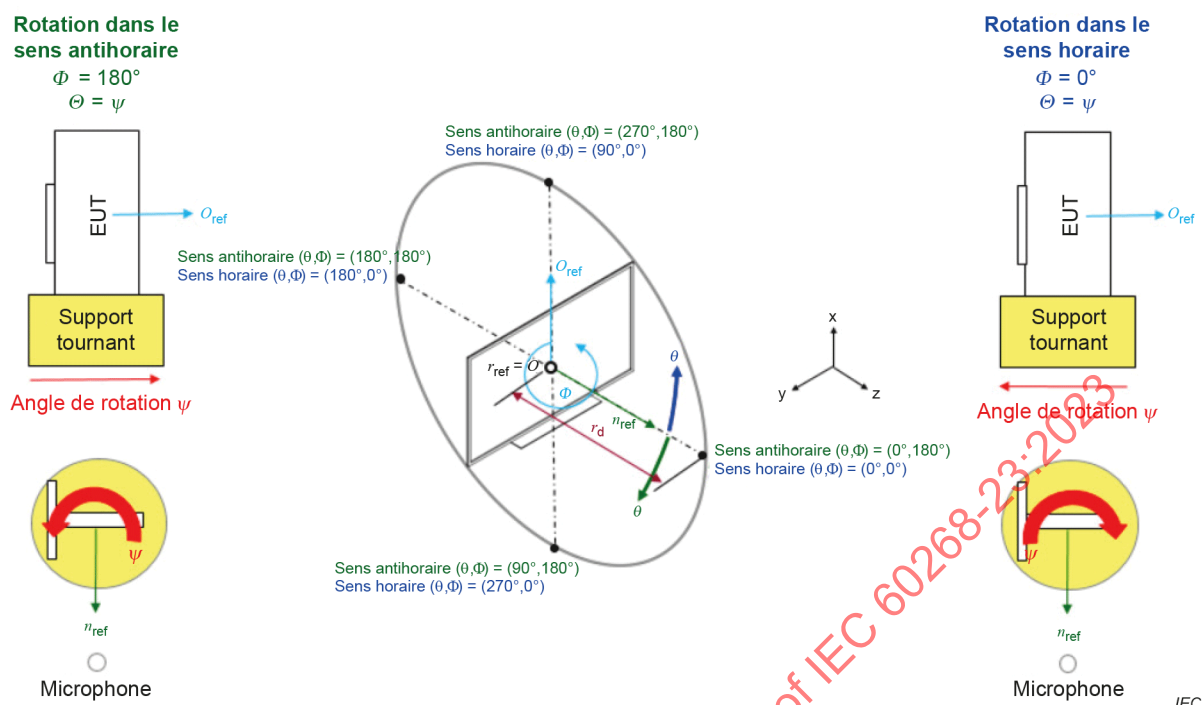


Figure 4 – Mesurage de la directivité verticale selon les coordonnées sphériques en faisant tourner l'EUT (par exemple, un téléviseur OLED)

10.5 Trajectoires horizontale et verticale

Les trajectoires horizontale et verticale représentées à la Figure 3 et la Figure 4, respectivement, doivent être mesurées par rapport à un angle de 360° à la distance r_d et être exprimées en coordonnées sphériques conformément au Tableau 1.

Tableau 1 – Coordonnées recommandées des trajectoires à la distance r_d

Trajectoire	Angle polaire θ	Angle azimutal ϕ	Orientation de l'EUT sur un support tournant
Horizontale	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	270°	EUT en position verticale tourné dans le sens horaire
Horizontale	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	90°	EUT en position verticale tourné dans le sens antihoraire
Verticale	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	0°	EUT en position inclinée tourné dans le sens horaire
Verticale	$-180^\circ \leq \theta < 180^\circ$	180°	EUT en position inclinée tourné dans le sens antihoraire

NOTE La directivité des haut-parleurs de l'EUT peut être mesurée par rapport à la trajectoire horizontale en effectuant une première rotation (de 360°) de l'EUT orienté normalement (vecteur d'orientation pointé vers le haut) sur un support tournant. Le mesurage de la directivité par rapport à la trajectoire verticale nécessite une deuxième rotation (de 360°) complète de l'EUT placé en position inclinée sur le côté gauche du support tournant.

11 Distance de mesure entre l'EUT et le microphone

11.1 Conditions de champ lointain

Les mesurages dans des conditions de champ lointain et de demi-espace doivent idéalement être réalisés dans le champ lointain de l'EUT à une distance $r > r_{\text{far}}$, de sorte que la pression acoustique diminue en fonction de la distance r selon la loi $1/r$. L'emplacement dans le champ lointain est déterminé lorsque les trois conditions suivantes [5] sont remplies:

- a) la distance r est significativement supérieure à la dimension géométrique d de l'EUT;
- b) la distance r est significativement supérieure à la longueur d'onde λ ;
- c) le rapport entre la distance r et la dimension d est significativement supérieur au rapport entre la dimension d et la longueur d'onde λ ($r/d \gg d/\lambda$).

En pratique, les limitations de l'environnement de mesure (par exemple, taille de la salle [4]) et les effets du bruit de fond fixent cependant une limite supérieure à la distance r qui peut être utilisée.

Les mesurages dans des conditions de champ libre simulé doivent être réalisés en positionnant le microphone et l'EUT dans l'environnement de mesure de manière à augmenter le plus possible le temps exigé pour que la première réflexion non souhaitée atteigne le microphone.

Si l'espace de mesure est une chambre anéchoïque, les réflexions qui proviennent des pointes de biseau, du plancher, des supports de l'EUT et des supports de microphones doivent être évitées.

Les erreurs qui proviennent de ces sources ne doivent pas dépasser $\pm 0,5$ dB et $\pm 10^\circ$ dans les valeurs mesurées de l'amplitude de la pression acoustique et de la phase à toute fréquence au sein de la plage de fréquences de mesure.

11.2 Conditions de champ proche

La pression acoustique dans le champ proche peut uniquement être mesurée à l'aide de techniques holographiques [4]. De plus, les informations de champ lointain appropriées ne peuvent être calculées qu'à partir des conditions de champ proche à l'aide de méthodes holographiques.

Les mesurages en champ proche [6] présentent les avantages suivants:

- le temps disponible avant les premières réflexions est optimal;
- la pression acoustique directe est optimale.

Le principal avantage des techniques holographiques est qu'elles permettent de mesurer les EUT de grande taille dans des salles de faibles dimensions [7].

12 Montage de l'EUT

12.1 Généralités

Les systèmes audio des téléviseurs et des moniteurs sont mesurés sans écran acoustique supplémentaire.

Il convient que le fabricant utilise les méthodes de montage définies en 12.2.1 et en 12.2.2. D'autres méthodes de montage peuvent être utilisées si leur type particulier est spécifié avec les résultats.

12.2 Méthodes de montage

12.2.1 Montage sur un support

L'EUT est placé sur une table, une armoire ou un meuble d'un autre type, comme cela est représenté à la Figure 5. Il convient que le fabricant spécifie la largeur, la longueur et la hauteur. Le montage sur un support génère des réflexions acoustiques qui proviennent de la table et de l'armoire, et nécessite des essais in situ définis à l'Article 16.

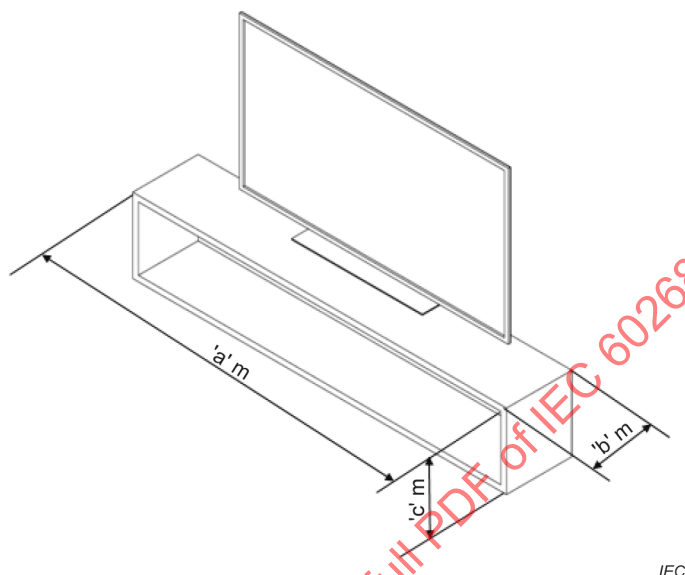


Figure 5 – Exemple de montage sur un support

12.2.2 Montage sur un mur

L'EUT est monté près d'un mur à l'aide d'un support représenté à la Figure 6 ou est suspendu directement contre le mur au moyen d'éléments de fixation. Il convient que le fabricant spécifie la largeur, la longueur et la hauteur. Le montage sur un mur génère des réflexions acoustiques qui proviennent du sol, du mur et de la surface du support, et nécessite des essais in situ définis à l'Article 16.

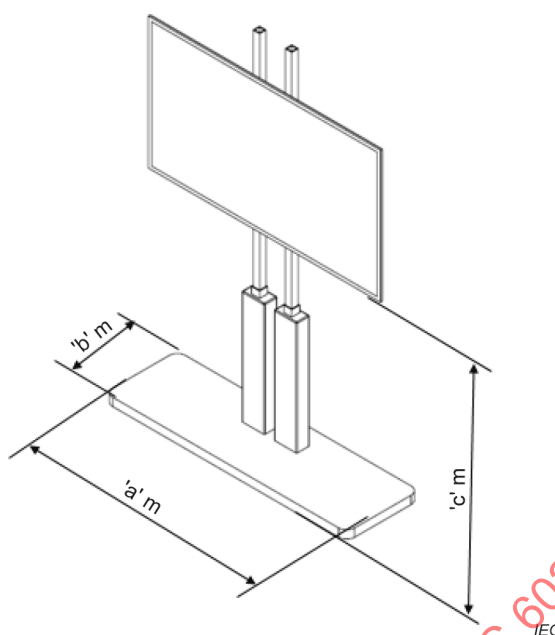


Figure 6 – Exemple de montage sur un mur

NOTE Il peut être approprié de monter les téléviseurs et les moniteurs selon la norme VESA (Flat Display Mounting Interface Standard:2006)[8].

12.3 Montage pour des conditions de champ libre

12.3.1 Généralités

Le mesurage de la fonction de transfert spatiale en 15.3 et des caractéristiques directionnelles en 15.5 peut nécessiter des conditions de montage particulières pour réduire le plus possible les réflexions acoustiques sur l'équipement et remplir les conditions de champ libre.

12.3.2 Condition de rotation de l'EUT

Cette condition est définie par le maintien du microphone dans une position fixe alors que l'EUT tourne. Par souci de commodité et pour la cohérence des mesures, il est pertinent que la plateforme tournante puisse être ajustée verticalement afin de compenser la différence de hauteur entre les EUT.

NOTE Il peut être approprié de monter les téléviseurs et les moniteurs selon la norme VESA (Flat Display Mounting Interface Standard:2006)[8].

12.3.3 Condition de rotation du microphone

Cette condition est définie par la rotation du microphone alors que l'EUT est dans une position fixe. Par souci de commodité et pour la cohérence des mesures, il est pertinent que la plateforme tournante puisse permettre des analyses en champ proche et en champ lointain.

13 Conditions ambiantes assignées

13.1 Plages de températures

13.1.1 Plage de températures limitée de l'aptitude à la fonction

La plage de températures dans laquelle la variation des caractéristiques de l'EUT ne doit pas dépasser les tolérances spécifiées.

13.1.2 Plage de températures limitée de dommage

Tout dépassement de la plage de températures pendant l'utilisation ou le stockage de l'EUT peut altérer de manière permanente les caractéristiques de fonctionnement de l'EUT.

13.2 Plages d'humidité

13.2.1 Plage d'humidité relative

La plage d'humidité relative dans laquelle la variation des caractéristiques de l'EUT ne doit pas dépasser les tolérances spécifiées.

13.2.2 Plage d'humidité limitée de dommage

Tout dépassement de la plage d'humidité relative pendant l'utilisation ou le stockage de l'EUT peut altérer de manière permanente les caractéristiques de fonctionnement de l'EUT.

14 Point et distance d'évaluation

14.1 Point d'évaluation

Le point d'évaluation $\mathbf{r}_e$ spécifié par le fabricant est la position où est déterminé le niveau de pression acoustique maximal assigné L_{SPmax} . Conformément à l'IEC 60268-21 et au 19.9, le point d'évaluation $\mathbf{r}_e$ est généralement placé sur un axe défini par l'axe de référence $\mathbf{n}_{ref}$ à une distance r_d du point de référence $\mathbf{r}_{ref}$, comme cela est représenté à la Figure 7.

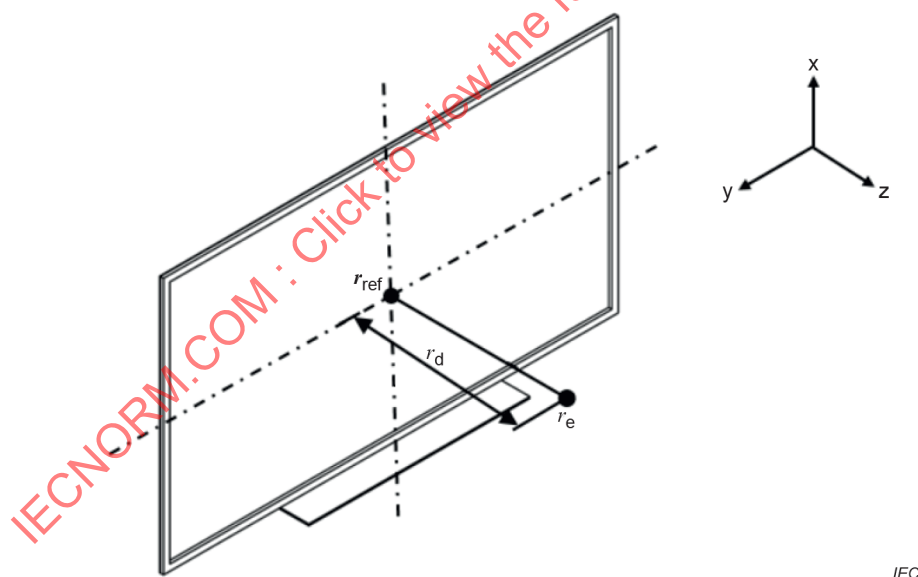


Figure 7 – Point et distance d'évaluation (centre)

14.2 Distance d'évaluation

La distance d'évaluation $r_d = |\mathbf{r}_e - \mathbf{r}_{ref}|$ est la distance entre le point d'évaluation $\mathbf{r}_e$ et le point de référence $\mathbf{r}_{ref}$.

Le présent document décrit les téléviseurs et les moniteurs du point de vue des usagers. La distance d'évaluation r_d est par conséquent choisie dans le Tableau 2. Le fabricant choisit et spécifie une de ces normes. Si le fabricant utilise une distance d'évaluation particulière, celle-ci doit être consignée avec les résultats.

Tableau 2 – Norme de référence pour les distances d'évaluation

Produit	Norme	Condition	Distance d'évaluation r_d
Moniteurs	SJT 11157-2	Diagonale d'écran d'une longueur inférieure à 66 cm:	1 m
Téléviseurs		Diagonale d'écran d'une longueur supérieure à 66 cm:	2 m
(Téléviseurs et moniteurs) courants	SMPTE	Angles de vision: $\theta = 30^\circ$ et $\theta = 40^\circ$	Dépend de la taille d'écran (par exemple, pour un téléviseur de 65 po = 2,7 m)
	ITU-R BT.2246-4	Résolution vidéo: h (h = hauteur du téléviseur)	Dépend de la résolution vidéo (par exemple, pour un téléviseur 2k et un moniteur de 65 po = 2,2 m)

15 Mesurages en champ libre

15.1 Généralités

Le présent article définit les méthodes et les caractéristiques de mesure utilisées pour évaluer le son rayonné en champ libre par l'EUT à de faibles amplitudes, auquel cas la distorsion non linéaire et les propriétés variables dans le temps du haut-parleur peuvent ne pas être prises en compte. Ces mesurages doivent être réalisés dans des conditions de champ libre ou de champ libre simulé, conformément à l'IEC 60268-21, afin d'éliminer l'influence des réflexions acoustiques par l'environnement acoustique (salle).

15.2 FR du SPL sur l'axe

15.2.1 Définition

La FR du SPL est définie comme le SPL généré au point d'évaluation r_e , conformément à l'Article 14, dans des conditions de champ libre par un signal d'entrée sinusoïdal à une valeur efficace spécifiée. Ce mesurage doit être réalisé dans le domaine des signaux faibles sur une plage de fréquences indiquée à l'aide d'une modulation de fréquence pulsée sinusoïdale qui donne le SNR le plus favorable.

15.2.2 Méthodes de mesure

Les deux méthodes suivantes doivent être utilisées pour mesurer la FR du SPL $L_{ON}(f, r_e)$:

- mesurage en champ libre en plaçant le microphone au point d'évaluation r_e conformément à l'IEC 60268-21;
- technique de balayage holographique en champ proche qui utilise une technique de séparation d'ondes pour fournir des données en champ libre simulé au point d'évaluation r_e défini en 15.3.3.

Un positionnement exact du microphone est essentiel pour les EUT présentant de grandes surfaces rayonnantes (téléviseur qui utilise l'écran pour la reproduction sonore, par exemple), car celles-ci génèrent un schéma de directivité complexe qui peut altérer la reproductibilité des résultats.

NOTE Le mesurage holographique donne une erreur d'ajustement qui indique l'exactitude de la mesure. Les mesurages en champ proche fournissent un SNR maximal et des conditions de champ proche simulé en éliminant les réflexions de la salle.

15.2.3 Consignation des résultats

La FR du SPL sur l'axe doit être tracée par rapport à un axe de fréquence logarithmique. Les conditions de mesurage (point d'évaluation r_e et valeur efficace du stimulus) ainsi que tout posttraitement supplémentaire (par exemple, lissage spectral de la courbe) et toutes autres influences qui altèrent l'exactitude de la mesure doivent être indiqués. La FR du SPL $L_{ON}(f, r_e)$ ne doit pas être appliquée pour évaluer l'équilibre spectral, l'écart par rapport à la droite de régression et la variation en bande étroite de la FR d'un EUT présentant une grande surface rayonnante.

NOTE Un EUT présentant une grande surface rayonnante peut générer un schéma de directivité complexe qui ne peut pas être représenté par la FR du SPL sur l'axe mesurée à un seul point. La FR du SPL qui représente la fenêtre d'écoute du 15.5.3.2 ou la valeur moyenne du SPL moyennée sur la zone d'écoute de l'Article 17 est utilisée pour évaluer les propriétés spectrales du son direct rayonné par l'EUT.

15.3 Fonction de transfert spatiale

15.3.1 Définition

Le son direct généré par l'EUT à un point r dans le champ proche et le champ lointain de l'EUT peut être modélisé conformément au 20.2 de l'IEC 60268-21:2018 par une fonction de transfert spatiale $H_{FF}(f, r)$ entre le signal d'entrée $u(t)$ et la pression acoustique $p(t, r)$.

NOTE 1 Les informations exactes concernant l'amplitude et la phase fournies par la fonction de transfert $H_{FF}(f, r)$ sont essentielles à la conception optimale des croisements, du guidage de faisceau, du contrôle du contraste, ainsi que d'autres applications audio spatiales à l'aide du DSP.

La fonction de transfert spatiale $H_{FF}(f, r)$ exprimée en distance r , et en angles Φ et θ de coordonnées sphériques doit être représentée par une expansion de l'onde sphérique

$$\begin{aligned} H_{FF}(f, r) &= \frac{P_{FF}(f, r)}{U(f)} = C_{FF}(f) B_{OUT}(f, r) \\ &= \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n c_{n,m}^{FF}(f) h_n^{(2)}(kr) Y_n^m(\theta, \Phi) \end{aligned}$$

qui utilise les solutions générales $B_{OUT}(f, r)$ de l'équation de Helmholtz pondérées par des coefficients complexes dans le vecteur $C_{FF}(f)$ [4]. Cette expansion n'est appropriée que pour le son direct rayonné par une source générée à l'intérieur d'une surface qui entoure l'EUT dans des conditions de champ libre. Les coordonnées sphériques permettent une séparation entre la dépendance angulaire (propriétés directionnelles) qui utilise les harmoniques sphériques $Y_n^m(\theta, \Phi)$ et la dépendance radiale (propriétés du champ proche/lointain) qui utilise la fonction de Hankel du deuxième type, $h_n^{(2)}(kr)$, avec le nombre d'onde $k = 2\pi f/c_0$ et la vitesse du son c_0 . Cette expansion peut être utilisée afin de modéliser le son direct généré par l'EUT à un point dans le champ proche et le champ lointain pour $r > a$, où a est une distance significative généralement limitée par la surface de balayage.

NOTE 2 Le champ acoustique à l'intérieur de la sphère avec la distance significative a ne peut être modélisé que de manière approximative par les coefficients $C_L(f)$ identifiés sur la surface de balayage.

15.3.2 Méthode de mesurage

Les coefficients $C_{FF}(f)$ décrivent les propriétés directionnelles de l'EUT et doivent être déterminés en réduisant le plus possible l'erreur quadratique moyenne entre les données mesurées par un procédé de balayage en plusieurs points r_k dans le champ proche de l'EUT et le modèle d'ondes sphériques selon l'IEC 60268-21:

$$C_{FF}(f) = \arg \min_C \sum_{k=1}^{N_r} |H_{FF}(f, \mathbf{r}_k) - C(f) \mathbf{B}_{OUT}(f, \mathbf{r}_k)|^2$$

Un balayage en double couche doit être utilisé pour séparer le son direct des réflexions de la salle qui surviennent dans un environnement de mesure in situ.

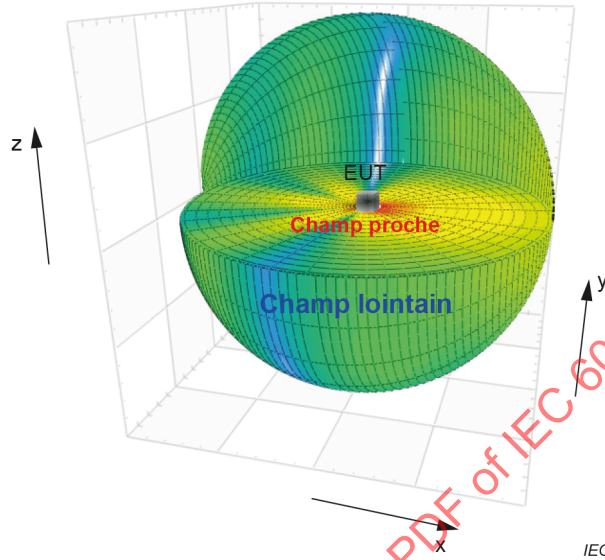


Figure 8 – Distribution de SPL du son direct représenté en couleur et en 3D

La fonction de transfert spatiale $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ doit être mesurée pour chaque transducteur électroacoustique (par exemple, haut-parleurs de graves, haut-parleurs d'aigus et excitateurs) utilisé dans l'EUT.

15.3.3 Consignation des résultats

Les coefficients complexes $C_{FF}(f)$ du modèle d'ondes sphériques défini en 15.3 sont essentiels pour calculer la fonction directionnelle $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ qui donne le SPL et les réponses en phase à n'importe quel point $\mathbf{r}$ en dehors de la surface de balayage. La Figure 8 représente par exemple la distribution de SPL dans le champ proche et le champ lointain générée par un EUT pour un signal d'entrée sinusoïdal.

La loi $1/r$ peut extrapoler la fonction de transfert $H_{FF}(f, \mathbf{r})$ mesurée dans des conditions de champ lointain à n'importe quelle autre distance d'évaluation dans le champ lointain aux mêmes angles Φ et θ . La FR du SPL doit être indiquée sous la forme d'un tracé polaire, en bulle ou de contours défini dans l'IEC 60268-21.

La FR du SPL $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ en champ libre rayonnée par l'EUT doit être calculée en décibel à un point dans le champ proche et le champ lointain de l'EUT

$$L_{FF}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |H_{FF}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

en utilisant la valeur efficace $\tilde{u}(f)$ du signal d'entrée sinusoïdal et la pression acoustique de référence $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

15.4 Réponse en puissance acoustique

15.4.1 Définition

La puissance de sortie acoustique peut être calculée en intégrant la pression acoustique efficace $\tilde{p}(f, r)$ sur une sphère dans le champ lointain à l'aide de l'équation suivante:

$$\Pi(f) = \frac{r^2}{\rho c} \int_{\Omega} \tilde{p}^2(f, r, \theta, \Phi) d\Omega$$

où:

$\Pi(f)$ est la puissance acoustique, en W;

r est le rayon de la sphère, en m;

ρ et c sont respectivement la masse volumique et la vitesse du son de l'air dans des conditions normalisées.

15.4.2 Méthodes de mesure

15.4.2.1 Généralités

La puissance de sortie acoustique est déterminée en utilisant soit la méthode définie en 15.4.2.2 soit la méthode définie en 15.4.2.3, conformément au 20.4 de l'IEC 60268-21:2018.

15.4.2.2 Mesurage en champ lointain

La pression acoustique doit être mesurée dans le champ lointain de l'EUT sur une sphère de rayon r en plusieurs points répartis de manière égale autour de l'EUT. Si le système présente une symétrie de révolution axiale, les mesurages dans un plan qui contient cet axe peuvent être considérés comme présentant un SNR suffisant, sous réserve de pondérer correctement les mesures lors du processus de moyennage conformément à l'Article 6, à l'Article 8, à l'Article 17 et au 19.2.

Le carré de la pression acoustique efficace $\overline{p^2(f, r)}$ doit être intégré sur une grande sphère de rayon r dans le cas des conditions de champ libre en plein espace et sur un grand hémisphère dans le cas des conditions de champ libre en demi-espace, conformément à l'ISO 3744 et à l'ISO 3745.

La puissance acoustique dans des conditions de champ libre en plein espace peut être déterminée par la formule:

$$\Pi(f) = \frac{4\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f, r)} = 0,031 r^2 \overline{p^2(f, r)}$$

La puissance acoustique dans des conditions de champ libre en demi-espace doit être déterminée par la formule:

$$\Pi(f) = \frac{2\pi r^2}{\rho c} \overline{p^2(f, r)} = 0,016 r^2 \overline{p^2(f, r)}$$

15.4.2.3 Mesurage en champ proche

Les coefficients $C_{FF}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique doivent être déterminés par un mesurage en champ proche conformément au 15.3.2. La puissance acoustique doit être calculée dans une bande de fréquences définie à la fréquence centrale f à l'aide de l'équation

$$\Pi(f) = \frac{\tilde{u}(f)^2}{k^2 \rho c} \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n \left| c_{n,m}^{FF}(f) \right|^2$$

en utilisant le nombre d'onde k , les coefficients $C_{FF}(f)$ de l'expansion de l'onde et la valeur efficace $\tilde{u}(f)$ du signal d'entrée $u(t)$ dans cette bande.

15.4.3 Consignation des résultats

Exprimé en décibels, le niveau de puissance acoustique

$$L_{\Pi}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\Pi(f)}{\Pi_0} \right)$$

doit être spécifié comme égal à 10 fois le logarithme du rapport entre la puissance de sortie acoustique $\Pi(f)$ mesurée conformément au 15.4.2 et la puissance de référence $\Pi_0 = 10^{-12}$ W.

15.5 Caractéristiques directionnelles

15.5.1 Généralités

Les propriétés directionnelles de l'EUT peuvent être décrites par un ensemble de FR du SPL directionnelles $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ déterminées pour les angles ϕ et θ choisis à une distance constante r_d du point de référence r_{ref} .

NOTE Les caractéristiques directionnelles indiquées en 15.5 décrivent les propriétés de l'EUT dans des conditions de champ libre. L'interaction avec une salle dans l'application cible est définie à l'Article 16.

Le point de référence r_{ref} est généralement placé au centre de l'EUT, comme cela est représenté à la Figure 9, afin de simplifier la rotation de l'EUT définie en 10.2. Si le fabricant spécifie un point de référence r_{ref} particulier pour chaque canal de transducteur, cela doit être indiqué avec les résultats.

La distance r_d correspond à la distance type entre l'EUT et l'auditeur dans la dernière application cible. Si la distance r_d ne fournit pas les conditions de champ lointain définies dans l'IEC 60268-21, la FR du SPL ne doit pas être extrapolée à une distance $r > r_d$ supérieure selon la loi $1/r$.

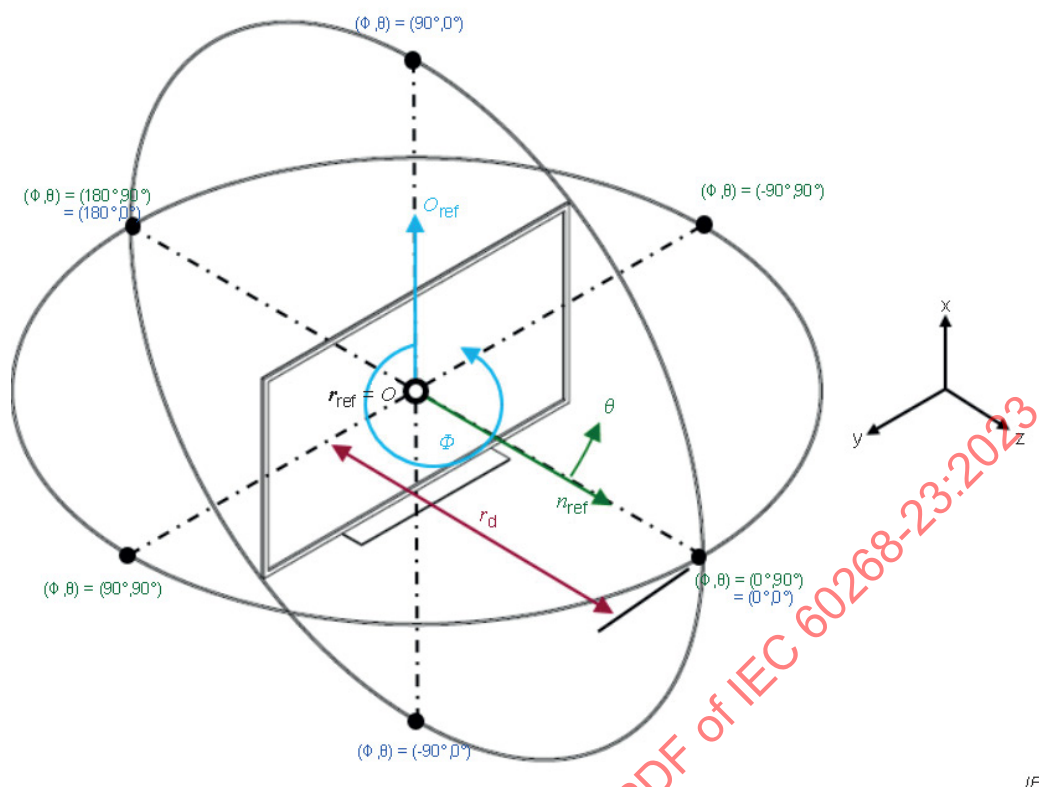


Figure 9 – Points de mesure sur les trajectoires verticale et horizontale à une distance r_d

15.5.2 Méthodes de mesurage

15.5.2.1 Généralités

La FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ doit être mesurée sur les trajectoires horizontale et verticale représentées à la Figure 9 dans des conditions de champ libre conformément au 10.5. Les points de mesure sont placés à une distance r_d du point de référence $\mathbf{r}_{ref}$ et ont une résolution de 10° dans l'angle polaire θ défini dans le Tableau 1. L'une des deux méthodes de mesurage suivantes (en 15.5.2.2 et 15.5.2.3) doit être utilisée:

15.5.2.2 Mesurage direct

La FR du SPL_{FF}(f, θ, Φ) doit être mesurée en faisant tourner l'EUT ou le microphone de mesure autour du point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$.

15.5.2.3 Mesurage holographique

La FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ doit être calculée en décibels aux points de mesure sur les trajectoires horizontale et verticale représentées à la Figure 9 à l'aide de la fonction de transfert directionnelle $H_{FF}(f, r_D, \theta, \Phi)$ définie au 15.3 en décibels sous la forme

$$L_{\text{FF}}(f, \theta, \Phi) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\tilde{u}(f)| H_{\text{FF}}(f, r_{\text{D}}, \theta, \Phi)|}{p_0} \right)$$

en utilisant la valeur efficace $\tilde{u}(f)$ du signal d'entrée sinusoïdal et la pression acoustique de référence $p_0 = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$.

15.5.3 Posttraitement

15.5.3.1 Généralités

Les FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ mesurées aux angles θ et Φ définis dans le Tableau 1 doivent être traitées afin d'estimer les réponses composites suivantes qui décrivent les caractéristiques directionnelles de l'EUT.

Les FR du SPL suivantes (15.5.3.2 et 15.5.3.3) doivent être calculées à l'aide des pondérations spatiales définies dans l'ANSI/CTA 2034-A.

15.5.3.2 Fenêtre d'écoute (LW)

La courbe de la fenêtre d'écoute $L_{LW}(f)$ est une moyenne énergétique des neuf FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ qui tiennent compte des points choisis sur la trajectoire verticale ($\theta = 0^\circ, \pm 10^\circ$ avec $\phi = 0^\circ$) et sur la trajectoire horizontale ($\theta = \pm 10^\circ, \pm 20^\circ, \pm 30^\circ$ avec $\phi = 90^\circ$) conformément à l'Article 10 et au 5.2 de l'ANSI/CTA-2034, comme cela est représenté à la Figure 10.

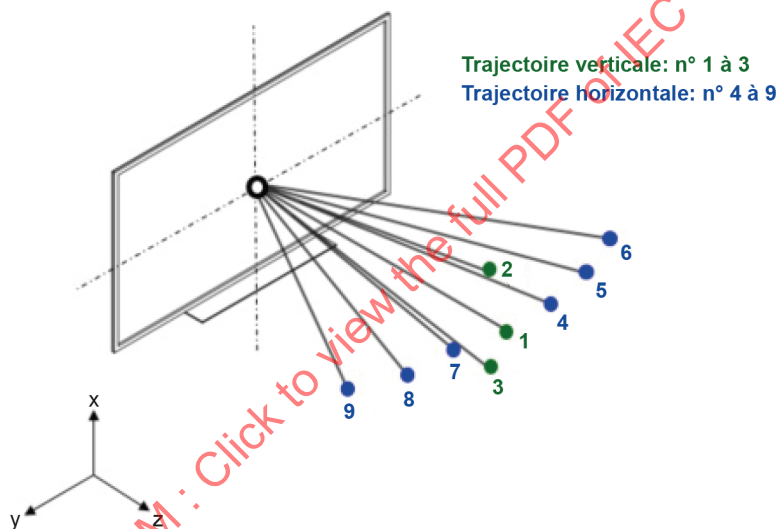


Figure 10 – Points de mesure sur la fenêtre d'écoute

NOTE Le moyennage du SPL utilisé pour la zone acoustique selon l'IEC 62777 est une meilleure façon de modéliser la perception humaine de la distribution du SPL avec la fenêtre d'écoute, car l'oreille humaine ne peut pas établir un moyennage énergétique à plusieurs endroits.

15.5.3.3 Puissance acoustique équivalente (ESP)

Une courbe de puissance acoustique équivalente $L_{ESP}(f)$ est une FR du SPL qui a la même forme de courbe relative dans des conditions de champ lointain que la réponse en niveau de puissance acoustique $L_{\Pi}(f)$ du 15.4, dont le niveau absolu dépend toutefois de la distance d'évaluation r_d . La courbe de la puissance acoustique équivalente est définie en décibels par la formule

$$L_{ESP}(f) = 10 \log_{10} \left(\frac{\overline{\tilde{p}^2(f)}}{p_0^2} \right) \\ \approx L_{\Pi}(f) - 20 \log_{10} \left(\frac{r_d}{1m} \right) - 11$$

en utilisant le carré de la pression acoustique efficace moyenné sur une sphère de rayon r_d , comme cela est spécifié en 15.4.2.2. Conformément à l'Article 10 et au 5.2 de l'ANSI/CTA-2034, le moyennage peut être réalisé approximativement par un moyennage énergétique des FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ sur les trajectoires horizontale et verticale avec une résolution angulaire de 10° en utilisant une pondération spécifique du Tableau 3 pour chaque réponse selon la partie de la surface sphérique qu'elle représente. Les points redondants situés dans les pôles entre les trajectoires horizontale et verticale ne sont pris en compte qu'une seule fois. La moyenne est calculée pour 70 points, en tout, comme cela est représenté à la Figure 11.

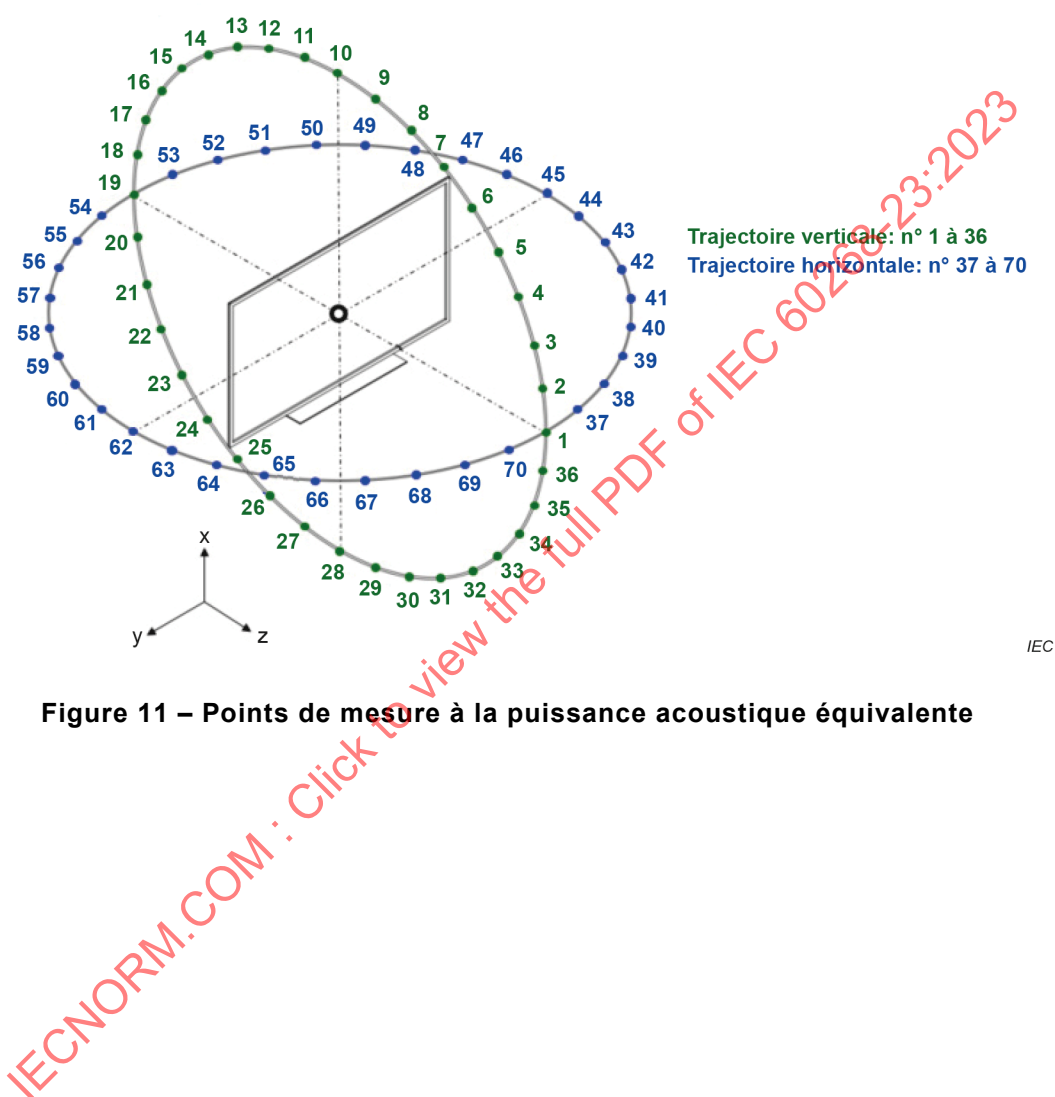


Figure 11 – Points de mesure à la puissance acoustique équivalente

Tableau 3 – Pondérations pour l'angle polaire θ par incrément de 10°

Angle θ	Pondération de quadrilatère sphérique
0°	0,000 604 486
$\pm 10^\circ$	0,004 730 189
$\pm 20^\circ$	0,008 955 027
$\pm 30^\circ$	0,012 387 354
$\pm 40^\circ$	0,014 989 611
$\pm 50^\circ$	0,016 868 154
$\pm 60^\circ$	0,018 165 962
$\pm 70^\circ$	0,019 006 744
$\pm 80^\circ$	0,019 477 787
$\pm 90^\circ$	0,019 629 373
$\pm 100^\circ$	0,019 477 787
$\pm 110^\circ$	0,019 006 744
$\pm 120^\circ$	0,018 165 962
$\pm 130^\circ$	0,016 868 154
$\pm 140^\circ$	0,014 989 611
$\pm 150^\circ$	0,012 387 354
$\pm 160^\circ$	0,008 955 027
$\pm 170^\circ$	0,004 730 189
$\pm 180^\circ$	0,000 604 486

NOTE La puissance acoustique équivalente nécessite 70 points de mesure afin de réaliser une analyse approfondie des causes qui altèrent l'interaction entre l'EUT et la salle. Le présent document définit cependant des caractéristiques fondamentales qui peuvent être déterminées avec très peu d'essais. L'Article 16 définit les zones acoustiques conformément à l'Article 17. Les caractéristiques des signaux forts sont par ailleurs mesurées au point d'essai r_{near} au lieu d'être mesurées en plusieurs points, conformément à l'Article 19.

15.5.3.4 Indice de directivité de la puissance acoustique équivalente (ESPD)

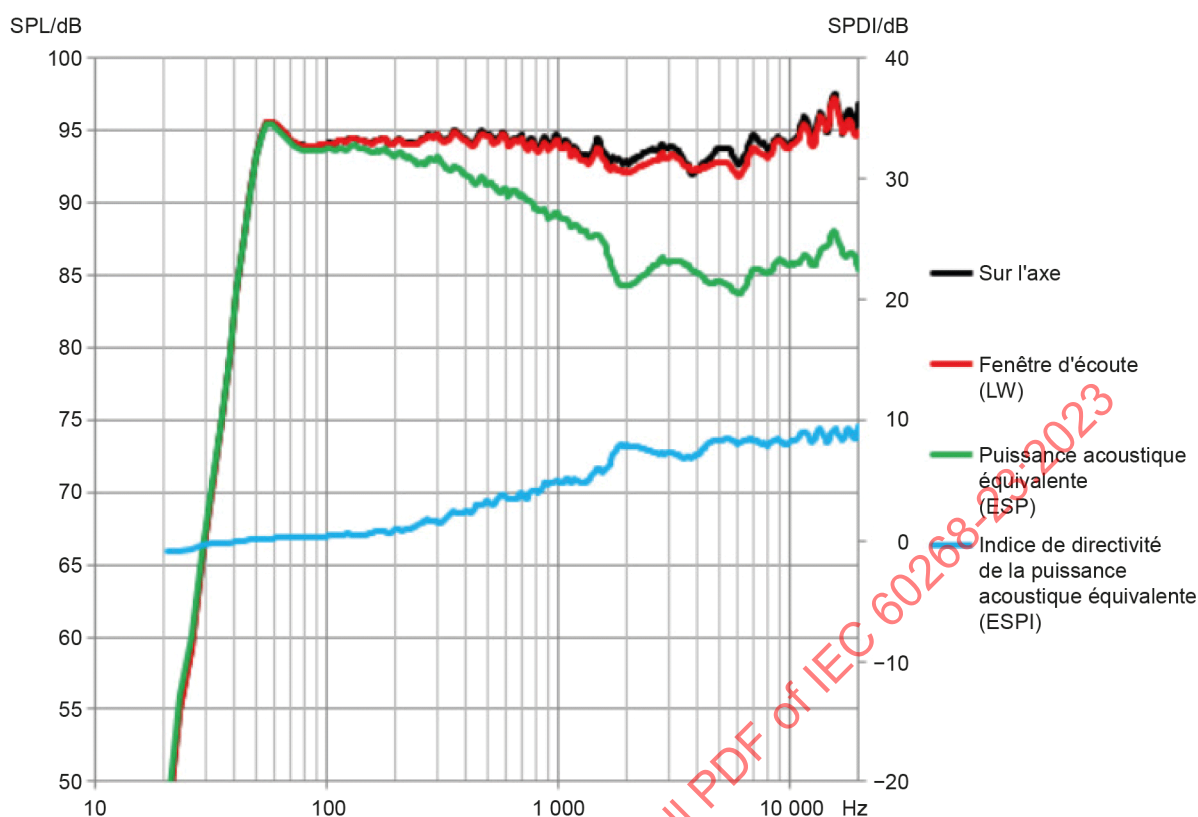
L'indice de directivité de la puissance acoustique équivalente est défini comme la différence entre la courbe de la fenêtre d'écoute et la courbe de la puissance acoustique équivalente. Un ESPD de 0 dB indique un rayonnement omnidirectionnel. Plus l'ESPD est élevé, plus l'EUT est orienté en direction de l'axe de référence.

NOTE L'ESPD est défini au 5.2 de l'ANSI/CTA 2034-A.

15.5.4 Consignation des résultats

Il convient que les résultats graphiques soient conformes à l'un des formats préférentiels de l'IEC 60263. La FR doit être conforme à l'Article 15.5.3.

Un exemple est représenté à la Figure 12.



IEC

Figure 12 – Exemple de consignation des caractéristiques directionnelles mesurées à la distance r_d

16 Essais in situ

16.1 Généralités

Le présent article décrit l'évaluation de l'EUT dans des conditions in situ non conformes aux conditions ex-situ, telles que l'environnement anéchoïque de l'Article 8, le point de mesurage en champ lointain de l'Article 11 et d'autres conditions normalisées types nécessaires à l'obtention de résultats d'essai comparables. Des essais in situ sont exigés pour tenir compte de l'environnement d'écoute représentatif de l'utilisation type par le grand public, ce qui réduit les essais (nombre de points de mesure, par exemple) et simplifie les essais lors des phases de développement de produits, de production et de maintenance. Les résultats des essais in situ doivent être reproductibles, ce qui dépend des facteurs suivants:

- propriétés acoustiques de l'environnement in situ (salle et mobilier, par exemple) dans l'environnement cible défini en 8.4;
- positionnement du microphone destiné à représenter la position d'écoute type d'un usager, défini à l'Article 17;
- montage de l'EUT défini à l'Article 12;
- positionnement de l'EUT défini à l'Article 10.

Le fabricant doit consigner les résultats de l'essai en fournissant des informations sur les conditions d'essai in situ particulières.

Les Paragraphes 16.2 à 16.5 décrivent la modélisation acoustique de la reproduction sonore dans des conditions in situ, la méthode de mesurage et la prévision numérique des fonctions de transfert et des réponses en SPL.

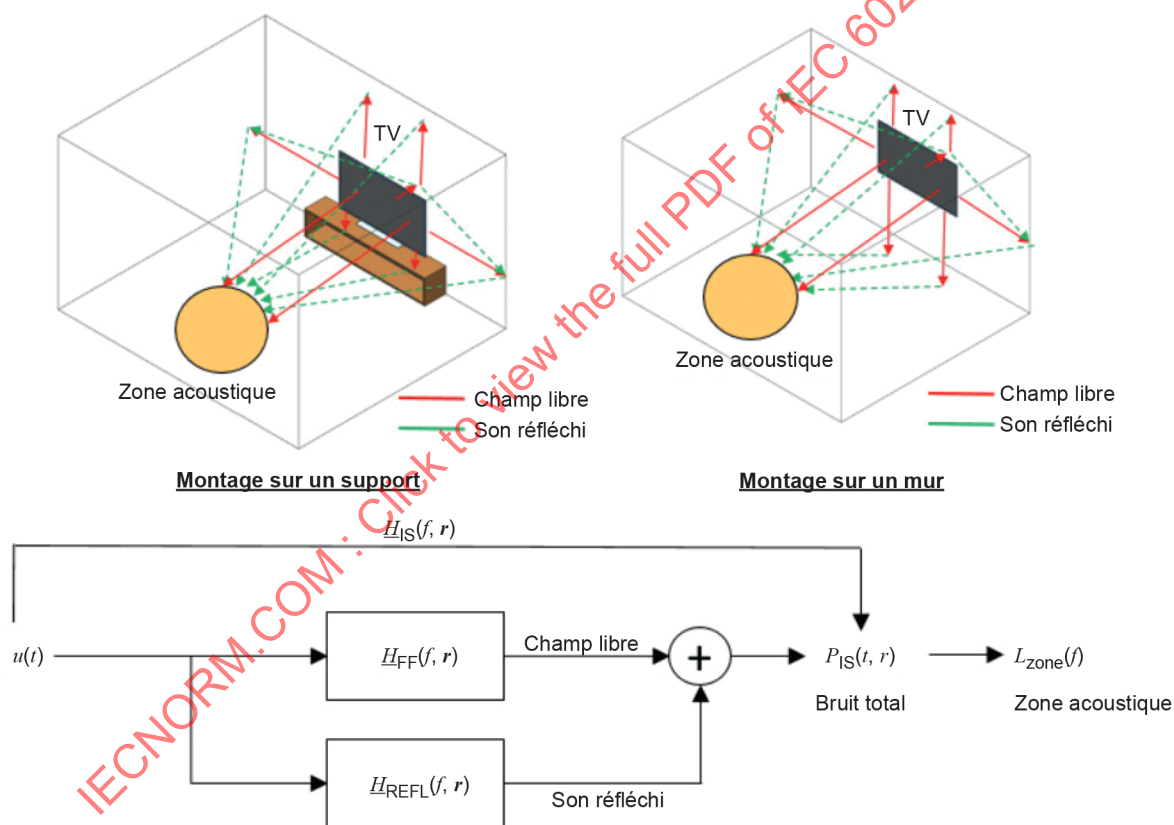
16.2 Fonction de transfert in situ

16.2.1 Définition

La fonction de transfert in situ $\underline{H}_{IS}(f, \mathbf{r})$ est définie comme la fonction de transfert complexe entre le signal d'entrée $u(t)$ de l'EUT et la pression acoustique $p(t, \mathbf{r})$ à n'importe quel point $\mathbf{r}$ dans le champ acoustique, qui tient compte du positionnement de l'EUT et de l'influence acoustique du mobilier, de la salle et d'autres limites de l'application cible. La fonction de transfert in situ est modélisée par la formule

$$H_{IS}(f, \mathbf{r}) = H_{FF}(f, \mathbf{r}) + H_{REFL}(f, \mathbf{r})$$

qui correspond à la somme de la fonction de transfert spatiale $\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$ qui représente le son direct rayonné par l'EUT dans des conditions de champ libre définies en 15.3 et d'une fonction de transfert du son réfléchi $\underline{H}_{REFL}(f, \mathbf{r})$ qui représente l'interaction entre les propriétés de rayonnement de l'EUT et l'environnement acoustique, comme cela est représenté à la Figure 13.



IEC

Figure 13 – Modélisation de la reproduction du son dans des conditions in situ

16.2.2 Méthode de mesurage

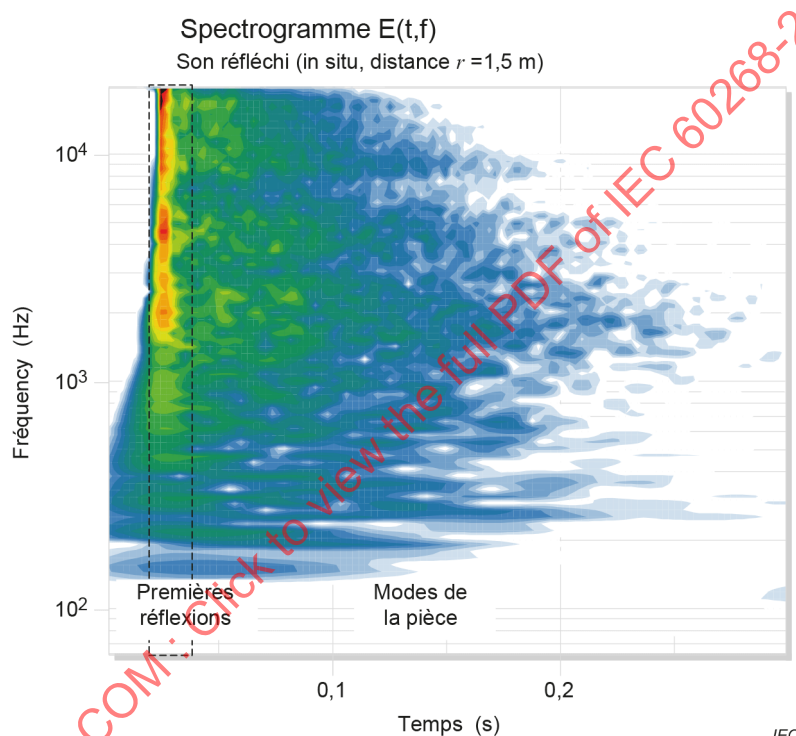
Les fonctions de transfert in situ $\underline{H}_{IS}(f, \mathbf{r})$ doivent être mesurées en utilisant un stimulus de modulation de fréquence pulsée sinusoïdale $u(t)$ qui excite l'EUT dans une plage de fréquences indiquée et en mesurant le signal de la pression acoustique $p_{IS}(t, \mathbf{r})$ en régime établi au point $\mathbf{r}$ dans des conditions in situ.

La fonction de transfert spatiale $\underline{H}_{FF}(f, \mathbf{r})$ doit être mesurée à l'aide d'une technique de mesurage holographique qui repose sur un balayage en champ proche, conformément au 15.3, de manière à fournir des données exactes au point $\mathbf{r}$.

La fonction de transfert de réflexion acoustique $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ doit être calculée à l'aide de l'équation

$$\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) = \underline{H}_{\text{IS}}(f, \mathbf{r}) - \underline{H}_{\text{FF}}(f, \mathbf{r})$$

La réponse impulsionnelle de réflexion acoustique $h_{\text{REFL}}(t, \mathbf{r}) = FT^{-1}\{\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})\}$ doit être calculée sous forme de transformation de Fourier inverse de l'analyse temps-fréquence (la TFA de la réponse impulsionnelle met en évidence l'énergie spectrale dans le temps) des fonctions de transfert $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$. Le son direct et les premières réflexions de la salle se dégradent de manière abrupte alors que les modes de la salle entraînent une dégradation exponentielle à des périodes ultérieures en fonction de la durée de réverbération $T_{60}(f)$ dans la salle, comme cela est représenté à la Figure 14.



NOTE Le spectrogramme de la réponse impulsionnelle du son réfléchi $h_{\text{REFL}}(t, \mathbf{r})$ met en évidence les premières réflexions générées par la table, le sol, le plafond et les murs, ainsi que le son réverbéré généré par les modes de la salle.

Figure 14 – Exemple d'analyse temps-fréquence (spectrogramme) appliquée à la réponse impulsionnelle du son réfléchi $h_{\text{REFL}}(t, \mathbf{r})$ mesurée à une distance $r = 1,5$ m de l'EUT dans une salle de bureau

16.2.3 Consignation des résultats

Les fonctions de transfert $\underline{H}_{\text{IS}}(f, \mathbf{r})$, $\underline{H}_{\text{FF}}(f, \mathbf{r})$ et $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ du bruit in situ total ainsi que les composantes du son direct et réfléchi, respectivement, doivent être consignées avec l'emplacement du point d'écoute $\mathbf{r}$, le point de référence $\mathbf{r}_{\text{ref}}$, le vecteur normal $\mathbf{n}_{\text{ref}}$ et le vecteur d'orientation $\mathbf{O}_{\text{ref}}$ de l'EUT.

16.3 Fonction de transfert de la salle

16.3.1 Définition

La fonction de transfert de la salle $\underline{H}_R(f, \mathbf{r})$ décrit la relation entre la puissance acoustique rayonnée par l'EUT et la pression acoustique au point $\mathbf{r}$ dans l'application cible. Le gain de la salle $G_R(f, \mathbf{r})$ est l'amplitude de la fonction de transfert de la salle $\underline{H}_R(f, \mathbf{r})$ normalisée et exprimée en décibels.

16.3.2 Méthode de mesure

- La fonction de transfert de réflexion acoustique $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ doit être mesurée conformément au 16.2.2.
- La réponse en puissance acoustique $\Pi(f)$ doit être mesurée conformément au 15.4.
- La fonction de transfert de la salle $\underline{H}_R(f, \mathbf{r})$ doit être calculée à l'aide de l'équation

$$\underline{H}_R(f, \mathbf{r}) = \frac{\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) \tilde{u}(f)}{\sqrt{\Pi(f) |\tilde{u}(f)|}}$$

- Le gain de la salle doit être exprimé en décibels par la formule

$$G_R(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\left| \underline{H}_R(f, \mathbf{r}) \right| \frac{\sqrt{\Pi_0}}{p_0} \right)$$

en utilisant la puissance de référence $\Pi_0 = 10^{-12}$ W et la pression acoustique de référence normalisée p_0 .

NOTE Le gain de la salle $G_R(f, \mathbf{r})$ décrit les propriétés fondamentales de la salle, ainsi que les premières réflexions sur d'autres limites (par exemple, la table).

16.4 Réponse en SPL du son réfléchi

16.4.1 Définition

La réponse en SPL $\underline{L}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ du son réfléchi est définie en décibels par la formule

$$\underline{L}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|\tilde{u}(f)| |\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

en utilisant la valeur efficace du stimulus appliqué à l'EUT, la pression acoustique de référence p_0 et la fonction de transfert de réflexion acoustique $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ du 16.2.

16.4.2 Méthode de mesure

16.4.2.1 Généralités

La réponse en SPL $\underline{L}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ du son réfléchi doit être déterminée en utilisant l'une des méthodes suivantes.

16.4.2.2 Calcul fondé sur des mesurages de la pression acoustique

- La FR du SPL du son réfléchi doit être calculée d'après la fonction de transfert de réflexion acoustique $\underline{H}_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ mesurée conformément à l'Article 16.2.2.

- b) Le gain de la salle doit être calculé par la formule

$$G_R(f, \mathbf{r}) = L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) - L_{\Pi}(f)$$

- c) Il convient de déterminer le gain moyen de la salle $\bar{G}_R(f, \mathbf{r})$ en moyennant le gain $G_R(f, \mathbf{r})$ mesuré sur plusieurs EUT dans une configuration identique (salle, positionnement de l'EUT, point de mesure $\mathbf{r}$).

16.4.2.3 Prévision fondée sur la modélisation de la salle

- a) Les coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique qui représente le son direct rayonné par l'EUT doivent être calculés par un mesurage en champ proche conformément au 15.3.2.
- b) La réponse en niveau de puissance acoustique $L_{\Pi}(f)$ de l'EUT doit être calculée d'après les coefficients $C_{\text{FF}}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique, conformément au 15.4, ou être estimée approximativement en décibels à l'aide de l'équation

$$L_{\Pi}(f) \approx L_{\text{ESP}}(f, r_d) + 20 \lg \left(\frac{r_d}{1m} \right) + 11$$

en utilisant le niveau de puissance acoustique équivalente $L_{\text{ESP}}(f, r_d)$ défini en 15.5.3.3.

- c) La durée de réverbération $T_{60}(f)$ dans la salle doit être déterminée conformément au 16.2.
- d) Le gain moyen de la salle peut être calculé en prenant pour hypothèse un champ acoustique diffus, conformément au 20.3.4.2 de l'IEC 60268-21:2018, exprimé en décibels par la formule

$$\bar{G}_R(f, \mathbf{r}) \approx 10 \lg \left(\frac{V_{60}(f)}{1} \right) - 10 \lg \left(\frac{V}{1} \right) + 14$$

qui tient compte du volume V de la salle en mètres cubes.

NOTE L'approximation du champ acoustique diffus ne tient pas compte des premières réflexions acoustiques qui proviennent des limites proches de l'EUT (par exemple, l'EUT est placé sur une table ou monté sur un mur).

- e) La réponse en SPL du son réfléchi $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ à un point $\mathbf{r}$ dans la salle doit être calculé en décibels par la formule

$$L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r}) \approx L_{\Pi}(f) + \bar{G}_R(f, \mathbf{r})$$

en utilisant la réponse en niveau de puissance acoustique $L_{\Pi}(f)$ et le gain moyen de la salle $\bar{G}_R(f, \mathbf{r})$ estimés approximativement par le champ acoustique pris pour hypothèse ou mesurés conformément au 16.4.2.2.

16.4.3 Consignation des résultats

La FR du SPL du son réfléchi $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ peut être lissée par un moyennage spectral avec une largeur de bande relative définie (généralement de 1/3 d'octave) et doit être tracée par rapport à un axe de fréquence logarithmique. La FR du SPL du son réfléchi $L_{\text{REFL}}(f, \mathbf{r})$ doit être consignée avec les informations relatives à la méthode appliquée.

16.5 FR du SPL in situ

16.5.1 Définition

La FR du SPL in situ en décibels est définie par la formule

$$L_{IS}(f, \mathbf{r}) = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{u}(f) |H_{IS}(f, \mathbf{r})|}{p_0} \right)$$

en utilisant les fonctions de transfert $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ définies au point $\mathbf{r}$, la pression acoustique de référence p_0 et la valeur efficace $\tilde{u}(f)$ du signal de modulation de fréquence pulsée sinusoïdale.

16.5.2 Méthodes de mesurage

16.5.2.1 Généralités

La FR du SPL in situ $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ doit être déterminée en utilisant la méthode du 16.5.2.2 ou la méthode du 16.5.2.3.

16.5.2.2 Mesurage de la pression acoustique

La FR du SPL in situ doit être calculée d'après la définition en 16.5.1 à l'aide de la fonction de transfert $H_{IS}(f, \mathbf{r})$ mesurée au point $\mathbf{r}$ conformément au 16.2.2.

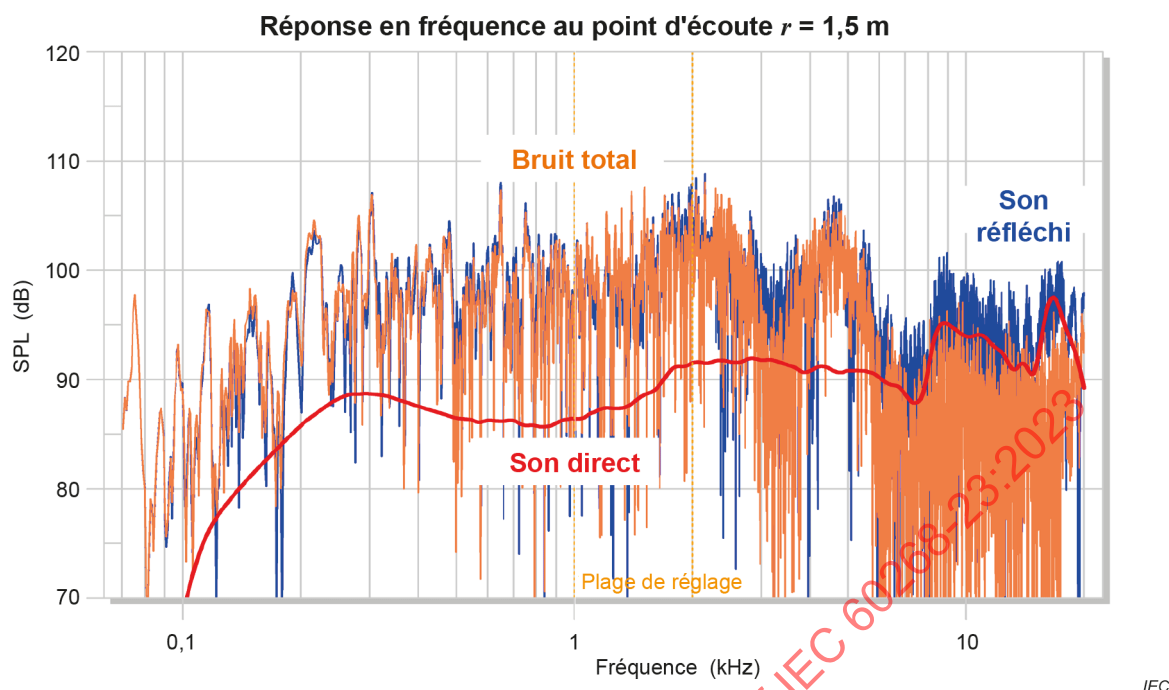
16.5.2.3 Prévision fondée sur la modélisation de la salle

- Les coefficients $C_{FF}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique qui représente le son direct rayonné par l'EUT doivent être calculés par un mesurage en champ proche conformément au 15.3.2.
- La FR du SPL $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ du son direct doit être calculée au point $\mathbf{r}$ d'après la fonction de transfert spatiale spécifiée en 15.3.
- La réponse en SPL $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ des réflexions acoustiques doit être déterminée conformément au 16.4.2.3.
- La FR du SPL in situ $L_{NA}(f, \mathbf{r})$ doit être calculée par la formule

$$L_{IS}(f, \mathbf{r}) = 10 \log_{10} \left(10^{L_{FF}(f, \mathbf{r})/10} + 10^{L_{REFL}(f, \mathbf{r})/10} \right)$$

16.5.3 Consignation des résultats

La FR du SPL in situ $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ peut être lissée par un moyennage spectral avec une largeur de bande relative définie (généralement de 1/3 d'octave) et doit être tracée par rapport à un axe de fréquence logarithmique. Les FR du son en champ libre $L_{FF}(f, \mathbf{r})$ et du son réfléchi $L_{REFL}(f, \mathbf{r})$ doivent être consignées en utilisant le même type de tracé que celui de la FR du SPL in situ $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ afin de mettre en évidence la composante de signal dominant, comme cela est représenté à la Figure 15.



NOTE Les FR du SPL des composantes de bruit total in situ, de son en champ libre et de son réfléchi mettent en évidence des informations essentielles concernant les interactions entre le haut-parleur et la salle dans l'application cible. La FR du son réfléchi dans l'exemple dépasse le son direct de plus de 10 dB et entraîne de fortes variations de la réponse en SPL in situ totale par rapport à la fréquence.

Figure 15 – FR du SPL des conditions in situ

Il convient de calculer la fraction d'énergie directe (DEF) définie par Thompson [14] en décibels par la formule:

$$L_{DEF}(f, \mathbf{r}) = L_{FF}(f, \mathbf{r}) - L_{IS}(f, \mathbf{r})$$

en utilisant les FR du SPL en champ libre et in situ au point $\mathbf{r}$. Les données doivent être consignées avec les informations relatives aux propriétés de la salle, telles que sa taille, la durée de réverbération $T_{60}(f)$ et le positionnement de l'EUT.

Il est fortement recommandé de calculer la valeur moyenne et la variance pondérées de la FR du SPL in situ $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ dans une zone acoustique définie à l'Article 17.

17 SPL moyen dans une zone acoustique

17.1 Généralités

Les tailles plus importantes des téléviseurs et moniteurs modernes permettent d'utiliser les EUT dans des salles plus grandes, ce qui crée de nouvelles attentes de la part des usagers en faveur d'une zone d'écoute étendue avec une performance sonore satisfaisante. La complexité accrue du champ acoustique direct et l'interaction avec la salle, le mobilier et d'autres limites acoustiques entraînent d'importantes variations du SPL aux points $\mathbf{r}_n$ à l'intérieur de la zone d'écoute. Le contrôle actif du champ acoustique en 3D, en particulier la reproduction de différents contenus audio par contrôle du contraste dans plusieurs zones, exige des métriques simples qui décrivent la qualité de la distribution du son.

Le niveau de pression acoustique moyen pondéré doit être calculé par pondération du SPL à plusieurs points de mesure r_n avec $n = 1, \dots, N$ qui représentent une zone acoustique dans des conditions de champ libre ou des conditions in situ. Le fabricant doit indiquer les coordonnées de la zone acoustique, le nombre de points et une fonction de pondération, et indiquer également si l'environnement de mesure est un environnement en champ libre ou un environnement in situ.

NOTE Les caractéristiques directionnelles spécifiées en 15.5 sont calculées sous forme de somme pondérée des hypothèses énergétiques (ajout du carré des valeurs de pression acoustique) afin de décrire les différents trajets de signaux par lesquels le son atteint l'oreille humaine. Cependant, la valeur moyenne pondérée à l'intérieur de la zone acoustique est calculée sous forme de pondération du SPL (sans ajout du carré des valeurs de pression acoustique) pour décrire la répartition probable des auditeurs dans la zone.

17.2 Définition

La zone acoustique est définie comme une zone en 2D ou en 3D située dans le champ proche ou le champ lointain de l'EUT dans des conditions de champ libre ou dans une salle qui représente l'application type de l'EUT.

Le niveau de pression acoustique moyen pondéré dans une zone acoustique exprimé en décibels est défini, conformément à l'IEC 62777 et à l'IEC 60268-21, par la formule

$$L_{\text{zone}}(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, r_n)} \sum_{n=1}^N w(f, r_n) L(f, r_n)$$

où $L(f, r_n)$ représente la FR du SPL du son direct $L_{\text{FF}}(f, r_n)$ dans des conditions de champ libre spécifiée en 15.3.3 ou la FR du SPL in situ $L_{\text{IS}}(f, r_n)$ spécifiée en 16.5.

NOTE 1 Si la zone acoustique est proche de l'EUT où le son réfléchi est significativement inférieur au bruit total, le son direct $L_{\text{FF}}(f, r_n)$ peut être utilisé pour calculer $L_{\text{zone}}(f)$.

La fonction de pondération $w(f, r_n)$ décrit la probabilité qu'une oreille humaine soit placée à un point particulier r_n de la zone acoustique et détermine la valeur de prévision du SPL en ce qui concerne la position aléatoire d'oreilles humaines.

NOTE 2 Lorsqu'une fonction de pondération rectangulaire $w(f, r_n)$ qui est constante à l'intérieur de la zone acoustique et nulle à l'extérieur de la zone acoustique est utilisée, alors $L_{\text{zone}}(f)$ est la valeur moyenne des réponses en SPL exprimées en décibels dans la zone.

La variance pondérée biaisée du niveau de pression acoustique d'une zone acoustique exprimée en décibels est définie par la formule

$$\sigma_{\text{zone}}^2(f) = \frac{1}{\sum_{n=1}^N w(f, r_n)} \sum_{n=1}^N w(f, r_n) (L(f, r_n) - L_{\text{zone}}(f))^2$$

17.3 Mesurage

- La FR du SPL in situ $L_{\text{IS}}(f, r_n)$ ou la FR du SPL du son direct $L_{\text{FF}}(f, r_n)$ dans des conditions de champ libre doit être mesurée conformément au 16.2.2.
- Le SPL moyen pondéré $L_{\text{zone}}(f)$ et la variance pondérée $\sigma_{\text{zone}}^2(f)$ doivent être calculés dans la zone acoustique définie en 17.2.

17.4 Prévision numérique

Afin de réduire le plus possible les efforts de mesure qui permettent d'indiquer les FR du SPL $L(f, \mathbf{r}_n)$ aux points $\mathbf{r}_n$ avec une résolution spatiale suffisante dans la zone acoustique, la méthode suivante doit être utilisée:

- a) La FR du SPL $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ dans des conditions de champ libre à tous les points de la zone acoustique doit être déterminée aux points $\mathbf{r}_n$ d'après la fonction de transfert spatiale spécifiée en 15.3.3.

NOTE Si tous les points $\mathbf{r}_n$ de la zone acoustique se trouvent dans le champ lointain de l'EUT, l'extrapolation des caractéristiques directionnelles de la section au point $\mathbf{r}_n$ selon la loi $1/r$ peut être utilisée pour calculer la FR du SPL $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$. Les coefficients $C_{FF}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique fournissent la FR du SPL $L_{FF}(f, \mathbf{r}_n)$ à tous les points situés dans le champ proche et le champ lointain de l'EUT.

- b) La réponse en niveau de puissance acoustique $L_{II}(f)$ de l'EUT doit être calculée à partir de la puissance acoustique équivalente spécifiée en 16.4.2.3 ou en utilisant les coefficients $C_{FF}(f)$ de l'expansion de l'onde sphérique conformément au 15.4.
- c) La FR du SPL in situ $L_{IS}(f, \mathbf{r})$ à tous les points $\mathbf{r}_n$ de la zone acoustique doit être calculée conformément au 16.5.2.3.
- d) Le SPL moyen pondéré $L_{zone}(f)$ et la variance pondérée $\sigma_{zone}^2(f)$ doivent être calculés dans la zone acoustique définie en 17.2.

17.5 Consignation des résultats

Le SPL moyen pondéré de la zone acoustique doit être tracé en décibels par rapport à un axe de fréquence logarithmique. La forme géométrique de la zone acoustique, la relation par rapport à l'EUT et aux limites de la salle, et la position des points $\mathbf{r}_n$ doivent être consignées.

18 Caractéristiques de la FR

18.1 Généralités

Les caractéristiques de la FR doivent mettre en évidence les informations physiques essentielles de la FR qui sont importantes pour évaluer la qualité de l'EUT, effectuer une analyse comparative des produits et simplifier l'interprétation. Les caractéristiques définies dans le présent article doivent être marquées par un indice XX qui représente les FR choisies $L_{XX}(f)$ dans des conditions de champ libre:

- fenêtre d'écoute $L_{LW}(f)$ pour la FR du SPL du 15.5.3.2;
- réponse en niveau de puissance acoustique $L_{II}(f)$ spécifiée en 15.4 ou FR de la puissance acoustique équivalente $L_{ESP}(f)$ spécifiée en 15.5.3.3;
- indice de directivité de la puissance acoustique équivalente $L_{ESPD}(f)$ spécifiée en 15.5.3.4 ou dans des conditions in situ;
- FR du SPL moyenne pondérée $L_{zone}(f)$ déterminée à partir de la FR du SPL in situ $L_S(f, \mathbf{r})$ dans une zone acoustique en conditions d'application type (salle, par exemple).

Les FR choisies doivent être pertinentes pour évaluer la qualité de l'EUT.

18.2 Valeur moyenne du SPL dans une plage de fréquences assignée

18.2.1 Définition et unité

Cet élément définit la valeur moyenne du SPL dans la RFR conformément à l'IEC 60268-21. Unité: dB (décibel).

18.2.2 Configuration

- Les conditions doivent être conformes à l'Article 6.
- Le signal d'essai doit être conforme à l'Article 7.
- L'environnement acoustique doit être conforme à l'Article 8.
- Le positionnement de l'EUT doit être conforme à l'Article 10.
- La distance entre l'EUT et le microphone doit être mesurée conformément à l'Article 11.

18.2.3 Procédure

- Le montage de l'EUT doit être conforme à l'Article 12.
- Régler la tension de mesure et appliquer le signal.
- Le point et la distance d'évaluation doivent être calculés conformément à l'Article 14.
- Mesurer la FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \Phi)$ conformément au 15.3.3.
- Calculer la FR $L_{XX}(f)$ de l'EUT en appliquant un lissage à l'aide d'un filtre de 1/3 d'octave à la FR choisie du 18.1, comme cela est représenté à la Figure 16.

NOTE Un EUT présentant une grande surface rayonnante peut générer un schéma de directivité complexe qui ne peut pas être représenté par la FR du SPL sur l'axe mesurée à un seul point. La FR du SPL qui représente la fenêtre d'écoute du 15.5.3.2 ou la valeur moyenne du SPL moyennée sur la zone d'écoute de l'Article 17 doit être utilisée pour évaluer les propriétés spectrales du son direct rayonné par l'EUT.

- Définir la RFR conformément au 6.3.

18.2.4 Analyse

Le niveau de pression acoustique moyen L_{mean} est déterminé à partir de la valeur de pression acoustique moyenne $\tilde{p}_{\text{mean}}$ dans la plage de fréquences assignée

$$\tilde{p}_{\text{mean}} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (\tilde{p}_k)^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 10^{L_{XX}(f_k)/10} \right]^{1/2}$$

où la fréquence f_k est logarithmiquement espacée et $k = 1$ représente la première valeur de la RFR. Le niveau de pression acoustique moyen L_{mean} est déterminé par la formule

$$L_{\text{mean}} = 20 \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}_{\text{mean}}}{p_0} \right)$$

et doit être exprimé en décibels par rapport à la pression acoustique de référence normalisée $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

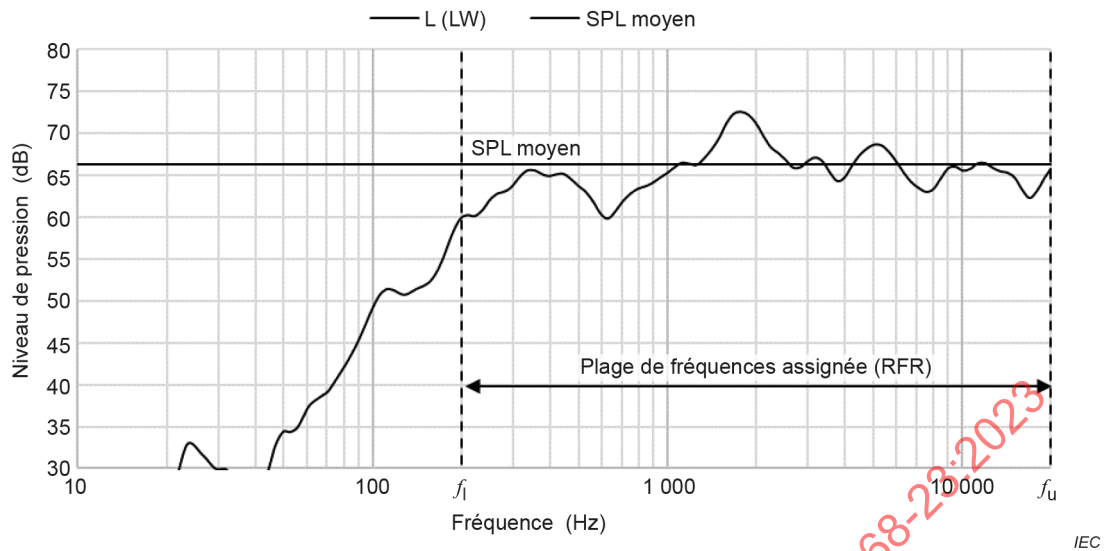


Figure 16 – Valeur moyenne du SPL dans une plage de fréquences assignée

18.2.5 Consignation des résultats

Il convient de consigner les résultats comme cela est indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Exemple pratique de valeur moyenne du SPL

Consignation des résultats – Exemples de données		
Valeur moyenne du SPL		
Élément	Résultat	Remarques
L_{mean}	66,2 dB (à r_d m)	RFR (200 Hz à 20 kHz)

18.3 Plage de fréquences effective (EFR)

18.3.1 Définition et unité

Cet élément définit la plage de fréquences, comprise entre les limites inférieure et supérieure indiquées, pour laquelle la FR mesurée $L_{LW}(f)$ du haut-parleur n'est pas inférieure de plus de 10 dB au niveau de pression acoustique moyen L_{mean} dont la moyenne est établie sur une plage de fréquences assignée. Unité: Hz (hertz).

18.3.2 Configuration

- Les conditions doivent être conformes à l'Article 6.
- Le signal d'essai doit être conforme à l'Article 7.
- L'environnement acoustique doit être conforme à l'Article 8.
- Le positionnement de l'EUT doit être conforme à l'Article 10.
- La distance entre l'EUT et le microphone doit être mesurée conformément à l'Article 11.

18.3.3 Procédure

- Le montage de l'EUT doit être conforme à l'Article 12.
- Régler la tension de mesure et appliquer le signal.
- Le point et la distance d'évaluation doivent être calculés conformément à l'Article 14.
- Mesurer la FR du SPL $L_{FF}(f, \theta, \phi)$ conformément au 15.3.3.