

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electroacoustics – Instruments for measurement of aircraft noise – Performance requirements for systems to measure sound pressure levels in noise certification of aircraft

Électroacoustique – Instruments pour la mesure du bruit des aéronefs – Exigences relatives aux systèmes de mesure des niveaux de pression acoustique pour la certification acoustique des aéronefs



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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 Central Office
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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 61265

Edition 2.0 2018-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electroacoustics – Instruments for measurement of aircraft noise – Performance requirements for systems to measure sound pressure levels in noise certification of aircraft

Électroacoustique – Instruments pour la mesure du bruit des aéronefs – Exigences relatives aux systèmes de mesure des niveaux de pression acoustique pour la certification acoustique des aéronefs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50; 49.020

ISBN 978-2-8322-5695-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Purpose.....	11
5 Requirements	12
5.1 General.....	12
5.1.1 Output data	12
5.1.2 Time-pressure history	12
5.1.3 Measurements of sound from aircraft ground power units	12
5.1.4 Measurements of aircraft operations on the ground	12
5.2 Measurement uncertainty.....	12
5.2.1 Relationship with regulatory requirements	12
5.2.2 Performance verification	13
5.2.3 Periodic tests.....	13
5.3 Reference environmental conditions	13
5.4 Sound calibrator.....	13
5.5 Microphone system	13
5.5.1 Pressure and free-field type microphones.....	13
5.5.2 Grazing incidence microphone configuration.....	14
5.5.3 Ground plane microphone configuration.....	15
5.5.4 Measurement configurations.....	16
5.6 Measurement system exclusive of the microphone.....	16
5.6.1 Frequency response	16
5.6.2 Level linearity	16
5.6.3 Floating-range measurement systems	17
5.7 Spectrum analysis system.....	17
5.7.1 Third-octave analysis.....	17
5.7.2 Time constants	17
5.7.3 Time offset	17
5.7.4 Anti-aliasing.....	18
5.8 Readout device resolution.....	18
5.9 Sensitivity to various environments	18
5.9.1 General	18
5.9.2 Atmospheric pressure	18
5.9.3 Air temperature.....	18
5.9.4 Humidity	19
5.9.5 Electromagnetic compatibility	19
Annex A (informative) Methods of testing the electroacoustical performance of a measurement system	20
A.1 General.....	20
A.2 Operating conditions for test	20
A.3 Sound calibrator.....	20

A.4	Microphone system frequency response	20
A.5	Frequency response of the measurement system exclusive of the microphone	21
A.6	Linear operating range of the measurement system exclusive of the microphone	21
A.7	Spectrum analysis system.....	21
Annex B (informative) Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement.....		22
Bibliography.....		24
Figure 1 – Illustration of sound incidence angles from the principal axis of the microphone.....		15
Figure B.1 – Relationship between tolerance interval, corresponding acceptance interval and the maximum permitted uncertainty of measurement		22
Table 1 – ICAO measurement protocols (informative)		11
Table 2 – Maximum difference between the free-field sensitivity level of a microphone used in grazing-incidence microphone configuration at normal incidence and at specified sound incidence angles.....		15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROACOUSTICS – INSTRUMENTS FOR MEASUREMENT OF
AIRCRAFT NOISE – PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR
SYSTEMS TO MEASURE SOUND PRESSURE LEVELS
IN NOISE CERTIFICATION OF AIRCRAFT****FOREWORD**

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

International Standard IEC 61265 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) addition of guidance for measurements for aircraft other than large transport aeroplanes;
- b) addition of microphones used in ground plane measurement systems;
- c) addition of weighted sound level measurements other than one-third-octave band measurements, for certain aircraft types;
- d) revision and clarification of requirements for digital audio recording;

e) addition of requirements for evaluation of measurement uncertainty.

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

CDV	Report on voting
29/958/CDV	29/980A/RVC

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

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

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

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

INTRODUCTION

IEC 61265 provides requirements for the electroacoustical performance of instruments for measurement of the sound produced by aircraft in flight or on the ground, or by an aircraft engine installed on an outdoor test stand, for the purposes of demonstrating compliance with aircraft noise certification limits established by relevant national aviation authorities and for other comparisons among aircraft models. The instruments can be components of a complete measurement system. Methods are also indicated by which the performance of such instruments can be tested periodically.

Measurement and data-analysis procedures for aircraft noise certification are described in Volume I of Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation, with further guidance and descriptions of acceptable "equivalent procedures" given in the *Environmental Technical Manual* prepared by the Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Together these documents are referred to in this document as "ICAO Annex 16". The procedures include measurement and analysis of the sound from aircraft in operation, and, in some circumstances, of the sound from static engines and engines under test, under given operating and atmospheric conditions.

Several of the requirements given in this document differ from the requirements of IEC 61672-1 for sound level meters, especially concerning the frequency and directional response, linear operating range and sensitivity to various environments. Many of these differences are due to the requirement for uniform response at a wide range of angles of sound arrival as an aircraft moves through the certification test flight. If the output signal from a measurement system conforming to this document is processed to yield an overall sound pressure level from all frequency bands, the level derived can differ from that obtained from a sound level meter conforming to IEC 61672-1.

Systems in accordance with this document are used to perform measurements meeting the requirements of ICAO Annex 16 or a certifying authority's specific procedures to demonstrate that a given aircraft complies with the limits for noise level near the ground over the course of a test flight. Uncertainty of each measurement is considered when establishing the test procedures, and it is not the intent of this document to duplicate the confidence interval analysis inherent in the noise flight test procedure.

ELECTROACOUSTICS – INSTRUMENTS FOR MEASUREMENT OF AIRCRAFT NOISE – PERFORMANCE REQUIREMENTS FOR SYSTEMS TO MEASURE SOUND PRESSURE LEVELS IN NOISE CERTIFICATION OF AIRCRAFT

1 Scope

This document specifies requirements for the electroacoustical performance of systems of instruments used to measure sound for the purposes of aircraft noise certification, and for other comparisons among aircraft models, and provides methods by which tests can be made periodically to verify that the performance continues to conform to the requirements within stated limits.

In general, a sound measurement system for this purpose comprises a combination of instruments extending from a microphone, including its windscreen and other accessories, through data recording and processing devices to a suitable output. Different measurement systems, regardless of their composition, perform the necessary functions in different ways and operate on either analogue or digital principles.

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 60942, *Electroacoustics – Sound calibrators*

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

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

calibration record

time-pressure history or recorded value obtained during a calibration procedure, consisting of a measurement system output while its acoustic input is provided by a sound calibrator

3.2**effective perceived noise level****EPNL**

EPNdB

single number evaluator of the subjective effects of aircraft noise on human beings, expressed in decibels (EPNdB) as described in ICAO Annex 16, Appendix I

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3**floating-range measurement system**

measurement system incorporating automatic level range switching

3.4**free-field microphone**

microphone having substantially uniform frequency response to plane progressive sound waves arriving at angles substantially normal to the plane of the microphone diaphragm

3.5**free-field sensitivity**

<microphone system> quotient of the root-mean-square voltage at the output of a microphone system by the root-mean-square sound pressure that would exist at the position of the microphone in the absence of the microphone, for a sinusoidal plane progressive sound wave of specified frequency, at a specified sound-incidence angle

Note 1 to entry: The free-field sensitivity is expressed in volts per pascal.

3.6**free-field sensitivity level**

<microphone system> twenty times the logarithm to the base ten of the ratio of the free-field sensitivity to the reference sensitivity of one volt per pascal

Note 1 to entry: The free-field sensitivity level is expressed in decibels.

Note 2 to entry: The free-field sensitivity level can be determined by subtracting the sound pressure level (re 20 μ Pa expressed in dB) of the sound incident on the microphone from the voltage level (re 1 V expressed in dB) at the output of the microphone system, and adding 93,98 dB to the result.

3.7**grazing incidence**

condition where sound from the source of interest impinges on the microphone primarily at an incidence angle parallel to the plane of the microphone diaphragm

3.8 L_{ASmax}

maximum value obtained during a given time period or event of A-frequency-weighted, S-time-weighted sound pressure level

3.9 L_{AE}

sound exposure level (SEL) of the time integral of squared A-weighted sound pressure over a given time period or event, with reference to the square of the reference sound pressure of 20 μ Pa, and a reference duration of one second, as provided by an integrating sound level meter in accordance with ICAO Annex 16, Appendix 4

Note 1 to entry: L_{AE} is expressed in decibels.

EXAMPLE L_{AE} is the sound energy of an acoustic event lasting one second that is equal to the sound energy of the measured event over the time interval that the A-weighted sound pressure level is within 10 dB of its maximum value. It is typically 7 dB to 12 dB higher than the L_{Amax} during the same interval.

3.10**level difference**

measured one-third-octave band output signal level on any level range, adjusted for the difference between the settings of the level range controls on the level range and the reference level range, minus the level of the corresponding electrical input signal

Note 1 to entry: The level difference is expressed in decibels.

3.11**level non-linearity**

level difference on any level range, at a selected one-third-octave mid-band frequency, minus the reference level difference, all input and output signals being relative to the same reference quantity

Note 1 to entry: The level non-linearity is expressed in decibels.

3.12**level range**

setting of the controls provided in a measurement system for the recording and level measurement or spectral analysis of a sound pressure input signal

Note 1 to entry: The level range is expressed in decibels.

3.13**linear operating range**

range of levels of steady sinusoidal electrical signals applied to the input of a measurement system exclusive of the microphone system, extending from a lower boundary to an upper boundary, over which the level non-linearity is within limits specified in 5.6.2

Note 1 to entry: The linear operating range applies to a stated level range and is expressed in decibels.

3.14**measurement system**

combination of instruments used for the measurement of sound pressure levels, including a sound calibrator, microphone system, signal recording and conditioning devices, and one third octave band spectrum analysis or A-frequency-weighted, S-time-weighted sound level measurement as required for the aircraft type being evaluated

Note 1 to entry: The measurement system covered by this document does not include analysis means for computing metrics such as EPNL (EPNdB) or SEL (L_{AE}).

Note 2 to entry: Practical installations can include a number of microphone systems, the outputs from which are recorded simultaneously by a multi-channel recording device. The signal recording and conditioning devices and/or the spectrum analysis system can have separate channels in parallel, again with facilities for selection, either of the input or of the output. For the purposes of this document, each combination of a single microphone system and a single data-recording and data-analysis channel within the other instruments comprises a separate, complete measurement system, and the requirements apply accordingly.

3.15**microphone**

electroacoustic transducer converting audio-frequency air pressure variations to AC voltage

Note 1 to entry: Microphones used for aircraft noise certification are typically of the electrostatic or "condenser" type which have an output impedance requiring a preamplifier to be located adjacent to the microphone rather than in external equipment connected to the microphone by a cable.

3.16**microphone system**

components of the measurement system which produce an electrical output signal in response to a sound pressure input signal, and which generally include a microphone, a preamplifier, power supply, extension cables, and other devices as necessary

3.17

pressure sensitivity

<microphone system> quotient of the root-mean-square voltage at the output of a microphone system by the root-mean-square sound pressure, for sinusoidal sound pressure of specified frequency at the microphone diaphragm

Note 1 to entry: The pressure sensitivity is expressed in volts per pascal.

3.18

pressure sensitivity level

<microphone system> twenty times the logarithm to the base ten of the ratio of the pressure sensitivity to the reference sensitivity of one volt per pascal

Note 1 to entry: The pressure sensitivity level is expressed in decibels.

3.19

pressure type microphone

microphone having substantially uniform frequency response to sound pressure at the microphone diaphragm

Note 1 to entry: For frequencies whose wavelength is long compared to the diameter of the microphone diaphragm, pressure type microphones typically have uniform frequency response to plane progressive waves arriving at angles substantially in the plane of the microphone diaphragm, which is also described as grazing incidence.

3.20

principal axis

line through the centre of and perpendicular to the diaphragm of the microphone

3.21

reference flight path

intended path through space of the aircraft being tested, as defined by the relevant certification test protocol

3.22

reference frequency

specified frequency of the sinusoidal sound pressure signal produced by the sound calibrator

Note 1 to entry: The reference frequency is expressed in hertz.

3.23

reference level difference

level difference on the reference level range for a reference electrical input signal corresponding to the reference sound pressure level

Note 1 to entry: The reference level difference is expressed in decibels.

3.24

reference level range

level range for verifying the acoustical sensitivity of the measurement system, and containing the reference sound pressure level

Note 1 to entry: The reference level range is expressed in decibels.

3.25

reference sound pressure level

sound pressure level produced, under reference environmental conditions, in the cavity of the coupler of the sound calibrator that is used to verify the overall acoustical sensitivity of a measurement system

Note 1 to entry: The reference sound pressure level is expressed in decibels.

3.26**sound-incidence angle**

angle between the principal axis of the microphone and a line from the sound source to the centre of the diaphragm of the microphone

Note 1 to entry: When the sound incidence angle is 0°, the sound is said to be received at the microphone at "normal incidence"; when the sound incidence angle is 90°, the sound is said to be received at "grazing incidence".

Note 2 to entry: The sound-incidence angle is expressed in degrees.

4 Purpose

The purpose of this document is to ensure that different measurement systems used for aircraft noise certification have the same electroacoustical characteristics within stated acceptance limits under specified reference environmental conditions. This document does not provide recommendations for installation of microphones or microphone windscreens, nor requirements for measurement and analysis procedures used in aircraft noise certification, but gives only the performance specifications for the measurement systems used to provide sound pressure levels over specific frequency ranges and weightings, averaged over a period of time.

Certain of the requirements apply to the complete measurement system, including any means of recording a time waveform of the sound pressure signal to be measured prior to analysis. Other requirements apply specifically to the microphone, which generates an electrical signal in response to the sound pressure received. Still further requirements apply only to the instruments used to operate on that signal in order to provide an output in the form of one-third-octave-band or weighted sound pressure levels.

The requirements of this document can be applied to the instruments used to measure the sound produced by each category of aircraft covered by certification protocols such as [1]¹ (see Table 1). Three different measurement protocols are mentioned in [1] This document does not provide measurement recommendations for aircraft subject to certification requirements earlier than those in effect at the time of its publication.

Table 1 – ICAO measurement protocols (informative)

ICAO Annex 16 chapter	Aircraft category and mass	Microphone configuration	Noise metric	ICAO Annex 16 Appendix
3, 4 or 14	Subsonic jet, and propeller aircraft > 8 618 kg	Grazing incidence	EPNdB	2
8	Helicopters	Grazing incidence	EPNdB	2
10	Propeller aircraft ≤ 8 618 kg	Ground plane	L_{ASmax}	6
11	Helicopters ≤ 3 175 kg	Grazing incidence	L_{AE}	4
13	Tiltrotors	Grazing incidence	EPNdB	2

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

5 Requirements

5.1 General

5.1.1 Output data

The measurement system shall provide time-indexed one-third-octave-band or A-weighted sound level measurement values as appropriate for the analysis method specified.

For measurements to be used to calculate values in effective perceived noise level (EPNL), the measurement system shall provide time-average one-third-octave-band sound pressure levels covering at least the range of mid-band frequencies from 50 Hz to 10 kHz.

For L_{AE} or L_{ASmax} measurements, the measurement system shall provide either one-third-octave levels, or A-weighted sound pressure levels as provided by instruments conforming to IEC 61672-1. One-third-octave measurements can be converted to the required L_{AE} or L_{ASmax} values in subsequent data-analysis procedures not covered by this document.

5.1.2 Time-pressure history

The measurement system may record the unmodified time-pressure history at the microphone, allowing the original waveform to be reproduced at any time for subsequent processing and analysis, instead of storing the results immediately in one-third-octave or A-weighted values. Some certification requirements specify mandatory recording of time-pressure history along with integrated values. Even when such recording is not required, it is strongly recommended. When time-pressure history is recorded, it shall be an uncompressed, time indexed pulse-code modulation waveform file, along with recordings of calibration events, so that the measurement can be reconstructed in the future to accommodate other weighting or analysis protocols.

5.1.3 Measurements of sound from aircraft ground power units

Measurements of sound levels from aircraft ground power units shall be made with sound level meters in accordance with IEC 61672-1, with particular attention to calibration and the potential influence of the sound scattering properties of the user holding the sound level meter, if present.

5.1.4 Measurements of aircraft operations on the ground

Noise from aircraft operations on the ground, including testing of aircraft engines, is typically measured using grazing incidence microphone systems (see 5.5 for additional provisions) with the principal axis of the microphone oriented vertically, and evaluated using perceived noise level (PNL) or A-weighted sound pressure level (L_{ASmax}) to approximate human perception. Free-field microphones as typically provided with sound level meters may also be used, provided that the angle of sound arrival is within the angles for which free-field sensitivity is within the acceptance limits of 5.5.2.2.

5.2 Measurement uncertainty

5.2.1 Relationship with regulatory requirements

Measurements of acoustic emission for aircraft certification are made in accordance with regulatory requirements of ICAO Annex 16 or national certifying authorities, which establish a noise limit for particular aircraft. Certifying authorities can require documentation of measurement uncertainty to establish confidence that the noise measurement system complies with this document. See Annex B for a discussion of the principles used in establishing measurement uncertainty.

5.2.2 Performance verification

Each component of the system shall be calibrated, with traceability to relevant standards, including any accessories such as preamplifiers used in the measurement. Passive electrical accessories such as cables and connectors need not be included in the analysis. A description of the calibration procedure shall include each step used to derive free-field sensitivity in the directions over which measurements are made. The calibration record should include an analysis of the error margin or uncertainty expected based on manufacturers' data and the uncertainty of the calibrations employed, to a coverage level of 95 %.

5.2.3 Periodic tests

Methods for periodic tests of the electroacoustical performance of a measurement system giving results suitable for comparison with the requirements of this document are described in Annex A. The results of any such tests shall be adjusted to correspond to reference environmental conditions (see 5.3 for additional provisions).

5.3 Reference environmental conditions

Reference environmental conditions for specifying the performance of a measurement system are:

- air temperature 23 °C;
- static air pressure 101,325 kPa;
- relative humidity 50 %.

5.4 Sound calibrator

A sound calibrator compliant with at least the Class 1 or Class 1/C requirements of IEC 60942 shall be used to check the overall acoustical sensitivity of the measurement system. The reference sound pressure level produced in the cavity of the coupler of the sound calibrator shall be calculated for the reference environmental conditions of 5.3, using manufacturer-supplied information on the influence of atmospheric air pressure and temperature if required.

National aircraft certification authorities can permit the use of calibrators meeting lower accuracy requirements, if the additional uncertainty is stated.

5.5 Microphone system

5.5.1 Pressure and free-field type microphones

Microphones used for measurements in accordance with this document are omnidirectional pressure transducers, responding to an instantaneous difference between the incident pressure from the sound field and that of an internal volume of air which is coupled to the sound field through a long acoustic time constant. Microphones are typically referred to as "pressure type" when their transfer function is linear with respect to frequency for sound pressure at the diaphragm, or "free-field type" when the transfer function is linear with respect to frequency for an incident plane progressive wave, which is typically found in "free-field" conditions. Either pressure type or free-field type microphones can be found that meet the performance requirements of 5.5.2 and 5.5.3.

Microphones used in grazing incidence and ground plane microphone configuration are typically referred to as "pressure type" microphones, with substantially uniform frequency response to sound pressure integrated over the diaphragm surface.

Pressure type microphones have substantially uniform free-field sensitivity for distant sound arriving at 90° to the principal axis, and exhibit increased sensitivity at high frequencies for angles closer to normal incidence. Aircraft noise certification standards are based on these characteristics, so that corrections are not required for sound incidence angles within ± 30° of

grazing incidence. Pressure type microphones should not be used where the principal axis of the microphone is oriented toward the sound source.

Free-field type microphones are typically used in sound level meters, and are intended for use where the microphone principal axis is aligned to face a sound source. Measurements made by pointing the microphone toward the sound source, such as for measurement of ground equipment, are typically made with free-field microphones. Provided that they meet the performance requirements of 5.5.2 and 5.5.3, such microphones function over the frequency range of interest as pressure type microphones and are appropriate for use for aircraft certification measurements.

Microphones conforming with the requirements of IEC 61094-4 [2], type WS2P, may be used for measurements in accordance with this document. Other types may be used if they meet the relevant electroacoustic requirements of this document.

5.5.2 Grazing incidence microphone configuration

5.5.2.1 General

Microphones used for grazing incidence measurements in accordance with Appendix 2 or 4 of ICAO Annex 16 are mounted at 1,2 m above ground level, oriented with the diaphragm facing away from the ground and substantially in the plane defined by the reference flight path of the aircraft and the measuring station.

5.5.2.2 Frequency response in the plane of measurement

The free-field sensitivity level of the microphone used in grazing incidence configuration, at 90° to the principal axis of the microphone, at frequencies over at least the range of one-third-octave mid-band frequencies from 50 Hz to 5 kHz, shall be within $\pm 1,0$ dB of that at the reference frequency, and within $\pm 2,0$ dB for mid-band frequencies of 6,3 kHz, 8 kHz and 10 kHz. This response can be verified by applying the manufacturer's correction curve for different angles of incidence to the response as measured in a closed coupler or with an electrostatic actuator, as required by the manufacturer's calibration procedure.

5.5.2.3 Directional response

At each one-third-octave mid-band frequency over the range from 50 Hz to 10 kHz, the free-field sensitivity levels of the microphone used in grazing incidence configuration at sound-incidence angles of 30°, 60°, 90°, 120° and 150° (see Figure 1) shall not differ from the free-field sensitivity level at a sound-incidence angle of 0° ("normal incidence") by more than the values shown in Table 2. The free-field sensitivity level differences at sound-incidence angles between any two adjacent sound incidence angles in Table 2 shall not exceed the acceptance limit for the greater angle.

NOTE The values shown in Table 2 typically correspond to the characteristics of a "half inch" or smaller measurement microphone.

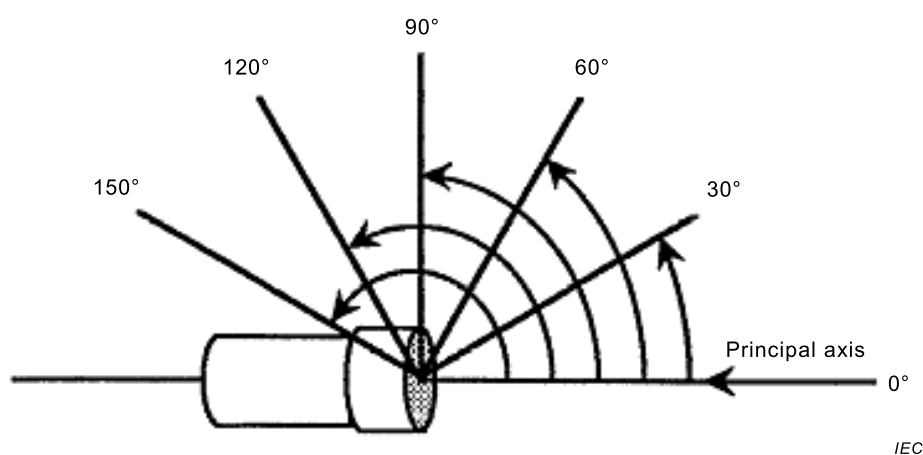


Figure 1 – Illustration of sound incidence angles from the principal axis of the microphone

Table 2 – Maximum difference between the free-field sensitivity level of a microphone used in grazing-incidence microphone configuration at normal incidence and at specified sound incidence angles

One-third-octave mid-band frequency kHz	Maximum difference between free-field sensitivity level at normal incidence and free-field sensitivity level at specified sound incidence angles dB				
	Sound incidence angle °				
	30	60	90	120	150
0,05 to 2,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
2,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5
3,15	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0
4,0	0,5	1,0	2,0	2,5	2,5
5,0	0,5	1,5	2,5	3,0	3,0
6,3	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0
8,0	1,5	2,5	4,0	5,5	5,5
10,0	2,0	3,5	5,5	6,5	7,5

5.5.3 Ground plane microphone configuration

5.5.3.1 General conditions

Microphone systems used for measurements meeting the requirements of Appendix 6 of ICAO Annex 16 are mounted on the ground and have substantially hemispherical pickup, resulting in uniform characteristics for sound arriving from any direction in azimuth, and from any elevation greater than about 10° from the horizon. In this configuration, a microphone having substantially uniform pressure response is placed with its diaphragm parallel to and a short distance above a metal plate which is resting on the ground.

NOTE This configuration permits simple calibration of the response of the microphone system. If the microphone pressure response is uniform, the frequency and directional response of the system is then primarily determined by positioning with respect to the ground plate.

5.5.3.2 Positioning and its effects

Due to pressure doubling as the incident sound wave is reflected by the ground, a microphone in ground plane configuration exhibits increased sensitivity, up to 6 dB higher than that of the incorporated microphone in free space, for sounds arriving from directly above the microphone, diminishing to 1 dB to 2 dB higher for sounds arriving below 20° of elevation. The microphone sensitivity itself does not change, but the output level of the microphone system is increased by the microphone's proximity to the boundary when compared with the same microphone in free space. Certification limits take this increase into consideration when specifying permissible sound pressure levels for aircraft measured using ground plane microphone configuration. The sound pressure recorded by the system is the pressure at the ground surface, including the effects of reflection from the surface.

NOTE A discussion of the response characteristics of ground plane microphones can be found in [3].

5.5.3.3 Frequency response

The pressure sensitivity level of the microphone used in ground plane configuration, at frequencies over at least the range of one-third-octave mid-band frequencies from 50 Hz to 5 kHz, shall be within $\pm 1,0$ dB of that at the reference frequency, and within $\pm 2,0$ dB for mid-band frequencies of 6,3 kHz, 8 kHz and 10 kHz

5.5.4 Measurement configurations

It is the intent of this document to provide guidance on the performance of the microphone and measurement system. Placement of the microphone with respect to the ground and the aircraft is specified in relevant certification protocols, such as [1] and [4].

5.6 Measurement system exclusive of the microphone

5.6.1 Frequency response

For steady sinusoidal electrical signals applied to the input of the measurement system, including the microphone preamplifier, exclusive of the microphone system, at a selected signal level within 5 dB of that corresponding to the reference sound pressure level on the reference level range, the time-average one-third-octave-band signal level indicated by the readout device at any one-third-octave mid-band frequency between 50 Hz and 10 kHz shall be within $\pm 1,5$ dB of that at the reference frequency.

5.6.2 Level linearity

For steady sinusoidal electrical signals applied to the input of the measurement system exclusive of the microphone system, at one-third-octave mid-band frequencies between 50 Hz and 10 kHz, the level non-linearity shall not exceed $\pm 0,4$ dB on the reference level range, and $\pm 0,5$ dB on other relevant level ranges, for a linear operating range of at least 50 dB.

The linear operating ranges on adjacent level ranges, where provided, shall overlap by at least 50 dB minus the change in attenuation introduced by a change in the level range controls.

On the reference level range, the upper boundary of the linear operating range shall be more than 5 dB greater than the reference sound pressure level.

NOTE It is possible for a measurement system to have level range controls that permit attenuation changes of either 10 dB or 1 dB, for example. With 10 dB steps, the minimum overlap required would then be 40 dB, and with 1 dB steps the minimum overlap required would be 49 dB.

On each relevant level range, the upper boundary of the linear operating range shall not differ by more than $\pm 2,0$ dB at each one-third-octave mid-band frequency from the upper boundary of the linear operating range at the reference frequency.

Provision shall be made for an overload indication to be given when an input signal level exceeds the upper boundary of the linear operating range of the reference level range or other relevant ranges. This indication may be in the form of data flags in the digital output of the system.

5.6.3 Floating-range measurement systems

Floating-range measurement systems are subject to the acceptance of the certifying authority.

NOTE It is intended to specify additional requirements for floating-range measurement systems in the next edition of this document.

5.7 Spectrum analysis system

5.7.1 Third-octave analysis

The one-third-octave-band spectrum analysis system shall conform to the class 1 electrical performance requirements of IEC 61260-1, over the range of one-third-octave mid-band frequencies from 50 Hz to 10 kHz, except for the linearity requirement which shall be as specified in 5.6.2. These electrical performance requirements include those for relative attenuation, normalized filter integrated response, linear operating range, real-time operation, anti-alias filters and sensitivity to environmental conditions.

The interval between successive sound pressure level samples shall be $500 \text{ ms} \pm 5 \text{ ms}$. Samples shall correspond to the root-mean-square amplitude of the sound pressure in each one-third-octave band over the interval. Not more than 5 ms of any interval shall be omitted from the average.

5.7.2 Time constants

The one-third-octave-band data for EPNdB analysis is based on time weighting S. The measurements may be performed with or without time weighting S, and the weighting during or after data acquisition respectively.

If S time weighting is used in the measurement system, and implemented in such a way that the output of the measurement system provides only S time weighted values, the response of the one-third octave band filters and detector to a sudden onset or interruption of a constant sinusoidal signal at the respective one-third octave mid-band frequency shall be measured at sampling instants 0,5 s, 1 s, 1,5 s and 2 s after the onset and 0,5 s and 1 s after interruption. The rising response shall be $-4 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$ at 0,5 s, $-1,75 \text{ dB} \pm 0,75 \text{ dB}$ at 1 s, $-1 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$ at 1,5 s and $-0,5 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$ at 2 s relative to the steady-state level. The falling response shall be such that the sum of the output signal levels, relative to the initial steady-state level, and the corresponding rising response reading is $-6,5 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$, at both 0,5 s and 1 s. At subsequent times, the sum of the rising and falling responses shall be $-7,5 \text{ dB}$ or less. This equates to an exponential averaging process (S-time-weighting) with a 1 s time constant (i.e. 2 s averaging time).

When the one-third octave band sound pressure levels are determined from the output of the analyser without S-time-weighting, the operating manual of the measurement system shall so indicate, in order that S-time-weighting is applied as required in the subsequent processing.

5.7.3 Time offset

The instant in time by which an S-time-weighted sound pressure level is characterized is 0,75 s earlier than the actual readout time.

NOTE The specification of this instant in time can be used to correlate the recorded noise with the aircraft position when the noise was emitted and takes into account the averaging period of the S-time-weighting. For each one-half second data record, this instant in time can also be identified as 1,25 s after the start of the associated 2 s averaging period.

5.7.4 Anti-aliasing

Measurement systems in which an analogue input signal is converted to a digital signal shall include an anti-alias filter before the analogue-to-digital conversion. The cut-off frequency of the anti-aliasing filter should be less than 0,5 times the sampling frequency. The anti-alias filter may be intrinsic to the analogue-to-digital converter, as in the case of delta-sigma converters.

5.8 Readout device resolution

Resolution of the sound pressure levels indicated by the readout device or data output format shall be 0,1 dB or better.

5.9 Sensitivity to various environments

5.9.1 General

Requirements concerning the influence on a sound calibrator of ambient pressure, temperature and humidity are given in IEC 60942. Requirements concerning the influence on a sound level meter used for measurement of ground power units are given in IEC 61672-1. The minimum requirements given in 5.9.2 to 5.9.4 apply where other instruments and components of a measurement system are exposed to atmospheric conditions which could affect their sensitivity or function. These requirements apply when the instruments and components concerned have reached equilibrium with the prevailing environmental conditions.

Measurements made in accordance with this document are valid only when the environmental conditions are within the range specified by the manufacturer of the measurement system components. Measurements may be made over a wider range of environmental conditions when applicable test results are provided, acceptable to the national certifying authority, documenting performance of the measurement system over the wider range including the environmental conditions during the test.

5.9.2 Atmospheric pressure

The output signal level of a measurement system at the reference frequency, when the sound calibrator is applied to the microphone and the sound pressure level in the cavity of the coupler has been corrected to allow for the effects of atmospheric pressure, air temperature and humidity, shall not differ by more than $\pm 0,5$ dB from that under reference environmental conditions, over the range of atmospheric pressures from 90 kPa to 110 kPa, at a relative humidity between 55 % and 75 %, and an air temperature between 17 °C and 23 °C.

NOTE The frequency response of a microphone can depend on the static pressure. Using a sound calibrator to establish a reference level for a measurement at the calibration check frequency provides no information on the influence of atmospheric pressure on frequency response.

5.9.3 Air temperature

The output signal level of a measurement system at the reference frequency, when the sound calibrator is applied to the microphone at an atmospheric pressure within 1 % of the reference atmospheric pressure and a relative humidity between 55 % and 75 %, and the sound pressure level in the cavity of the coupler has been corrected to allow for the effects of atmospheric pressure, air temperature and humidity, shall not differ by more than $\pm 0,5$ dB from that under reference environmental conditions over the range of steady air temperatures from -10 °C to $+50$ °C for instruments located outdoors, and from $+5$ °C to $+30$ °C for instruments located in an environmentally-controlled enclosure.

5.9.4 Humidity

The output signal level of a measurement system at the reference frequency, when the sound calibrator is applied to the microphone at an atmospheric pressure within 1 % of the reference atmospheric pressure, and at a temperature between 17 °C and 23 °C and the sound pressure level in the cavity of the coupler has been corrected to allow for the effects of atmospheric pressure, temperature and humidity, shall not differ by more than $\pm 0,5$ dB from that under reference environmental conditions over the range of 55 % to 75 % relative humidity.

5.9.5 Electromagnetic compatibility

5.9.5.1 Reduction of exposure and susceptibility

Measurements made for aircraft noise certification have the goal of demonstrating the lowest possible acoustic signature. Any mechanical or electromagnetic interference will typically add to the noise detected by the microphone, so the user should take all practical steps to reduce exposure and susceptibility to interfering conditions. The equipment should conform to the requirements of [5] for susceptibility to interfering fields.

5.9.5.2 Alternating magnetic fields

The influence of alternating magnetic fields at 50 Hz or 60 Hz (and at harmonics of the fundamental frequency) on the operation of a measurement system shall be reduced as far as practicable. Instruction manuals for components of a measurement system should indicate limitations on use in proximity to a source of alternating magnetic fields.

5.9.5.3 Electrostatic discharge

The influence of electrostatic discharge on the operation of a measurement system shall be reduced as far as practicable. Instruction manuals for components of a measurement system should indicate limitations on use in proximity to a source of electrostatic discharge.

NOTE The influence of electrostatic discharge on components of a measurement system can be determined in accordance with [6].

5.9.5.4 Radio-frequency electromagnetic fields

The influence of radio-frequency electromagnetic fields on the operation of a measurement system shall be reduced as far as practicable. Instruction manuals for components of a measurement system should indicate limitations on use in proximity to a source of radio-frequency electromagnetic fields.

NOTE 1 The influence of radio-frequency electromagnetic fields on components of a measurement system can be determined in accordance with [7].

NOTE 2 Long extension cables which are attached to microphone systems for the measurement of aircraft noise can be sensitive to radio-frequency electromagnetic radiation.

Annex A (informative)

Methods of testing the electroacoustical performance of a measurement system

A.1 General

Annex A describes methods for tests that can be undertaken periodically to demonstrate that the electroacoustical performance of a measurement system continues to remain within the acceptance limits specified in this document. Other methods for the same purpose can also be suitable. The methods used and the time interval between tests can be selected to comply with the requirements of the national authorities responsible for aircraft noise certification. Detailed recommendations for digital audio recording systems can be found in [8]. Such protocols and procedures should be employed for one-third octave band analysers and for other components in the measurement system.

Tests described in Annex A can be conducted under environmental conditions within the following ranges:

- air temperature 19 °C to 25 °C;
- static air pressure 100 kPa to 102 kPa;
- relative humidity 40 % to 70 %.

Corrections specified by the manufacturers of components of the measurement system to take account of the differences between the test conditions and the reference environmental conditions of 5.3 should be included in the test report.

Validation tests are designed to provide an objective, applicable performance specification, a recommended step-by-step test procedure and instructions, with examples for a test-result report.

A.2 Operating conditions for test

The power source, stabilization procedure and test configuration used during evaluation of the measurement system, in accordance with the manufacturer's specification, can be documented and should be consistent throughout the testing process.

A.3 Sound calibrator

NOTE See 5.4.

The sound pressure level, frequency and the total harmonic distortion of the sound pressure signal produced in the cavity of the coupler of the sound calibrator, under the reference environmental conditions of 5.3, are preferably determined using measuring instruments with calibrations traceable to national standards.

A.4 Microphone system frequency response

NOTE See 5.5.

Instruments used for measurements in accordance with this document are primarily pressure type microphones, oriented in specific configurations to achieve uniform free-field response in the direction of the aircraft being tested. When the pressure response is uniform, the free-field sensitivity level of the microphone system at different frequencies, either in the direction of

the flight path for grazing-incidence microphone configuration or for hemispherical response when the microphones are used in ground-plane configuration, is determined by the alteration of the plane progressive wave sound field by the configuration and physical configuration of the microphone system.

Free-field response of a microphone in grazing incidence is determined by adding appropriate free-field corrections at the respective angle of incidence to either the pressure sensitivity level or the electrostatic-actuator response levels, or by another method acceptable to the national authorities responsible for aircraft noise certification. The free-field corrections and procedure for applying them should be supplied by a source acceptable to the national authorities.

Free-field response of a ground plane microphone system is determined primarily by the spacing of the microphone diaphragm from the ground plate and is approximately equivalent to the pressure response of the microphone.

A.5 Frequency response of the measurement system exclusive of the microphone

NOTE See 5.6.1.

Electrical signals from a signal generator capable of producing constant-amplitude sinusoidal signals, having a total harmonic distortion of not more than 0,1 % at any frequency in the range of interest, are inserted through a suitable input facility that passes the signal through all of the measurement system circuits through which the microphone signal passes during actual certification measurements. The input signal level is within 5 dB of the input voltage level corresponding to the reference sound pressure level on the reference level range. For each of the 24 one-third-octave mid-band frequencies from 50 Hz to 10 kHz, the time-average one-third-octave-band signal level indicated by the readout device is noted when the display is steady within 0,1 dB.

A.6 Linear operating range of the measurement system exclusive of the microphone

NOTE See 5.6.2.

For the reference level range and the other relevant level ranges if provided, steady sinusoidal electrical signals are inserted through a suitable input facility at frequencies of at least 50 Hz, 1 kHz, 10 kHz and the reference frequency if it is none of these. The time-average one-third-octave-band signal level indicated by the readout device is noted when the display is steady within 0,1 dB, considering the influence of internally-generated noise at low input signal levels. For each test frequency, the level non-linearity is determined with steps of input signal that are not greater than 5 dB. The steps of input signal level are reduced to 1 dB to determine the extent and the lower and upper boundaries of the linear operating range where the absolute value of the level non-linearity first equals 0,4 dB or 0,5 dB, as appropriate to the level range concerned. Steps of input signal level of 1 dB are used to ascertain that an overload indication is given when the input signal level exceeds the upper boundary of the linear operating ranges.

A.7 Spectrum analysis system

NOTE See 5.7.

Tests of the one-third-octave-band spectrum analysis system are made according to the methods described in IEC 61260-1, for relative attenuation, linear operating range and anti-alias filters.

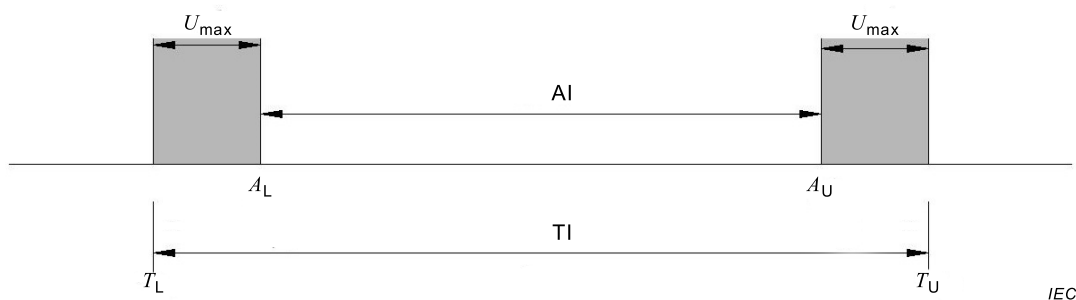
Annex B (informative)

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

This document, in common with others written by IEC TC 29, uses adaptations of the guidelines from [9] (equivalent to the JCGM series of guidance documents from the Joint Committee for Guides in Metrology), as the basis for demonstration that an instrument configuration conforms to the specifications given in this document. The individual components used in assembling a measurement system for aircraft noise certification measurements are covered by their own standards. This document provides guidance on the configuration of a system of components.

National aircraft certifying authorities and international bodies developing standards for aircraft noise certification have incorporated equivalent concepts in their requirements since their inception. An aircraft of a given type is permitted a maximum acoustic impact near ground level when operated over a given flight profile. The acceptance limit and guard band have not been stated separately, instead the maximum sound levels given in certification requirements refer to a measured level including an allowance or guard band for the maximum expected uncertainty. This requirement, at a coverage interval that is acceptable to the certifying authority, was developed using the instrument and configuration requirements specified in this document.

To promote clarity for users and testing laboratories, IEC TC 29 has adopted a policy whereby tolerance limits around design goals are not explicitly stated, but can be determined if required from the specified acceptance limits for allowed deviations from a design goal and the corresponding specified maximum permitted uncertainty of measurement. Users of this document should make their conformity decisions based on [9] and [10], from which the illustration in Figure B.1, which shows a measurement having both lower and upper limits, has been excerpted.



Key

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

SOURCE: [11].

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

The limits of an acceptance interval are associated with the acceptance interval and not with the guard band for the maximum permitted uncertainty of measurement. Hence a measured deviation equal to a limit of an acceptance interval demonstrates conformance to a specification, providing also that the uncertainty of the measurement from the laboratory performing a test does not exceed the specified maximum permitted uncertainty. This consideration can also be helpful in evaluating initial and periodic tests to verify that the components of a measurement system meet the requirements stated in the applicable standards.

Bibliography

- [1] ICAO Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation. *Environmental Protection. Volume I, Aircraft Noise*. Seventh Edition – July 2014
 - [2] IEC 61094-4, *Measurement microphones – Part 4: Specifications for working standard microphones*
 - [3] NASA Technical Paper 2004, Investigation of Effects of Microphone Position and Orientation on Near-Ground Noise Measurements. William L. Willshire, Jr., and Paul A. Nystrom, April 1982
 - [4] ICAO Committee on Aviation Environmental Protection – Environmental Technical Manual on the Use of Procedures for the Noise Certification of Aircraft. DOC 9501 First Edition – 2010
 - [5] IEC 61326-1:2012, *Electrical equipment for measurement, control and laboratory use – EMC requirements – Part 1: General requirements*
 - [6] IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*
 - [7] IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
 - [8] US Department of Transportation, *Validation Protocol for Digital Audio Recorders Used in Aircraft-Noise-Certification Testing*, FAA-AEE-2010-05, DOT-VNTSC-FAA-11-02, NTIS No. PB2011-103068 Final Report, November 2010
 - [9] ISO/IEC Guide 98 (all parts), *Uncertainty of measurement*
 - [10] JCGM 106, *Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment*
 - [11] ISO/IEC Guide 98-4:2012, *Uncertainty of measurement – Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	31
4 Objet	35
5 Exigences.....	36
5.1 Généralités	36
5.1.1 Données de sortie	36
5.1.2 Courbe de pression en fonction du temps	36
5.1.3 Mesures du bruit émis par des groupes électrogènes pour aéronefs	36
5.1.4 Mesure des opérations au sol de l'aéronef.....	37
5.2 Incertitude de mesure	37
5.2.1 Relation avec les exigences réglementaires	37
5.2.2 Vérification des caractéristiques de fonctionnement.....	37
5.2.3 Essais périodiques	37
5.3 Conditions d'environnement de référence	37
5.4 Calibreur acoustique	37
5.5 Système microphonique	38
5.5.1 Microphones à pression et en champ libre	38
5.5.2 Configuration d'un microphone à incidence rasante	38
5.5.3 Configuration d'un microphone à plan de sol	40
5.5.4 Configurations de mesure.....	41
5.6 Système de mesure à l'exclusion du microphone	41
5.6.1 Réponse en fréquence.....	41
5.6.2 Linéarité de niveau	41
5.6.3 Systèmes de mesure à gamme flottante	42
5.7 Système d'analyse spectrale.....	42
5.7.1 Analyse par tiers d'octave.....	42
5.7.2 Constantes de temps	42
5.7.3 Décalage temporel.....	42
5.7.4 Antirepliement	43
5.8 Résolution du dispositif d'affichage	43
5.9 Sensibilité aux différents environnements	43
5.9.1 Généralités	43
5.9.2 Pression atmosphérique	43
5.9.3 Température de l'air	43
5.9.4 Humidité	44
5.9.5 Compatibilité électromagnétique	44
Annexe A (informative) Méthodes d'essai pour la vérification des caractéristiques électroacoustiques d'un système de mesure	45
A.1 Généralités	45
A.2 Conditions de fonctionnement pour les essais.....	45
A.3 Calibreur acoustique	45
A.4 Réponse en fréquence du système microphonique	46
A.5 Réponse en fréquence du système de mesure, à l'exclusion du microphone	46

A.6	Domaine de fonctionnement linéaire pour une gamme de niveaux du système de mesure, à l'exclusion du microphone	46
A.7	Système d'analyse spectrale	47
Annexe B (informative)	Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude maximale admise de mesure	48
Bibliographie	50
Figure 1	– Représentation des angles d'incidence du son à partir de l'axe principal du microphone	39
Figure B.1	– Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admise	49
Tableau 1	– Protocoles de mesure de l'OACI (informative)	36
Tableau 2	– Ecart maximal entre le niveau de sensibilité en champ libre d'un microphone utilisé dans une configuration de microphone à incidence rasante pour une incidence normale et pour des angles d'incidence du son donnés	40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROACOUSTIQUE – INSTRUMENTS POUR LA MESURE DU BRUIT DES AÉRONEFS – EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTÈMES DE MESURE DES NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE POUR LA CERTIFICATION ACOUSTIQUE DES AÉRONEFS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61265 a été établie par le comité d'études 29 de l'IEC: Electroacoustique.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) ajout de recommandations pour les mesures d'aéronefs autres que des gros avions de transport;
- b) ajout de microphones utilisés dans les systèmes de mesure à plan de sol;

- c) ajout de mesures de niveau acoustique pondéré, autres que les mesures par bandes de tiers d'octave, pour certains types d'aéronefs;
- d) révision et clarification des exigences applicables à l'enregistrement audio numérique;
- e) ajout d'exigences pour l'évaluation de l'incertitude de mesure.

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

CDV	Rapport de vote
29/958/CDV	29/980A/RVC

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

Ce document a été rédigé selon les directives ISO/IEC, Partie 2.

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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

L'IEC 61265 fournit des exigences pour les caractéristiques électroacoustiques d'instruments de mesure du bruit produit par des aéronefs en vol ou au sol, ou par un moteur d'aéronef installé sur un banc d'essai extérieur, afin de démontrer la conformité aux limites de certification acoustique des aéronefs établies par les autorités aéronautiques nationales compétentes et d'établir des comparaisons entre des modèles d'aéronefs. Les instruments peuvent être des composants d'un système de mesure complet. Le présent document décrit également des méthodes d'essai qui peuvent être utilisées pour vérifier régulièrement les caractéristiques de fonctionnement de ces instruments.

Les procédures de mesure et d'analyse de données pour la certification acoustique des aéronefs sont décrites dans le Volume I de l'Annexe 16 à la Convention relative à l'aviation civile internationale. Elles sont complétées par d'autres recommandations et descriptions de "procédures équivalentes" acceptables fournies dans le *Manuel technique environnemental*, élaboré par le Comité de la protection de l'environnement en aviation (CAEP) de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI). Collectivement, ces documents sont ici désignés par "Annexe 16 de l'OACI". Les procédures couvrent la mesure et l'analyse du bruit émis par des aéronefs en fonctionnement et, dans certaines circonstances, du bruit produit par des moteurs statiques et par des moteurs soumis à essai, dans des conditions opérationnelles et atmosphériques données.

Certaines des exigences établies dans le présent document diffèrent de celles de l'IEC 61672-1 relatives aux sonomètres, plus particulièrement en ce qui concerne la fréquence et la réponse directionnelle, le domaine de fonctionnement linéaire et la sensibilité à divers environnements. Nombre de ces différences sont liées à l'exigence relative à une réponse uniforme pour une grande diversité d'angles d'arrivée du son lorsqu'un aéronef se déplace au cours du vol d'essai de certification. Si le signal de sortie d'un système de mesure conforme au présent document est traité pour produire un niveau global de pression acoustique dans toutes les bandes de fréquence, le niveau ainsi obtenu peut différer de celui obtenu au moyen d'un sonomètre conforme à l'IEC 61672-1.

Les systèmes conformes au présent document sont utilisés pour effectuer des mesures satisfaisant aux exigences de l'Annexe 16 de l'OACI ou des procédures spécifiques de l'autorité de certification afin de démontrer qu'un aéronef donné satisfait aux limites de niveau acoustique à proximité du sol au cours d'un vol d'essai. L'incertitude de chaque mesure est prise en compte lors de l'établissement des procédures d'essai, et le présent document n'entend pas reproduire l'analyse de l'intervalle de confiance inhérente à la procédure d'essai en vol du bruit.

ÉLECTROACOUSTIQUE – INSTRUMENTS POUR LA MESURE DU BRUIT DES AÉRONEFS – EXIGENCES RELATIVES AUX SYSTÈMES DE MESURE DES NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE POUR LA CERTIFICATION ACOUSTIQUE DES AÉRONEFS

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques électroacoustiques des systèmes instrumentaux utilisés pour la mesure des bruits dans le cadre de la certification acoustique des aéronefs, ainsi que pour l'établissement d'autres comparaisons entre des modèles d'aéronefs, et fournit des méthodes d'essais de vérification périodique qui permettent de s'assurer du maintien des caractéristiques en conformité avec les exigences, à l'intérieur de tolérances spécifiées.

En général, un système de mesure utilisé à cet effet se compose d'une combinaison d'instruments allant du microphone, y compris son écran anti-vent et ses autres accessoires, en passant par des dispositifs d'enregistrement et de traitement des données, jusqu'à un dispositif de sortie approprié. Les différents systèmes de mesure, indépendamment de leur composition, réalisent les fonctions nécessaires de différentes façons et fonctionnent suivant des principes analogiques ou numériques.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 60942, *Electroacoustique – Calibreurs acoustiques*

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

IEC 61672-1, *Electroacoustique – Sonomètres – Partie 1: Spécifications*

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

enregistrement d'étalonnage

courbe de pression en fonction du temps ou valeur consignée obtenu(e) au cours d'une procédure d'étalonnage, comprenant une sortie du système de mesure, l'entrée acoustique étant produite par un calibre acoustique

3.2**niveau effectif de bruit perçu****EPNL**

EPNdB

indice à un chiffre d'évaluation des effets subjectifs du bruit des aéronefs sur les êtres humains, exprimé en décibels (EPNdB), comme décrit dans l'Annexe 16 de l'OACI, Appendice I

Note 1 à l'article: L'abréviation "EPNL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Effective Perceived Noise Level".

3.3**système de mesure à gamme flottante**

système de mesure incorporant une commutation automatique de la gamme de niveaux

3.4**microphone en champ libre**

microphone ayant une réponse en fréquence substantiellement uniforme aux ondes sonores progressives planes arrivant à des angles principalement normaux au plan de la membrane du microphone

3.5**sensibilité en champ libre**

<ystème microphonique> quotient de la valeur efficace de la tension produite à la sortie du système microphonique par la valeur efficace de la pression acoustique qui existerait à l'emplacement du microphone en l'absence de celui-ci, pour une onde progressive plane sinusoïdale de fréquence spécifiée, et pour un angle d'incidence du son spécifié

Note 1 à l'article: La sensibilité en champ libre est exprimée en volts par pascal.

3.6**niveau de sensibilité en champ libre**

<ystème microphonique> vingt fois le logarithme décimal du rapport de sensibilité en champ libre à la sensibilité de référence d'un volt par pascal

Note 1 à l'article: Le niveau de sensibilité en champ libre est exprimé en décibels.

Note 2 à l'article: Le niveau de sensibilité en champ libre peut être déterminé en retranchant le niveau de pression acoustique incident, exprimé en décibels par rapport à 20 μ Pa, du niveau de tension de sortie du système microphonique, exprimé en décibels par rapport à 1 V, le résultant étant majoré de 93,98 dB.

3.7**incidence rasante**

condition dans laquelle le son provenant de la source atteint le microphone essentiellement à un angle d'incidence parallèle au plan de la membrane du microphone

3.8 L_{ASmax}

valeur maximale obtenue au cours d'une période donnée ou d'un événement de niveau de pression acoustique avec pondération fréquentielle A, pondération temporelle S

3.9 L_{AE}

niveau d'exposition au bruit (SEL) de l'intégration, en fonction du temps, d'une pression acoustique avec pondération A au carré pendant une période ou un événement donné, en référence au carré de la pression acoustique de référence de 20 μ Pa, et d'une durée de référence d'une seconde établie par un sonomètre intégrateur conformément à l'Annexe 16 de l'OACI, Appendice 4

Note 1 à l'article: L_{AE} est exprimé en décibels.

EXEMPLE L_{AE} est l'énergie acoustique d'un événement acoustique durant une seconde, qui est égale à l'énergie acoustique de l'événement mesuré pendant l'intervalle de temps où le niveau de pression acoustique avec pondération A se trouve à plus ou moins 10 dB de sa valeur maximale. La valeur est généralement supérieure de 7 dB à 12 dB à la valeur L_{Amax} au cours du même intervalle.

3.10

différence de niveaux

niveau d'un signal de sortie mesuré dans une bande de tiers d'octave, ajusté pour tenir compte de la différence entre les réglages des commandes de gamme de niveaux sur la gamme de niveaux et la gamme de niveaux de référence, moins le niveau du signal d'entrée électrique correspondant

Note 1 à l'article: La différence de niveaux est exprimée en décibels.

3.11

non-linéarité de niveau

écart entre la différence de niveaux mesurée, quelle que soit la gamme de niveaux, pour une fréquence médiane de bande de tiers d'octave choisie, et la différence de niveaux de référence, tous les signaux d'entrée et de sortie étant relatifs à la même grandeur de référence

Note 1 à l'article: La non-linéarité de niveau est exprimée en décibels.

3.12

gamme de niveaux

position de réglage des commandes dont est muni le système de mesure destiné à l'enregistrement et à la mesure de niveau ou à l'analyse spectrale d'un signal de pression acoustique d'entrée

Note 1 à l'article: La gamme de niveaux est exprimée en décibels.

3.13

domaine de fonctionnement linéaire

domaine des niveaux compris entre une limite inférieure et une limite supérieure, correspondant à des signaux électriques sinusoïdaux appliqués en régime permanent à l'entrée d'un système de mesure à l'exclusion du système microphonique, et pour lequel la non-linéarité de niveau est comprise dans les limites des tolérances spécifiées en 5.6.2

Note 1 à l'article: Le domaine de fonctionnement linéaire s'applique à une gamme de niveaux spécifiée et est exprimée en décibels.

3.14

système de mesure

combinaison d'instruments utilisée pour la mesure des niveaux de pression acoustique, incluant un calibre acoustique, un système microphonique, des dispositifs d'enregistrement et de conditionnement du signal, et un système d'analyse spectrale par bandes de tiers d'octave, ou pour la mesure du niveau acoustique avec pondération fréquentielle A, pondération temporelle S comme exigée pour le type d'aéronef évalué

Note 1 à l'article: Le système de mesure couvert par le présent document n'inclut pas les moyens d'analyse pour le calcul d'indicateurs tels que l'EPNL (EPNdB) ou le SEL (L_{AE}).

Note 2 à l'article: En pratique, les installations peuvent inclure un certain nombre de systèmes microphoniques, leurs sorties étant enregistrées simultanément avec un enregistreur multipiste. Les dispositifs d'enregistrement et de conditionnement du signal et/ou l'analyseur de spectres peuvent avoir des canaux parallèles séparés et un système permettant alors de choisir aussi bien une entrée qu'une sortie. Dans le cadre du présent document, chacune des combinaisons formée d'un seul système microphonique et d'un canal d'analyse constitue, avec les autres instruments, un système de mesure complet et distinct auquel s'appliquent les exigences.

3.15

microphone

transducteur électroacoustique convertissant les variations de la pression d'air dans la gamme des fréquences audibles en courant alternatif

Note 1 à l'article: Les microphones utilisés pour la certification du bruit des aéronefs sont généralement du type électrostatique ou "à condensateur", dont l'impédance de sortie requiert l'installation d'un préamplificateur à une position adjacente au microphone, plutôt qu'un équipement externe connecté au microphone au moyen d'un câble.

3.16 **système microphonique**

composants du système de mesure qui produisent un signal électrique de sortie en réponse à un signal acoustique d'entrée et qui comportent généralement un microphone, un préamplificateur, une alimentation électrique, des câbles prolongateurs et d'autres dispositifs nécessaires

3.17 **efficacité en pression**

<système microphonique> quotient de la valeur efficace de la tension produite à la sortie d'un système microphonique par la valeur efficace de la pression acoustique, pour une pression acoustique sinusoïdale d'une fréquence spécifiée au niveau de la membrane du microphone

Note 1 à l'article: L'efficacité en pression est exprimée en volts par pascal.

3.18 **niveau d'efficacité en pression**

<système microphonique> vingt fois le logarithme décimal du rapport de l'efficacité en pression à l'efficacité de référence d'un volt par pascal

Note 1 à l'article: Le niveau d'efficacité en pression est exprimé en décibels.

3.19 **microphone à pression**

microphone présentant une réponse en fréquence substantiellement uniforme à la pression acoustique au niveau de la membrane du microphone

Note 1 à l'article: Pour des fréquences dont la longueur d'onde est longue comparativement au diamètre de la membrane du microphone, les microphones à pression ont généralement une réponse en fréquence uniforme aux ondes progressives planes arrivant à des angles situés substantiellement dans le plan de la membrane du microphone. Ce principe est également décrit par le terme "incidence rasante".

3.20 **axe principal**

droite traversant le centre de la membrane du microphone et orientée perpendiculairement à celui-ci

3.21 **trajectoire de vol de référence**

trajectoire prévue dans l'espace de l'aéronef soumis à essai définie par le protocole d'essai de certification applicable

3.22 **fréquence de référence**

fréquence spécifiée du signal de pression acoustique sinusoïdal produit par le calibre acoustique

Note 1 à l'article: La fréquence de référence est exprimée en hertz.

3.23 **différence de niveaux de référence**

différence de niveaux mesurée sur la gamme de niveaux de référence, pour un signal électrique d'entrée de référence correspondant au niveau de pression acoustique de référence

Note 1 à l'article: La différence de niveaux de référence est exprimée en décibels.

3.24

gamme de niveaux de référence

gamme de niveaux utilisée pour vérifier l'efficacité acoustique du système de mesure et contenant le niveau de pression acoustique de référence

Note 1 à l'article: La gamme de niveaux de référence est exprimée en décibels.

3.25

niveau de pression acoustique de référence

niveau de pression acoustique produit dans des conditions d'environnement de référence, à l'intérieur de la cavité de couplage du calibre acoustique qui est utilisé pour contrôler l'efficacité acoustique d'un système de mesure

Note 1 à l'article: Le niveau de pression acoustique de référence est exprimé en décibels.

3.26

angle d'incidence du son

angle formé par l'axe principal du microphone et par une droite allant de la source sonore vers le centre de la membrane du microphone

Note 1 à l'article: Quand l'angle d'incidence du son est de 0°, on dit que le son arrive au microphone sous "l'incidence normale"; quand l'angle d'incidence du son est de 90°, on dit que le son arrive sous "l'incidence rasante".

Note 2 à l'article: L'angle d'incidence du son est exprimé en degrés.

4 Objet

Le présent document vise à garantir que les différents systèmes de mesure utilisés pour la certification du bruit des aéronefs présentent les mêmes caractéristiques électroacoustiques, dans les limites d'acceptation indiquées et dans les conditions d'environnement de référence spécifiées. Le présent document ne fournit aucune recommandation pour l'installation de microphones ou d'écrans anti-vent de microphones, de même qu'il ne stipule aucune exigence pour les procédures de mesure et d'analyse utilisées dans la certification du bruit des aéronefs, mais il fournit uniquement les spécifications de caractéristiques de fonctionnement pour les systèmes de mesure utilisés pour fournir des niveaux de pression acoustique sur des plages de fréquences et des pondérations spécifiques, moyennées pendant une période de temps.

Certaines des exigences s'appliquent au système de mesure complet, y compris tout dispositif d'enregistrement d'une forme d'onde dans le temps du signal de pression acoustique à mesurer avant l'analyse. D'autres exigences s'appliquent spécifiquement au microphone, qui génère un signal électrique en réponse à la pression acoustique reçue. D'autres exigences encore s'appliquent uniquement aux instruments utilisés pour agir sur ce signal afin de produire une sortie sous la forme d'une bande de tiers d'octave ou de niveaux de pression acoustique pondérés.

Les exigences du présent document peuvent s'appliquer aux instruments utilisés pour mesurer le bruit produit par chaque catégorie d'aéronef couverte par les protocoles de certification indiqués en [1]¹ (voir Tableau 1). Trois différents protocoles de mesure sont mentionnés en [1]. Le présent document ne formule pas de recommandations de mesure pour les aéronefs soumis à des exigences de certification antérieures à celles en vigueur à la date de sa publication.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Tableau 1 – Protocoles de mesure de l'OACI (informative)

Chapitre de l'Annexe 16 de l'OACI	Catégorie et masse de l'aéronef	Configuration du microphone	Indicateur de bruit	Appendice de l'Annexe 16 de l'OACI
3, 4 ou 14	Avion à réaction subsonique et avion à hélices > 8 618 kg	Incidence rasante	EPNdB	2
8	Hélicoptères	Incidence rasante	EPNdB	2
10	Avion à hélice ≤ 8 618 kg	Plan de sol	L_{ASmax}	6
11	Hélicoptères ≤ 3 175 kg	Incidence rasante	L_{AE}	4
13	Tilt-rotors	Incidence rasante	EPNdB	2

5 Exigences

5.1 Généralités

5.1.1 Données de sortie

Le système de mesure doit fournir les valeurs de mesure du niveau acoustique, indexées dans le temps, par bandes de tiers d'octave ou avec pondération A, selon la méthode d'analyse spécifiée.

Pour les mesures à utiliser pour le calcul des valeurs du niveau effectif de bruit perçu (EPNL), le système de mesure doit fournir les moyennes temporelles des niveaux de pression acoustique par bandes de tiers d'octave couvrant au moins la plage des fréquences médianes allant de 50 Hz à 10 kHz.

Pour les mesures L_{AE} ou L_{ASmax} , le système de mesure doit fournir soit les niveaux par bandes de tiers d'octave, soit les niveaux de pression acoustique avec pondération A fournis par des instruments conformes à l'IEC 61672-1. Les mesures par bandes de tiers d'octave peuvent être converties dans les valeurs L_{AE} ou L_{ASmax} exigées au cours de procédures d'analyse de données ultérieures non couvertes par le présent document.

5.1.2 Courbe de pression en fonction du temps

Le système de mesure peut enregistrer la courbe de pression en fonction du temps non modifiée au niveau du microphone, pour permettre de reproduire à tout moment la forme d'onde d'origine à des fins de traitement et d'analyse ultérieurs, plutôt que de stocker les résultats immédiatement en valeurs de tiers d'octave ou en valeurs pondérées A. Certaines exigences de certification imposent un enregistrement obligatoire d'une courbe de pression en fonction du temps accompagnée de valeurs intégrées. Un tel enregistrement est fortement recommandé, même dans les cas où il n'est pas obligatoire. Lorsqu'une courbe de pression en fonction du temps est enregistrée, celle-ci doit être consignée dans un fichier non compressé retraçant les formes d'onde en modulation par impulsions et codage indexées dans le temps, complété par des enregistrements des événements d'étalonnage, de telle sorte que la mesure puisse être reconstruite ultérieurement afin d'étayer d'autres protocoles de pondération ou d'analyse.

5.1.3 Mesures du bruit émis par des groupes électrogènes pour aéronefs

Les mesures de niveaux acoustiques provenant des groupes électrogènes pour aéronefs doivent être réalisées avec des sonomètres conformément à l'IEC 61672-1, en portant une attention particulière à l'étalonnage et à l'influence potentielle des propriétés de diffusion du bruit de l'utilisateur porteur du sonomètre, le cas échéant.

5.1.4 Mesure des opérations au sol de l'aéronef

Le bruit provenant des opérations au sol des aéronefs, y compris des essais de moteurs d'aéronefs, est généralement mesuré à l'aide de systèmes microphoniques à incidence rasante (voir dispositions supplémentaires en 5.5), l'axe principal du microphone étant orienté verticalement, et évalué à partir du niveau de bruit perçu (PNL) ou du niveau de pression acoustique avec pondération A (L_{ASmax}) pour estimer approximativement la perception humaine. Les microphones en champ libre, généralement fournis avec des sonomètres, peuvent également être utilisés à condition que l'angle d'arrivée du son soit compris dans les limites des angles pour lesquelles la sensibilité en champ libre se trouve dans les limites d'acceptation du 5.5.2.2.

5.2 Incertitude de mesure

5.2.1 Relation avec les exigences réglementaires

Les mesures des émissions acoustiques dans le cadre d'une certification d'aéronef sont effectuées conformément aux exigences réglementaires de l'Annexe 16 de l'OACI ou d'autorités de certification nationales, qui établissent une limite de bruit pour un aéronef donné. Les autorités de certification peuvent exiger que l'incertitude de mesure soit documentée afin d'apporter la garantie que le système de mesure du bruit est conforme au présent document. Voir l'Annexe B concernant les principes utilisés pour l'établissement de l'incertitude de mesure.

5.2.2 Vérification des caractéristiques de fonctionnement

Chaque composant du système doit être étalonné et raccordé aux étalons nationaux, y compris tout accessoire (préamplificateurs, par exemple) utilisé dans la mesure. Il n'est pas nécessaire d'inclure dans l'analyse les accessoires électriques passifs, tels que les câbles et connecteurs. Une description de la procédure d'étalonnage doit inclure chaque étape utilisée pour dériver la sensibilité en champ libre dans les directions dans lesquelles sont effectuées les mesures. Il convient que l'enregistrement d'étalonnage inclue une analyse de la marge d'erreur ou de l'incertitude attendue, en fonction des données des fabricants et de l'incertitude des étalonnages employés, jusqu'à un niveau de couverture de 95 %.

5.2.3 Essais périodiques

Les méthodes pour les essais périodiques des caractéristiques électroacoustiques d'un système de mesure produisant des résultats adaptés à une comparaison avec les exigences du présent document sont décrites dans l'Annexe A. Les résultats de tels essais doivent être ajustés pour coïncider avec les conditions d'environnement de référence (voir dispositions supplémentaires en 5.3).

5.3 Conditions d'environnement de référence

Les conditions d'environnement de référence pour la spécification des caractéristiques d'un système de mesure sont:

- température de l'air 23 °C;
- pression atmosphérique statique 101,325 kPa;
- humidité relative 50 %.

5.4 Calibreur acoustique

Le calibreur acoustique utilisé pour contrôler l'efficacité acoustique globale du système de mesure doit au moins être conforme aux exigences de la classe 1 ou de la classe 1/C de l'IEC 60942. Le niveau de pression acoustique de référence produit dans la cavité de couplage du calibreur acoustique doit être calculé pour les conditions d'environnement de référence de 5.3, en utilisant les informations fournies par le fabricant concernant l'influence de la pression atmosphérique et de la température, si besoin.

Les autorités de certification aéronautique nationales peuvent autoriser l'utilisation de calibreurs répondant à des exigences de précision inférieures, si l'incertitude supplémentaire est indiquée.

5.5 Système microphonique

5.5.1 Microphones à pression et en champ libre

Les microphones utilisés pour des mesures conformément au présent document sont des transducteurs de pression omnidirectionnels, qui répondent à une différence instantanée entre la pression incidente du champ acoustique et celle d'un volume d'air interne qui est couplé au champ acoustique à travers une longue constante de temps acoustique. Les microphones sont généralement qualifiés de "microphones à pression" lorsque leur fonction de transfert est linéaire par rapport à la fréquence pour une pression acoustique au niveau de la membrane. Ils sont qualifiés de "microphones en champ libre" lorsque la fonction de transfert est linéaire par rapport à la fréquence pour une onde progressive plane incidente, habituellement observée dans des conditions de "champ libre". Des microphones à pression ou en champ libre peuvent aussi bien satisfaire aux exigences de 5.5.2 et 5.5.3 relatives aux caractéristiques de fonctionnement.

Les microphones utilisés dans une configuration de microphone à incidence rasante et à plan de sol sont généralement qualifiés de "microphones à pression", qui présentent une réponse en fréquence substantiellement uniforme à la pression acoustique intégrée sur la surface de la membrane.

Les microphones à pression ont une sensibilité en champ libre substantiellement uniforme pour le bruit distant arrivant à 90° par rapport à l'axe principal et présentent une sensibilité accrue à des fréquences élevées pour des angles plus proches de l'incidence normale. Les normes de certification acoustique des aéronefs sont fondées sur ces caractéristiques, de sorte qu'aucune correction ne soit nécessaire pour des angles d'incidence du son se trouvant à $\pm 30^\circ$ de l'incidence rasante. Il convient de ne pas utiliser de microphones à pression lorsque l'axe principal du microphone est orienté vers la source de bruit.

Les microphones en champ libre sont généralement utilisés dans des sonomètres et sont destinés à être utilisés lorsque l'axe principal du microphone est aligné pour faire face à une source de bruit. Les mesures effectuées en pointant le microphone vers la source de bruit, par exemple pour une mesure d'équipements de servitude, sont généralement effectuées à l'aide de microphones en champ libre. Sous réserve qu'ils satisfassent aux exigences de 5.5.2 et 5.5.3 relatives aux caractéristiques de fonctionnement, ces microphones fonctionnent sur la plage de fréquences considérée de la même manière que des microphones à pression et sont adaptés à une utilisation pour des mesures de certification d'aéronefs.

Les microphones conformes aux exigences de l'IEC 61094-4 [2], type WS2P, peuvent être utilisés pour les mesures conformément au présent document. D'autres types peuvent être utilisés s'ils satisfont aux exigences électroacoustiques applicables du présent document.

5.5.2 Configuration d'un microphone à incidence rasante

5.5.2.1 Généralités

Les microphones utilisés pour des mesures de l'incidence rasante conformément à l'Appendice 2 ou 4 de l'Annexe 16 de l'OACI sont montés à 1,2 m au-dessus du niveau du sol, orientés de telle sorte que la membrane se trouve dans la direction opposée du sol et principalement dans le plan défini par la trajectoire de vol de référence de l'aéronef et par la station de mesure.

5.5.2.2 Réponse en fréquence dans le plan de mesure

Le niveau de sensibilité en champ libre du microphone utilisé dans une configuration à incidence rasante, à 90° de l'axe principal du microphone, pour des fréquences couvrant au moins la plage des fréquences médianes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 5 kHz, doit être le même à $\pm 1,0$ dB près que celui correspondant à la fréquence de référence, et à $\pm 2,0$ dB près pour les fréquences médianes de 6,3 kHz, 8 kHz et 10 kHz. Cette réponse peut être vérifiée en appliquant la courbe de correction du fabricant pour différents angles d'incidence à la réponse mesurée dans un coupleur fermé ou avec une grille d'entraînement, selon les exigences de la procédure d'étalonnage du fabricant.

5.5.2.3 Réponse directionnelle

Pour chaque fréquence médiane de bande de tiers d'octave comprise dans la plage de 50 Hz à 10 kHz, les niveaux de sensibilité en champ libre du microphone utilisé dans la configuration à incidence rasante pour des angles d'incidence du son de 30° , 60° , 90° , 120° et 150° (voir Figure 1) ne doivent pas s'écarter du niveau de sensibilité en champ libre correspondant à un angle d'incidence du son de 0° ("incidence normale") d'une valeur supérieure à celles portées dans le Tableau 2. Les différences de niveaux de sensibilité en champ libre pour des angles d'incidence du son compris entre deux valeurs adjacentes quelconques du Tableau 2 ne doivent pas dépasser la limite d'acceptation correspondant à l'angle supérieur.

NOTE Les valeurs indiquées dans le Tableau 2 correspondent généralement aux caractéristiques d'un microphone de mesure de "un demi-pouce" ou moins.

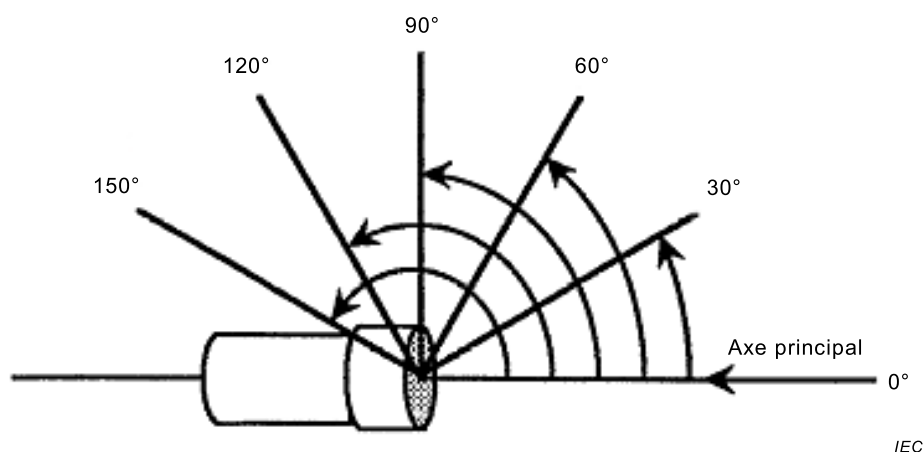


Figure 1 – Représentation des angles d'incidence du son à partir de l'axe principal du microphone

Tableau 2 – Ecart maximal entre le niveau de sensibilité en champ libre d'un microphone utilisé dans une configuration de microphone à incidence rasante pour une incidence normale et pour des angles d'incidence du son donnés

Fréquence médiane de tiers d'octave kHz	Ecart maximal entre le niveau de sensibilité en champ libre en incidence normale et le niveau de sensibilité en champ libre correspondant aux angles d'incidence du son donné dB				
	Angle d'incidence du son °				
	30	60	90	120	150
0,05 à 2,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
2,5	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5
3,15	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0
4,0	0,5	1,0	2,0	2,5	2,5
5,0	0,5	1,5	2,5	3,0	3,0
6,3	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0
8,0	1,5	2,5	4,0	5,5	5,5
10,0	2,0	3,5	5,5	6,5	7,5

5.5.3 Configuration d'un microphone à plan de sol

5.5.3.1 Conditions générales

Les systèmes microphoniques utilisés pour des mesures satisfaisant aux exigences de l'Appendice 6 de l'Annexe 16 de l'OACI sont montés sur le sol et ont une capture essentiellement hémisphérique, produisant des caractéristiques uniformes pour le bruit arrivant dans n'importe quelle direction azimutale et depuis n'importe quelle altitude supérieure à environ 10° par rapport à la ligne d'horizon. Dans cette configuration, un microphone ayant une réponse en pression substantiellement uniforme est disposé de telle sorte que sa membrane soit parallèle à une plaque métallique posée au sol et qu'elle se trouve à courte distance de celle-ci.

NOTE Cette configuration permet un étalonnage simple de la réponse du système microphonique. Si la réponse en pression du microphone est uniforme, la fréquence et la réponse directionnelle du système sont principalement déterminées par son positionnement par rapport à la plaque au sol.

5.5.3.2 Positionnement et effets du positionnement

Puisque la pression double lorsque l'onde sonore incidente est réfléchiée par le sol, un microphone dans une configuration de plan de sol présente une sensibilité accrue: jusqu'à 6 dB de plus que celle d'un microphone incorporé dans l'espace libre pour des sons arrivant directement au-dessus du microphone, mais seulement 1 dB à 2 dB de plus pour les sons émis à une altitude inférieure à 20°. L'efficacité du microphone en soi ne varie pas, mais le niveau de sortie du système microphonique augmente à mesure que le microphone se rapproche de la limite, comparativement au même microphone dans l'espace libre. Les limites de certification tiennent compte de cette augmentation lors de la spécification des niveaux de pression acoustique admissibles pour des aéronefs mesurés avec une configuration de microphone à plan de sol. La pression acoustique enregistrée par le système correspond à la pression à la surface du sol, incluant les effets de réflexion de la surface.

NOTE Une discussion portant sur les caractéristiques de réponse des microphones à plan de sol est disponible en [3].

5.5.3.3 Réponse en fréquence

Le niveau d'efficacité en pression du microphone utilisé dans une configuration à plan de sol, pour des fréquences couvrant au moins la plage des fréquences médianes de tiers d'octave comprise entre 50 Hz et 5 kHz, doit être le même à $\pm 1,0$ dB près que celui correspondant à la fréquence de référence, et à $\pm 2,0$ dB près pour les fréquences médianes de 6,3 kHz, 8 kHz et 10 kHz.

5.5.4 Configurations de mesure

Le présent document entend fournir des recommandations relatives aux caractéristiques de fonctionnement du microphone et du système de mesure. Le positionnement du microphone par rapport au sol et à l'aéronef est spécifié dans les protocoles de certification applicables, par exemple [1] et [4].

5.6 Système de mesure à l'exclusion du microphone

5.6.1 Réponse en fréquence

Pour des signaux électriques sinusoïdaux appliqués en régime permanent à l'entrée du système de mesure, comprenant le préamplificateur du microphone mais à l'exclusion du système microphonique, et pour un niveau de signal égal à 5 dB près au niveau correspondant au niveau de pression acoustique de référence dans la gamme de niveaux de référence, la valeur indiquée par le dispositif indicateur de sortie et correspondant à la moyenne temporelle de signaux en bandes de tiers d'octave doit être égale à $\pm 1,5$ dB près au niveau correspondant à la fréquence de référence, pour toute fréquence correspondant aux fréquences médianes des bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 10 kHz.

5.6.2 Linéarité de niveau

Pour des signaux électriques sinusoïdaux appliqués en régime permanent à l'entrée du système de mesure à l'exclusion du système microphonique et pour des fréquences correspondant aux fréquences médianes des bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 10 kHz, la non-linéarité de niveau ne doit pas excéder $\pm 0,4$ dB sur la gamme de niveaux de référence et $\pm 0,5$ dB sur les autres gammes de niveaux concernées, pour un domaine de fonctionnement linéaire d'au moins 50 dB.

Les domaines de fonctionnement linéaires sur des gammes de niveaux adjacentes, lorsqu'ils sont fournis, doivent se recouvrir sur au moins 50 dB, moins la variation d'affaiblissement introduite par un changement des réglages des commandes.

Sur la gamme de niveaux de référence, la limite supérieure du domaine de fonctionnement linéaire doit dépasser le niveau correspondant au niveau de pression acoustique de référence de plus de 5 dB.

NOTE Il est possible qu'un système de mesure possède des réglages des commandes qui admettent des variations d'affaiblissement par pas de variation de 10 dB ou 1 dB, par exemple. Le recouvrement minimal sera alors de 40 dB pour des pas de variation de 10 dB et de 49 dB pour des pas de variation de 1 dB.

Sur chaque gamme de niveaux concernée, la limite supérieure du domaine de fonctionnement linéaire ne doit pas différer de plus de $\pm 2,0$ dB de la limite supérieure du domaine de fonctionnement linéaire correspondant à la fréquence de référence, ceci pour chacune des fréquences correspondant aux fréquences médianes des bandes de tiers d'octave.

Des dispositions doivent être prises pour fournir une indication de surcharge lorsque le niveau du signal d'entrée dépasse la limite supérieure du domaine de fonctionnement linéaire sur la gamme de niveaux de référence ou sur les autres gammes de niveaux concernées. Cette indication peut se présenter sous la forme de drapeaux de données dans la sortie numérique du système.

5.6.3 Systèmes de mesure à gamme flottante

Les systèmes de mesure à gamme flottante sont soumis à l'acceptation de l'autorité de certification.

NOTE Il est prévu de spécifier des exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure à gamme flottante dans la prochaine édition du présent document.

5.7 Système d'analyse spectrale

5.7.1 Analyse par tiers d'octave

Le système d'analyse spectrale par bandes de tiers d'octave doit être conforme aux exigences de la classe 1 pour les caractéristiques électriques de l'IEC 61260-1, sur la plage des fréquences correspondant aux fréquences médianes des bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 10 kHz, à l'exception de l'exigence de linéarité, qui doit être comme spécifiée en 5.6.2. Ces exigences pour les caractéristiques électriques concernent l'affaiblissement relatif, la réponse intégrée des filtres normalisés, le domaine de fonctionnement linéaire, le fonctionnement en temps réel, les filtres antirepliement et la sensibilité aux conditions d'environnement.

L'intervalle entre des échantillons de niveau de pression acoustique successifs doit être de 500 ms \pm 5 ms. Les échantillons doivent correspondre à l'amplitude efficace de la pression acoustique dans chaque bande de tiers d'octave sur l'intervalle. Pas plus de 5 ms de tout intervalle ne doit être omis de la moyenne.

5.7.2 Constantes de temps

Les données des bandes de tiers d'octave pour l'analyse EPNdB sont fondées sur une pondération temporelle S. Les mesures peuvent être effectuées avec ou sans pondération temporelle S et la pondération pendant ou après l'acquisition de données, respectivement.

Si une pondération temporelle S est utilisée dans le système de mesure et mise en œuvre de telle sorte que la sortie du système de mesure fournisse uniquement des valeurs avec pondération temporelle S, la réponse des filtres et du détecteur de bande de tiers d'octave au début soudain ou à l'interruption soudaine d'un signal sinusoïdal constant à la fréquence médiane des bandes de tiers d'octave correspondante doit être mesurée aux instants d'échantillonnage 0,5 s, 1 s, 1,5 s et 2 s après le début et 0,5 s et 1 s après l'interruption. La réponse ascendante doit être de $-4 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$ à 0,5 s, de $-1,75 \text{ dB} \pm 0,75 \text{ dB}$ à 1 s, de $-1 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$ à 1,5 s et de $-0,5 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$ à 2 s par rapport au niveau correspondant au régime permanent. La réponse descendante doit être telle que la somme des niveaux du signal de sortie, par rapport au niveau initial correspondant au régime permanent, et de la valeur indiquée de réponse ascendante correspondante soit égale à $-6,5 \text{ dB} \pm 1 \text{ dB}$, pour 0,5 s et 1 s. A des points ultérieurs dans le temps, la somme des réponses ascendante et descendante doit être inférieure ou égale à $-7,5 \text{ dB}$. Ceci correspond à un processus de moyennage exponentiel (pondération temporelle S) avec une constante de temps d'1 s (c'est-à-dire une durée de moyennage de 2 s).

Lorsque les niveaux de pression acoustique des bandes de tiers d'octave sont déterminés à partir de la sortie de l'analyseur sans pondération temporelle S, la notice d'utilisation du système de mesure doit l'indiquer afin que la pondération temporelle S soit appliquée dans la suite du traitement, comme nécessaire.

5.7.3 Décalage temporel

L'instant dans le temps auquel est caractérisé un niveau de pression acoustique avec pondération temporelle S est de 0,75 s avant le temps de lecture effectif.

NOTE La spécification de cet instant dans le temps peut être utilisée pour corrélérer le bruit enregistré avec la position de l'aéronef au moment de l'émission du bruit et tient compte de la période de moyennage de la pondération temporelle S. Pour chaque enregistrement de données d'une demi-seconde, cet instant dans le temps peut également être identifié comme étant égal à 1,25 s après le début de la période de moyennage de 2 s associée.

5.7.4 Antirepliement

Les systèmes de mesure dans lesquels un signal d'entrée analogique est converti en un signal numérique doivent inclure un filtre antirepliement avant la conversion analogique-numérique. Il convient que la fréquence de coupure du filtre antirepliement soit inférieure à 0,5 fois la fréquence d'échantillonnage. Le filtre antirepliement peut être intégré au convertisseur analogique-numérique, comme dans le cas de convertisseurs delta-sigma.

5.8 Résolution du dispositif d'affichage

La résolution des niveaux de pression acoustique indiqués par le dispositif d'affichage ou par le format de sortie des données doit être de 0,1 dB ou meilleure.

5.9 Sensibilité aux différents environnements

5.9.1 Généralités

Les exigences relatives à l'influence de la pression ambiante, de la température et de l'humidité relative sur le calibre acoustique sont données dans l'IEC 60942. Les exigences relatives à l'influence de ces paramètres sur un sonomètre utilisé pour la mesure de groupes électrogènes sont données dans l'IEC 61672-1. Les exigences minimales indiquées aux paragraphes 5.9.2 à 5.9.4 s'appliquent lorsque les autres instruments et composants d'un système de mesure sont exposés à des conditions atmosphériques qui pourraient affecter leur sensibilité ou leur fonctionnement. Ces exigences s'appliquent lorsque les instruments et composants concernés ont atteint un état d'équilibre avec les conditions d'environnement régnautes.

Les mesures effectuées conformément au présent document sont valides uniquement lorsque les conditions d'environnement se situent dans la plage spécifiée par le fabricant de composants du système de mesure. Des mesures peuvent être réalisées sur une plus large plage de conditions d'environnement lorsque les résultats d'essai applicables sont fournis, qu'ils sont reconnus acceptables par l'autorité de certification nationale, et qu'ils décrivent les caractéristiques du système de mesure sur la plage élargie, y compris les conditions d'environnement pendant le déroulement de l'essai.

5.9.2 Pression atmosphérique

Le niveau du signal de sortie d'un système de mesure à la fréquence de référence, lorsque le calibre acoustique est couplé au microphone et que le niveau de pression acoustique produit dans la cavité du coupleur a été corrigé pour tenir compte des effets de la pression atmosphérique, de la température de l'air et de l'humidité, ne doit pas différer de plus de $\pm 0,5$ dB du niveau obtenu dans les conditions d'environnement de référence, pour des pressions atmosphériques comprises entre 90 kPa et 110 kPa, le taux d'humidité relative étant compris entre 55 % et 75 %, et la température de l'air étant comprise entre 17 °C et 23 °C.

NOTE La réponse en fréquence d'un microphone peut dépendre de la pression statique. L'utilisation d'un calibre acoustique pour établir un niveau de référence pour une mesure à la fréquence de vérification d'étalonnage ne donne aucun renseignement sur l'influence de la pression atmosphérique sur la réponse en fréquence.

5.9.3 Température de l'air

Le niveau du signal de sortie d'un système de mesure à la fréquence de référence, lorsque le calibre acoustique est couplé au microphone, la pression atmosphérique étant égale à 1 % près à la pression atmosphérique de référence, le taux d'humidité relative étant compris entre 55 % et 75 %, et le niveau de pression acoustique produit dans la cavité du coupleur ayant été corrigé pour tenir compte des effets de la pression atmosphérique, de la température de l'air et de l'humidité, ne doit pas différer de plus de $\pm 0,5$ dB du niveau obtenu dans les conditions d'environnement de référence, pour des températures ambiantes comprises entre -10 °C et $+50$ °C pour les instruments placés en plein air et entre $+5$ °C et $+30$ °C pour les instruments disposés dans un local climatisé.

5.9.4 Humidité

Le niveau du signal de sortie d'un système de mesure à la fréquence de référence, lorsque le calibre acoustique est couplé au microphone, la pression atmosphérique étant égale à 1 % près à la pression atmosphérique de référence, la température de l'air étant comprise entre 17 °C et 23 °C, et le niveau de pression acoustique produit dans la cavité du coupleur ayant été corrigé pour tenir compte des effets de la pression atmosphérique, de la température et de l'humidité, ne doit pas différer de plus de $\pm 0,5$ dB du niveau obtenu dans les conditions d'environnement de référence à un taux d'humidité relative compris entre 55 % et 75 %.

5.9.5 Compatibilité électromagnétique

5.9.5.1 Réduction de l'exposition et de la sensibilité

Les mesures effectuées pour la certification du bruit des aéronefs ont pour but de démontrer la plus faible signature acoustique possible. Toute interférence mécanique ou électromagnétique a généralement tendance à augmenter le bruit détecté par le microphone, c'est pourquoi il convient que l'utilisateur prenne toutes les dispositions pratiques pour réduire l'exposition et la sensibilité aux conditions parasites. Il convient que l'équipement soit conforme aux exigences de [5] pour la sensibilité aux champs parasites.

5.9.5.2 Champs magnétiques alternatifs

L'influence des champs magnétiques alternatifs de 50 Hz ou 60 Hz (et aux harmoniques de la fréquence fondamentale) sur le fonctionnement du système de mesure doit être aussi faible que possible. Il convient que les notices d'utilisation des composants du système de mesure indiquent les restrictions d'utilisation à proximité d'une source de champs magnétiques alternatifs.

5.9.5.3 Décharge électrostatique

L'influence des décharges électrostatiques sur le fonctionnement du système de mesure doit être aussi faible que possible. Il convient que les notices d'utilisation des composants du système de mesure indiquent les restrictions d'utilisation à proximité d'une source de décharges électrostatiques.

NOTE L'influence des décharges électrostatiques sur les composants d'un système de mesure peut être déterminée conformément à [6].

5.9.5.4 Champs électromagnétiques en radiofréquence

L'influence des champs électromagnétiques en radiofréquence sur le fonctionnement du système de mesure doit être aussi faible que possible. Il convient que les notices d'utilisation des composants du système de mesure indiquent les restrictions d'utilisation à proximité d'une source de champs électromagnétiques en radiofréquence.

NOTE 1 L'influence des champs électromagnétiques en radiofréquence sur les composants d'un système de mesure peut être déterminée conformément à [7].

NOTE 2 Les câbles prolongateurs de grande longueur reliés aux systèmes microphoniques pour la mesure du bruit des aéronefs peuvent être sensibles aux rayonnements électromagnétiques en radiofréquence.

Annexe A (informative)

Méthodes d'essai pour la vérification des caractéristiques électroacoustiques d'un système de mesure

A.1 Généralités

L'Annexe A décrit des méthodes d'essai qui peuvent être entreprises périodiquement afin de s'assurer que les caractéristiques électroacoustiques d'un système de mesure restent toujours comprises dans les limites d'acceptation spécifiées dans le présent document. D'autres méthodes peuvent être utilisées dans le même but. Les méthodes utilisées et l'intervalle entre essais peuvent être choisis conformément aux exigences des autorités nationales responsables de la certification acoustique des aéronefs. Des recommandations détaillées pour les systèmes d'enregistrement audio numériques peuvent être trouvées en [8]. Il convient d'employer ces protocoles et procédures pour les analyseurs de bandes de tiers d'octave et pour les autres composants du système de mesure.

Les essais décrits dans l'Annexe A peuvent être effectués dans des conditions d'environnement comprises dans les limites suivantes:

- température de l'air 19 °C à 25 °C;
- pression atmosphérique statique 100 kPa à 102 kPa;
- humidité relative 40 % à 70 %.

Il convient d'inclure dans le rapport d'essais les corrections spécifiées par les fabricants des composants du système de mesure pour tenir compte des différences entre les conditions d'essai et les conditions d'environnement de référence de 5.3.

Les essais de validation sont destinés à fournir une spécification de caractéristiques objective et applicable, ainsi qu'une procédure et des instructions d'essai pas à pas recommandées, étayées par des exemples pour inclusion dans un rapport de résultats d'essai.

A.2 Conditions de fonctionnement pour les essais

La source d'alimentation, la procédure de stabilisation et la configuration de l'essai utilisées au cours de l'évaluation du système de mesure, conformément aux spécifications du fabricant, peuvent être documentées et il convient d'en garantir la cohérence tout au long du processus d'essai.

A.3 Calibreur acoustique

NOTE Voir 5.4.

Le niveau de pression acoustique, la fréquence et la distorsion harmonique totale du signal de pression acoustique produit dans la cavité de couplage du calibreur acoustique, dans les conditions d'environnement de référence indiquées en 5.3, sont de préférence déterminés à l'aide d'instruments de mesure raccordés aux étalons nationaux.

A.4 Réponse en fréquence du système microphonique

NOTE Voir 5.5.

Les instruments utilisés pour les mesures conformément au présent document sont principalement des microphones à pression, orientés dans des configurations spécifiques afin de produire une réponse en champ libre uniforme dans la direction de l'aéronef soumis à essai. Lorsque la réponse en pression est uniforme, le niveau de sensibilité en champ libre du système microphonique, pour différentes fréquences, et dans la direction de la trajectoire de vol pour le cas d'une configuration de microphone à incidence rasante ou pour une réponse hémisphérique dans le cas de microphones utilisés dans une configuration de plan de sol, est déterminé par l'altération du champ sonore progressif plan liée à la configuration et à la configuration physique du système microphonique.

La réponse en champ libre d'un microphone à incidence rasante est déterminée en ajoutant les corrections de champ libre appropriées pour l'angle d'incidence concerné soit au niveau d'efficacité en pression soit aux niveaux de réponse obtenus à l'aide de la grille d'entraînement électrostatique, ou par une autre méthode agréée par les autorités nationales responsables de la certification acoustique des aéronefs. Il convient de fournir les corrections de champ libre ainsi que la procédure pour les appliquer à partir d'une source agréée par les autorités nationales.

La réponse en champ libre d'un système microphonique à plan de sol est déterminée principalement par l'espacement de la membrane du microphone par rapport à la plaque au sol et est approximativement équivalente à la réponse en pression du microphone.

A.5 Réponse en fréquence du système de mesure, à l'exclusion du microphone

NOTE Voir 5.6.1.

Des signaux électriques provenant d'un générateur capable de produire des signaux sinusoïdaux d'amplitude constante et présentant une distorsion harmonique totale n'excédant pas 0,1 % pour toute fréquence comprise dans la plage utile, sont appliqués à l'entrée à l'aide d'un dispositif convenable qui transmet le signal à l'ensemble des circuits du système de mesure par lesquels passe le signal du microphone au cours des mesures de certification réelles. Le niveau du signal d'entrée est égal, à 5 dB près, au niveau de la tension d'entrée correspondant au niveau de pression acoustique de référence sur la gamme de niveaux de référence. La moyenne temporelle des niveaux des signaux en bandes de tiers d'octave indiquée par le dispositif indicateur pour chacune des 24 fréquences correspondant aux fréquences médianes des bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 10 kHz, est relevée lorsque le résultat affiché est stable à 0,1 dB près.

A.6 Domaine de fonctionnement linéaire pour une gamme de niveaux du système de mesure, à l'exclusion du microphone

NOTE Voir 5.6.2.

Des signaux électriques sinusoïdaux en régime permanent sont appliqués à l'entrée, à l'aide d'un dispositif convenable, au moins pour les fréquences de 50 Hz, 1 kHz et 10 kHz, ainsi que pour la fréquence de référence si celle-ci ne correspond à aucune des fréquences précédentes, les essais étant effectués sur la gamme des niveaux de référence et sur les autres gammes de niveaux concernées, le cas échéant. La moyenne temporelle des niveaux des signaux en bandes de tiers d'octave indiquée par le dispositif indicateur est relevée lorsque le résultat affiché est stable à 0,1 dB près, de manière à tenir compte de l'influence du bruit propre du système pour les signaux d'entrée de faibles niveaux. Pour chaque fréquence d'essai, la non-linéarité de niveau est déterminée pour des pas de variation du niveau de signal d'entrée n'excédant pas 5 dB. Les pas de variation du niveau de signal d'entrée sont réduits à 1 dB pour déterminer l'étendue ainsi que les limites supérieure et

inférieure du domaine de fonctionnement linéaire, alors que la non-linéarité de niveau atteint 0,4 dB ou 0,5 dB, selon la gamme de niveaux concernée. Des pas de variation du niveau de signal d'entrée de 1 dB sont utilisés pour s'assurer qu'une indication de surcharge est donnée lorsque le niveau du signal d'entrée dépasse la limite supérieure des domaines de fonctionnement linéaires.

A.7 Système d'analyse spectrale

NOTE Voir 5.7.

Les essais concernant le système d'analyse spectrale par bandes de tiers d'octave sont effectués conformément aux méthodes décrites dans l'IEC 61260-1 pour l'affaiblissement relatif, le domaine de fonctionnement linéaire et les filtres antirepliement.

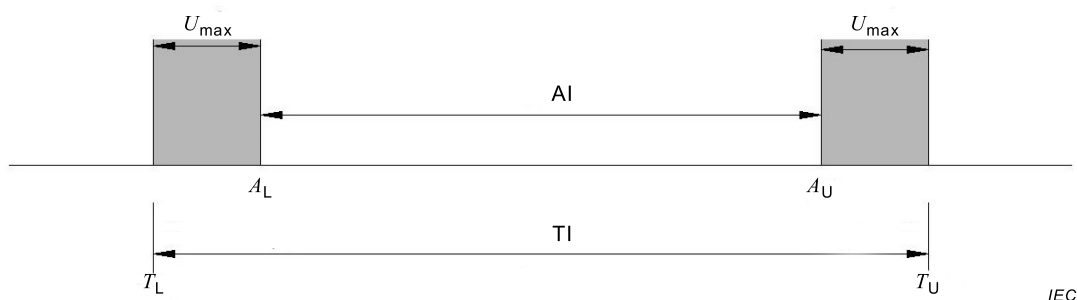
Annexe B (informative)

Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude maximale admise de mesure

Le présent document, tout comme d'autres normes écrites par le comité d'études 29 de l'IEC, utilise des adaptations des lignes directrices de [9] (équivalent à la série de documents de recommandations JCGM du Comité commun pour les guides en métrologie), comme base des démonstrations de conformité d'un instrument par rapport aux spécifications données dans le présent document. Les composants individuels utilisés dans l'assemblage d'un système de mesure pour les mesures de certification acoustique des aéronefs sont couverts par leurs propres normes. Le présent document fournit des recommandations relatives à la configuration d'un système de composants.

Les autorités nationales de certification des aéronefs et les organismes internationaux rédigeant des normes pour la certification acoustique des aéronefs ont incorporé des concepts équivalents dans leurs exigences dès leur formulation. Il est admis qu'un aéronef d'un type donné ait un impact acoustique maximal à proximité du niveau du sol lorsqu'il est exploité sur un profil de vol donné. La limite d'acceptation et la bande de garde n'ont pas été spécifiées de façon distincte, au lieu de quoi les valeurs maximales de niveau sonore données dans les exigences de certification renvoient à un niveau mesuré comprenant une tolérance ou une bande de garde pour l'incertitude maximale attendue. Cette exigence, à un intervalle de couverture acceptable pour l'autorité de certification, a été élaborée sur la base des exigences spécifiées dans le présent document concernant les instruments et la configuration.

Afin de garantir plus de clarté pour les utilisateurs et les laboratoires d'essai, le comité d'étude 29 de l'IEC a adopté la règle suivante: les limites de tolérance autour des objectifs de conception ne sont pas explicitement spécifiées, mais peuvent être déterminées si nécessaire à partir des limites d'acceptation spécifiées pour les écarts autorisés par rapport à un objectif de conception et à l'incertitude maximale admise de mesure spécifiée correspondante. Il convient que les utilisateurs du présent document fondent leur décision de conformité sur [9] et [10], dont a été extraite l'illustration de la Figure B.1, qui présente une mesure ayant à la fois des limites inférieure et supérieure.



IEC

Légende

AI intervalle d'acceptation

TI intervalle de tolérance

 U_{\max} bande de garde de l'incertitude de mesure maximale admise pour un intervalle de couverture de 95 % A_L limite inférieure d'acceptation A_U limite supérieure d'acceptation T_L limite inférieure de tolérance T_U limite supérieure de tolérance

SOURCE: [11].

Figure B.1 – Relation entre l'intervalle de tolérance, l'intervalle d'acceptation correspondant et l'incertitude de mesure maximale admise

Les limites d'un intervalle d'acceptation sont associées à l'intervalle d'acceptation et non à la bande de garde de l'incertitude maximale admise de mesure. Par conséquent, si un écart mesuré est égal à la limite d'un intervalle d'acceptation, la conformité à la spécification correspondante est démontrée, à condition que l'incertitude de mesure du laboratoire effectuant l'essai ne dépasse pas l'incertitude maximale admise spécifiée. La prise en compte de cet aspect peut être utile pour l'évaluation des essais initiaux et périodiques afin de vérifier que les composants d'un système de mesure satisfont aux exigences spécifiées dans les normes applicables.

Bibliographie

- [1] Annexe 16 de l'OACI à la Convention relative à l'aviation civile internationale. *Protection de l'environnement – Volume I, Bruit des aéronefs*. Septième édition – juillet 2014
 - [2] IEC 61094-4, *Microphones de mesure – Partie 4: Spécifications des microphones étalons de travail*
 - [3] NASA Technical Paper 2004, Investigation of Effects of Microphone Position and Orientation on Near-Ground Noise Measurements. William L. Willshire, Jr., and Paul A. Nystrom, avril 1982
 - [4] Comité de la protection de l'environnement en aviation de l'OACI – Manuel technique environnemental sur l'utilisation des procédures de certification acoustique des aéronefs – DOC 9501 première édition – 2010
 - [5] IEC 61326-1:2012, *Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire – Exigences relatives à la CEM – Partie 1: Exigences générales*
 - [6] IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*
 - [7] IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*
 - [8] US Department of Transportation, *Validation Protocol for Digital Audio Recorders Used in Aircraft-Noise-Certification Testing*, FAA-AEE-2010-05, DOT-VNTSC-FAA-11-02, NTIS No. PB2011-103068 Final Report, novembre 2010
 - [9] ISO/IEC Guide 98 (toutes les parties), *Incertitude de mesure*
 - [10] JCGM 106, *Incertitude de mesure – Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité*
 - [11] ISO/IEC Guide 98-4:2012, *Incertitude de mesure – Partie 4: Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité*
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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