IEC 61094-3

Edition 2.0 2016-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Electroacoustics – Measurement microphones – Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

Électroacoustique – Microphones de mesure – Partie 3: Méthode primaire pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 17.140.50; 33.160.50

ISBN 978-2-8322-3478-5

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

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD....4
1 Scope....6
2 Normative references....6
3 Terms and definitions....6
4 Reference environmental conditions....7
5 Principles of free-field calibration by reciprocity....7
5.1 General principles....7
5.1.1 General....7
5.1.2 General principles using three microphones....7
5.1.3 General principles using two microphones and an auxiliary sound source....8
5.2 Basic expressions....8
5.3 Insert voltage technique....9
5.4 Free-field receiving characteristics of a microphone....9
5.5 Free-field transmitting characteristics of a microphone....10
5.6 Reciprocity procedure....11
5.7 Final expressions for the free-field sensitivity....11
5.7.1 Method using three microphones....11
5.7.2 Method using two microphones and an auxiliary sound source....12
6 Factors influencing the free-field sensitivity....12
6.1 General....12
6.2 Polarizing voltage....12
6.3 Shield configuration....12
6.4 Acoustic conditions....13
6.5 Position of the acoustic centre of a microphone....13
6.6 Dependence on environmental conditions....14
6.6.1 General....14
6.6.2 Static pressure....14
6.6.3 Temperature....14
6.6.4 Humidity....14
6.6.5 Transformation to reference environmental conditions....14
6.7 Considerations concerning measurement space....15
7 Calibration uncertainty components....15
7.1 General....15
7.2 Electrical transfer impedance....15
7.3 Deviations from ideal free-field conditions....15
7.4 Attenuation of sound in air....16
7.5 Polarizing voltage....16
7.6 Physical properties of air....16
7.7 Imperfection of theory....16
7.8 Uncertainty on free-field sensitivity level....17
Annex A (informative) Values for the position of the acoustic centre....19
Annex B (normative) Values of the air attenuation coefficient....20
B.1 General....20
B.2 Calculation procedure....20

Annex C (informative) Environmental influence on the sensitivity of microphones 23
C.1 General 23
C.2 Dependence on static pressure 23
C.3 Dependence on temperature 23
Annex D (informative) Application of time selective techniques for removal of unwanted reflections and acoustic interference between microphones 25
D.1 General 25
D.2 Practical considerations 25
D.2.1 Signal-to-noise ratio 25
D.2.2 Reflections from walls and measurement rig 25
D.3 Frequency limitations 26
D.3.1 General 26
D.3.2 Measurements based on frequency sweeps 26
D.3.3 Measurements based on pure tones 26
D.4 Generating missing portions of the frequency response previous to transforming to the time-domain. 27
D.4.1 General 27
D.4.2 Missing frequencies below the minimum measurement frequency 27
D.4.3 Missing frequencies above the maximum measured frequency 27
D.4.4 Filtering the extended frequency response 28
Bibliography 29

Figure 1 – Equivalent circuit for a receiving microphone under free-field conditions 9
Figure 2 – Equivalent circuit for a transmitting microphone under free-field conditions 10
Figure A.1 – Example of the estimated values of the acoustic centres of LS1P and LS2aP microphones given in the bibliographical references for Annex A 19

Table 1 – Uncertainty components 17
Table B.1 – Values for attenuation of sound pressure in air (in dB/m) 22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTROACOUSTICS – MEASUREMENT MICROPHONES –

Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

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 61094-3 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) a new informative annex describing the use of time-selective techniques to minimize the influence of acoustic reflections from the measurement setup;
b) provision for the calibration of microphones in driven shield configuration.

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

CDV	Report on voting
29/873/CDV	29/892A/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 61094 series, published under the general title *Electroacoustics – Measurement microphones*, can be found on the IEC website.

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

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

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

ELECTROACOUSTICS – MEASUREMENT MICROPHONES –

Part 3: Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

1 Scope

This part of IEC 61094

- specifies a primary method of determining the complex free-field sensitivity of laboratory standard microphones so as to establish a reproducible and accurate basis for the measurement of sound pressure under free-field conditions,
- is applicable to laboratory standard microphones meeting the requirements of IEC 61094-1,
- is intended for use by laboratories with highly experienced staff and specialized equipment.

NOTE The calibration principle described in this part of IEC 61094 is also applicable to working standard microphones, preferably used without their protection grid.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61094-1:2000, *Measurement microphones – Part 1: Specifications for laboratory standard microphones*

IEC 61094-2:2009, *Electroacoustics – Measurement microphones – Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*

IEC TS 61094-7:2006, *Measurement microphones – Part 7: Values for the difference between free-field and pressure sensitivity levels of laboratory standard microphones*

ISO 9613-1, *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM:1995)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 32
1 Domaine d'application 34
2 Références normatives 34
3 Termes et définitions 34
4 Conditions ambiantes de référence 35
5 Principe de l'étalonnage en champ libre par réciprocité 35
5.1 Principes généraux 35
5.1.1 Généralités 35
5.1.2 Principes généraux de la méthode utilisant trois microphones 36
5.1.3 Principes généraux de la méthode utilisant deux microphones et une source sonore auxiliaire 36
5.2 Expressions de base 36
5.3 Technique de la tension insérée 37
5.4 Caractéristiques de réception en champ libre d'un microphone 37
5.5 Caractéristiques en champ libre d'un microphone émetteur 38
5.6 Procédure de la réciprocité 39
5.7 Expressions finales de l'efficacité en champ libre 40
5.7.1 Méthode utilisant trois microphones 40
5.7.2 Méthode utilisant deux microphones et une source sonore auxiliaire 40
6 Facteurs d'influence sur l'efficacité en champ libre 40
6.1 Généralités 40
6.2 Tension de polarisation 41
6.3 Configuration du blindage 41
6.4 Conditions acoustiques 41
6.5 Position du centre acoustique d'un microphone 42
6.6 Influence des conditions ambiantes 42
6.6.1 Généralités 42
6.6.2 Pression statique 42
6.6.3 Température 42
6.6.4 Humidité 43
6.6.5 Transposition aux conditions ambiantes de référence 43
6.7 Considérations concernant l'espace de mesure 43
7 Composantes d'incertitudes d'un étalonnage 43
7.1 Généralités 43
7.2 Impédance électrique de transfert 43
7.3 Ecarts par rapport aux conditions en champ libre idéales 44
7.4 Atténuation du son dans l'air 45
7.5 Tension de polarisation 45
7.6 Propriétés physiques de l'air 45
7.7 Imperfection de la théorie 45
7.8 Incertitude sur le niveau d'efficacité en champ libre 45
Annexe A (informative) Valeurs de la position du centre acoustique 47
Annexe B (normative) Valeurs de l'affaiblissement linéique de propagation du son dans l'air 48
B.1 Généralités 48
B.2 Procédure de calcul 48

Annexe C (informative) Influence de l'environnement sur l'efficacité des microphones 51
C.1 Généralités 51
C.2 Influence de la pression statique 51
C.3 Influence de la température 51
Annexe D (informative) Application de techniques de filtrage temporel pour l'élimination des réflexions et interférences acoustiques indésirables entre les microphones 53
D.1 Généralités 53
D.2 Considérations pratiques 53
D.2.1 Rapport signal sur bruit 53
D.2.2 Réflexions des parois et de l'équipement de mesure 53
D.3 Limitations en fréquence 54
D.3.1 Généralités 54
D.3.2 Mesures basées sur les balayages en fréquence 54
D.3.3 Mesures basées sur les sons purs 54
D.4 Génération des portions manquantes de la réponse en fréquence avant la transformation en domaine temporel. 55
D.4.1 Généralités 55
D.4.2 Fréquences manquantes au-dessous de la fréquence de mesure minimale 55
D.4.3 Fréquences manquantes au-dessus de la fréquence de mesure maximale 56
D.4.4 Filtrage de la réponse en fréquence étendue 56
Bibliographie 57

Figure 1 – Circuit équivalent pour un microphone récepteur dans des conditions de champ libre 37
Figure 2 – Circuit équivalent pour un microphone émetteur dans des conditions de champ libre 38
Figure A.1 – Exemple de valeurs estimées des centres acoustiques des microphones LS1P et LS2aP indiquées dans les références bibliographiques pour l'Annexe A 47

Tableau 1 – Composantes d'incertitude 46
Tableau B.1 – Valeurs de l'affaiblissement linéique de propagation du son dans l'air (en dB/m) 50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ÉLECTROACOUSTIQUE – MICROPHONES DE MESURE –

Partie 3: Méthode primaire pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité

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 61094-3 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) une nouvelle annexe informative décrivant l'utilisation de techniques de filtrage temporel pour réduire le plus possible l'influence des réflexions acoustiques du montage de mesure;
b) disposition relative à l'étalonnage des microphones en configuration de blindage gardé.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
29/873/CDV	29/892A/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61094, publiées sous le titre général *Electroacoustique – Microphones de mesure*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

ELECTROACOUSTIQUE – MICROPHONES DE MESURE –

Partie 3: Méthode primaire pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61094:

- spécifie une méthode primaire de détermination de l'efficacité en champ libre complexe des microphones étalons de laboratoire de manière à établir une base reproductible et exacte pour la mesure de la pression acoustique dans des conditions de champ libre,
- est applicable aux microphones étalons de laboratoire satisfaisant aux exigences de l'IEC 61094-1,
- est destinée à être utilisée dans des laboratoires ayant du personnel hautement expérimenté et un équipement spécialisé.

NOTE Le principe d'étalonnage décrit dans cette partie de l'IEC 61094 s'applique également aux microphones étalons de travail, utilisés de préférence sans leur grille de protection.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 61094-1:2000, *Microphones de mesure – Partie 1: Spécifications des microphones étalons de laboratoire*

IEC 61094-2:2009, *Electroacoustique – Microphones de mesure – Partie 2: Méthode primaire pour l'étalonnage en pression des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité*

IEC TS 61094-7:2006, *Microphones de mesure – Partie 7: Valeurs des différences entre les niveaux d'efficacité en champ libre et en pression des microphones étalons de laboratoire*

ISO 9613-1, *Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique*

Guide ISO/IEC 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM:1995)