NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI IEC 1094-3

Première édition
First edition
1995-11

Microphones de mesure

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

Measurement microphone

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

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1094-3: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60 050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60 027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60 617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60 050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60 027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60 617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI IEC 1094-3

Première édition
First edition
1995-11

Microphones de mesure

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

Measurement microphone

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

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE Q

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 4

Articles

1 Domaine d'application 6

2 Références normatives 6

3 Définitions 6
3.1 Microphone réciproque 6
3.2 Argument de l'efficacité en champ libre d'un microphone 8
3.3 Centre acoustique d'un microphone 8
3.4 Transducteur ponctuel équivalent 8
3.5 Impédance électrique de transfert 8
3.6 Impédance acoustique de transfert 8
3.7 Axe principal d'un microphone 8
3.8 Conditions de champ libre 8

4 Conditions d'environnement de référence 8

5 Principe de l'étalonnage en champ libre par réciprocité 10
5.1 Principe général 10
5.2 Expressions de base 10
5.3 Technique de la tension insérée 12
5.4 Caractéristiques en champ libre d'un microphone récepteur 12
5.5 Caractéristiques en champ libre d'un microphone émetteur 14
5.6 Procédure de la réciprocité 16
5.7 Expressions finales de l'efficacité en champ libre 16

6 Grandeurs d'influence sur l'efficacité en champ libre 18
6.1 Généralités 18
6.2 Tension de polarisation 18
6.3 Configuration de référence du blindage 18
6.4 Conditions acoustiques 18
6.5 Position du centre acoustique d'un microphone 20
6.6 Influence des conditions d'environnement 20

7 Composantes de l'incertitude d'étalonnage 22
7.1 Généralités 22
7.2 Impédance électrique de transfert 22
7.3 Atténuation du son dans l'air 22
7.4 Ecarts par rapport aux conditions de champ idéales 24
7.5 Tension de polarisation 24
7.6 Grandeurs physiques 24
7.7 Incertitude sur le niveau d'efficacité en champ libre 24

Annexes
A Valeurs de la position des centres acoustiques des microphones 26
B Valeurs de l'affaiblissement linéique de propagation du son dans l'air 28
C Influence de l'environnement sur l'efficacité des microphones 32

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

Clause

1 Scope 7

2 Normative references 7

3 Definitions 7
3.1 Reciprocal microphone 7
3.2 Phase angle of free-field sensitivity of a microphone 9
3.3 Acoustic centre of a microphone 9
3.4 Equivalent point-transducer 9
3.5 Electrical transfer impedance 9
3.6 Acoustical transfer impedance 9
3.7 Principal axis of a microphone 9
3.8 Free-field conditions 9

4 Reference environmental conditions 9

5 Principles of free-field calibration by reciprocity 11
5.1 General principle 11
5.2 Basic expressions 11
5.3 Insert voltage technique 13
5.4 Free-field receiving characteristics of a microphone 13
5.5 Free-field transmitting characteristics of a microphone 15
5.6 Reciprocity procedure 17
5.7 Final expressions for the free-field sensitivity 17

6 Factors influencing the free-field sensitivity 19
6.1 General 19
6.2 Polarizing voltage 19
6.3 Ground shield reference configuration 19
6.4 Acoustic conditions 19
6.5 Position of the acoustic centre of a microphone 21
6.6 Dependence on environmental conditions 21

7 Calibration uncertainty components 23
7.1 General 23
7.2 Electrical transfer impedance 23
7.3 Attenuation of sound in air 23
7.4 Deviations from ideal field conditions 25
7.5 Polarizing voltage 25
7.6 Physical quantities 25
7.7 Uncertainty on free-field sensitivity level 25

Annexes
A Values for the position of the acoustic centres of microphones. 27
B Values of the air attenuation coefficients 29
C Environmental influence on the sensitivity of microphones. 33

Withdrawn
ECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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 CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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, gouvemementales et non gouvermementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides at agréées comme telles par les Comités nationaux.

4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 1094-3 a été établie par le comité d'études 29 de la CEI: Electro-acoustique.

La présente partie de la CEI 1094 annule et remplace la CEI 486 parue en 1974.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
29/294/DIS	29/311/RVD

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

La CEI 1094 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Microphones de mesure:*

– Partie 1: 1992, Spécifications des microphones étalons de laboratoire

– Partie 2: 1992, Méthode primaire pour l'étalonnage en pression des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité

– Partie 3: 1995, Méthode primaire pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité

– Partie 4: 1995, Spécifications des microphones étalons de travail

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT MICROPHONES

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

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotecnical Commission) is a world-wide organization for standardization comprising all national electrotechnical Committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 1094-3 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

This part of IEC 1094 cancels and replaces IEC 486 published in 1974.

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

DIS	Report on voting
29/294/DIS	29/311/RVD

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

IEC 1094 consists of the following parts, under the general title *Measurement microphones:*

– Part 1: 1992, Specifications for laboratory standard microphones

– Part 2: 1992, Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

– Part 3: 1995, Primary method for free-field calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique

– Part 4: 1995, Specifications for working standard microphones.

Annexes A, B and C are for information only.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

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 la CEI 1094 est applicable aux microphones étalons de laboratoire répondant aux prescriptions de la CEI 1094-1. Les principes de la méthode sont applicables à d'autres types de microphones. En particulier, les microphones qui répondent aux prescriptions de la CEI 1094-1, quand ils sont munis d'un adaptateur spécial, peuvent aussi être étalonnés selon cette norme quand l'adapteur est enlevé.

La présente partie de la CEI 1094 spécifie une méthode primaire de détermination de l'efficacité en champ libre de manière à établir une base reproductible et exacte pour la mesure de la pression acoustique dans des conditions de champ libre.

La présente partie de la CEI 1094 est destinée à être utilisée dans des laboratoires ayant du personnel hautement expérimenté et un équipement spécialisé.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1094. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1094 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 27-2: 1972, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique - Deuxième partie: Télécommunications et électronique*

CEI 50 (801): 1994, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) - Chapitre 801: Acoustique et électroacoustique*

CEI 1094-1: 1992, *Microphones de mesure - Partie 1: Spécifications des microphones étalons de laboratoire*

CEI 1094-2: 1992, *Microphones de mesure - Partie 2: Méthode primaire pour l'étalonnage en pression des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité*

ISO 9613-1: 1993, *Acoustique - Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre - Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique*

ISO: 1993, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 1094, les définitions suivantes s'appliquent en plus des définitions données dans la CEI 1094-1.

3.1 **microphone réciproque:** Microphone linéaire passif pour lequel l'impédance de transfert inverse, entrée en circuit ouvert et l'impédance de transfert directe, sortie en circuit ouvert (voir 206 de la CEI 27-2) sont égales en valeur absolue.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

MEASUREMENT MICROPHONES

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

1 Scope

This part of IEC 1094 is applicable to laboratory standard microphones meeting the requirements of IEC 1094-1. The principles of the method are applicable to other types of microphones. In particular, microphones which fulfil the requirements of IEC 1094-1, when fitted with a special adaptor, may also be calibrated according to this standard when the adaptor is removed.

This part of IEC 1094 specifies a primary method of determining the free-field sensitivity so as to establish a reproducible and accurate basis for the measurement of sound pressure under free-field conditions.

This part of IEC 1094 is intended for use by laboratories with highly experienced staff and specialized equipment.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions, which through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1094. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1094 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 27-2: 1972, *Letter symbols to be used in electrical technology - Part 2: Telecommunications and electronics*

IEC 50 (801): 1994, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) - Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 1094-1: 1992, *Measurement microphones - Part 1: Specifications for laboratory standard microphones*

IEC 1094-2: 1992, *Measurement microphones - Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*

ISO 9613-1: 1993, *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*

ISO: 1993, *Guide to the expression of uncertainty of measurements*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 1094, the following definitions apply in addition to the definitions given in IEC 1094-1.

3.1 **reciprocal microphone:** A linear passive microphone for which the open-circuit reverse and forward transfer impedances (see 206 in IEC 27-2) are equal in magnitude.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

3.2 **argument de l'efficacité en champ libre d'un microphone:** Pour une onde progressive plane sinusoïdale de fréquence donnée, pour une direction spécifiée de l'incidence de l'onde acoustique et pour des conditions d'environnement données, angle de phase entre la tension à circuit ouvert et la pression acoustique qui existerait à l'emplacement du centre acoustique du microphone en l'absence de celui-ci.

Unité : degré ou radian (° ou rad)

3.3 **centre acoustique d'un microphone:** Pour un transducteur émetteur acoustique, pour un signal sinusoïdal de fréquence donnée, et pour une direction et une distance spécifiées, point d'où semblent diverger les surfaces d'onde approximativement sphériques qu'on observe dans une petite région autour du point d'observation.

NOTES
1 Le centre acoustique d'un transducteur réciproque utilisé comme récepteur coïncide avec le centre acoustique de ce transducteur utilisé comme émetteur.
2 Cette définition s'applique seulement aux régions du champ acoustique où les surfaces d'ondes sont sphériques ou approximativement sphériques.

3.4 **transducteur ponctuel équivalent:** Transducteur qui, situé à l'emplacement du centre acoustique du microphone, possède les caractéristiques d'émission et de réception de ce microphone pour une direction et une gamme de distances données.

3.5 **impédance électrique de transfert:** Pour un système formé de deux microphones couplés acoustiquement, quotient de la tension à circuit ouvert du microphone utilisé comme récepteur par le courant traversant le microphone utilisé comme émetteur.

Unité: ohm (Ω)

NOTE - Cette impédance est définie pour la configuration de référence du blindage donnée en 7.2 de la CEI 1094-1.

3.6 **impédance acoustique de transfert:** Pour un système formé de deux microphones couplés acoustiquement, quotient de la pression acoustique agissant sur la membrane du microphone utilisé comme récepteur par le flux de vitesse en court-circuit acoustique produit par le microphone utilisé comme émetteur.

Unité: pascal seconde par mètre cube (Pa.s/m^3)

3.7 **axe principal d'un microphone:** Ligne passant par le centre de la membrane du microphone et perpendiculaire à celle-ci.

3.8 **conditions de champ libre:** Conditions qui prédominent quand une onde acoustique peut se propager librement sans perturbation d'aucune sorte.

4 Conditions d'environnement de référence

Les conditions d'environnement de référence sont:

- température t_r = 23,0 °C;
- pression statique $p_{s,r}$ = 101,325 kPa;
- taux d'humidité relative H_r = 50 %.

NOTE - La température de référence est choisie égale à 23,0 °C en raison de considérations pratiques qui font que la plupart des étalonnages sont effectués à cette température ou au voisinage de celle-ci.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

3.2 **phase angle of free-field sensitivity of a microphone:** For a sinusoidal plane progressive wave of given frequency, for a specified direction of sound incidence and for given environmental conditions, the phase angle between the open-circuit voltage and the sound pressure that would exist at the position of the acoustic centre of the microphone in the absence of the microphone.

Unit: degree or radian (° or rad)

3.3 **acoustic centre of a microphone:** For a sound-emitting transducer, for a sinusoidal signal of given frequency and for a specified direction and distance, the point from which the approximately spherical wavefronts, as observed in a small region around the observation point, appear to diverge.

NOTES
1 The acoustic centre of a reciprocal transducer when used as a receiver is coincident with the acoustic centre when used as a transmitter.
2 This definition only applies to regions of the sound field where spherical, or approximately spherical wavefronts are observed.

3.4 **equivalent point-transducer:** Transducer which, when located at the position of an acoustic centre of a microphone, simulates the transmitting and receiving characteristics of that microphone for a given direction and range of distance.

3.5 **electrical transfer impedance:** For a system of two acoustically coupled microphones, the quotient of the open-circuit voltage of the microphone used as receiver by the input current through the electrical terminals of the microphone used as transmitter.

Unit: ohm (Ω)

NOTE - This impedance is defined for the ground-shield configuration given in 7.2 of IEC 1094-1.

3.6 **acoustical transfer impedance:** For a system of two acoustically coupled microphones, the quotient of the sound pressure acting on the diaphragm of the microphone used as receiver by the short-circuit volume velocity produced by the microphone used as transmitter.

Unit: pascal second per cubic metre (Pa·s/m^3)

3.7 **principal axis of a microphone:** Line through the centre of and perpendicular to the diaphragm of the microphone.

3.8 **free-field conditions:** Free-field conditions prevail when a sound wave can propagate freely without disturbances of any kind.

4 Reference environmental conditions

The reference environmental conditions are:

- temperature t_r = 23,0 °C;
- static pressure $p_{s,r}$ = 101,325 kPa;
- relative humidity H_r = 50 %.

NOTE - The reference temperature is chosen to be 23,0 °C because practical considerations require that most calibrations be carried out at, or near, this temperature.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

5 Principe de l'étalonnage en champ libre par réciprocité

5.1 *Principe général*

Un étalonnage de microphones par réciprocité peut être effectué au moyen de trois microphones, deux d'entre eux devant être réciproques, ou au moyen d'une source sonore auxiliaire et de deux microphones, l'un d'entre eux devant être réciproque.

NOTE - Si l'un des microphones n'est pas réciproque, il ne peut être utilisé que comme récepteur.

5.1.1 *Principes généraux de la méthode utilisant trois microphones*

Considérons deux microphones couplés acoustiquement dans des conditions de champ libre. En utilisant l'un d'entre eux comme source sonore et l'autre comme récepteur, on mesure l'impédance électrique de transfert. Quand l'impédance acoustique de transfert du système est connue, le produit des efficacités en champ libre des deux microphones couplés peut être déterminé. En effectuant des combinaisons des microphones (1), (2) et (3) deux à deux, on obtient trois produits mutuellement indépendants, à partir desquels on peut déduire l'expression de l'efficacité en champ libre de chacun des trois microphones.

5.1.2 *Principes généraux de la méthode utilisant deux microphones et une source sonore auxiliaire*

Dans un premier temps, les deux microphones sont couplés acoustiquement dans des conditions de champ libre et le produit des efficacités en champ libre des deux microphones est déterminé (voir 5.1.1). Ensuite, les deux microphones sont soumis à la même pression acoustique produite par la source sonore auxiliaire, dans des conditions de champ libre identiques. Le rapport des deux tensions de sortie est alors égal au rapport des deux efficacités en champ libre. Ainsi, à partir du produit et du rapport des efficacités en champ libre des deux microphones, on peut déduire une expression de l'efficacité en champ libre pour chacun d'eux.

NOTE - Pour obtenir le rapport des efficacités en champ libre, une méthode de comparaison directe peut être utilisée et la source sonore auxiliaire peut être un autre transducteur ou un troisième microphone ayant des caractéristiques mécaniques ou acoustiques différentes de celles des microphones étalonnés.

5.2 *Expressions de base*

Les microphones étalons de laboratoire et les microphones similaires sont considérés comme réciproques. Dans ces conditions, les équations du réseau électroacoustique à deux accès formé par les microphones peuvent s'écrire sous la forme:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= \underline{z}_{11}\,\underline{i} + \underline{z}_{12}\,\underline{q} \\ \underline{p} &= \underline{z}_{21}\,\underline{i} + \underline{z}_{22}\,\underline{q} \end{aligned} \qquad (1)$$

où

$\underline{p}$ est la pression acoustique aux bornes acoustiques (membrane) du microphone;
$\underline{U}$ est la tension aux bornes électriques du microphone;
$\underline{q}$ est le flux de vitesse à travers les bornes acoustiques (membrane) du microphone;
$\underline{i}$ est le courant à travers les bornes électriques du microphone;
$\underline{z}_{11} = \underline{Z}_e$ est l'impédance électrique du microphone quand la membrane est bloquée;
$\underline{z}_{22} = \underline{Z}_a$ est l'impédance acoustique du microphone quand il n'est pas chargé électriquement;
$\underline{z}_{12} = \underline{z}_{21} = \underline{M}_p\,\underline{Z}_a$ est égal aux impédances de transfert inverse et direct, $\underline{M}_p$ étant l'efficacité en pression du microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

5 Principles of free-field calibration by reciprocity

5.1 *General principle*

A reciprocity calibration of microphones may be carried out by means of three microphones, two of which shall be reciprocal, or by means of an auxiliary sound source and two microphones, one of which shall be reciprocal.

NOTE - If one of the microphones is not reciprocal, it can only be used as a sound receiver.

5.1.1 *General principles using three microphones*

Let two of the microphones be connected acoustically under free-field conditions. Using one of them as a sound source and the other as a sound receiver, the electrical transfer impedance is measured. When the acoustic transfer impedance of the system is known, the product of the free-field sensitivities of the two coupled microphones can be determined. Using pair-wise combinations of the microphones (1), (2) and (3), three such mutually independent products are available, from which an expression for the free-field sensitivity of each of the three microphones can be derived.

5.1.2 *General principles using two microphones and an auxiliary sound source*

First, let the two microphones be connected acoustically under free-field conditions, and the product of the free-field sensitivities of the two microphones be determined, see 5.1.1. Next, let the two microphones be presented to the same sound pressure, set up by the auxiliary sound source under identical free-field conditions. The ratio of the two output voltages will then equal the ratio of the two free-field sensitivities. Thus, from the product and the ratio of the free-field sensitivities of the two microphones, an expression for the free-field sensitivity of each of the two microphones can be derived.

NOTE - In order to obtain the ratio of free-field sensitivities, a direct comparison method may be used, and the auxiliary sound source may be another transducer or a third microphone having mechanical or acoustical characteristics which differ from those of the microphones being calibrated.

5.2 *Basic expressions*

Laboratory standard microphones and similar microphones are considered reciprocal and thus the two-port equations of the microphones can be written as:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= \underline{z}_{11}\,\underline{i} + \underline{z}_{12}\,\underline{q} \\ \underline{p} &= \underline{z}_{21}\,\underline{i} + \underline{z}_{22}\,\underline{q} \end{aligned} \qquad (1)$$

where

$\underline{p}$ is the sound pressure at the acoustic terminals (diaphragm) of the microphone;
$\underline{U}$ is the signal voltage at the electrical terminals of the microphone;
$\underline{q}$ is the volume velocity through the acoustical terminals (diaphragm) of the microphone;
$\underline{i}$ is the current through the electrical terminals of the microphone;
$\underline{z}_{11} = \underline{Z}_e$ is the electrical impedance of the microphone when the diaphragm is blocked;
$\underline{z}_{22} = \underline{Z}_a$ is the acoustic impedance of the microphone when the electrical terminals are unloaded;
$\underline{z}_{12} = \underline{z}_{21} = \underline{M}_p \underline{Z}_a$ is equal to the reverse and the forward transfer impedances, $\underline{M}_p$ being the pressure sensitivity of the microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Les équations (1) peuvent être réécrites sous la forme:

$$\underline{U} = \underline{Z}_e\, \underline{i} + \underline{M}_p\, \underline{Z}_a\, \underline{q}$$
$$\underline{p} = \underline{M}_p\, \underline{Z}_a\, \underline{i} + \underline{Z}_a\, \underline{q} \qquad (1a)$$

qui constituent les équations de réciprocité du microphone.

Quand la pression acoustique $\underline{p}$ n'est pas uniforme sur toute la surface de la membrane, comme c'est le cas aux fréquences élevées quand le microphone est soumis à une onde plane progressive, l'emplacement des bornes acoustiques est donné au moyen du transducteur ponctuel équivalent au microphone. Dans ce cas, l'équation (1) est également valable pour le microphone réel avec une interprétation spéciale de $\underline{p}$ (voir 5.4 et 5.5).

5.3 *Technique de la tension insérée*

La technique de la tension insérée est utilisée pour déterminer la tension à circuit ouvert d'un microphone quand il est chargé électriquement. Considérons un microphone ayant une tension à circuit ouvert et une impédance interne données, connecté à une impédance de charge. Pour mesurer sa tension à circuit ouvert, une impédance petite par rapport à l'impédance de charge est placée en série avec le microphone et une tension d'étalonnage est appliquée à ses bornes. On applique alternativement la tension d'étalonnage et une pression acoustique de même fréquence. On ajuste la tension d'étalonnage de façon qu'elle produise la même chute de tension aux bornes de l'impédance de charge que celle qui résulte de la pression acoustique sur le microphone; la tension à circuit ouvert est alors égale en module à la tension d'étalonnage.

5.4 *Caractéristiques en champ libre d'un microphone récepteur*

Considérons un microphone soumis à une onde plane progressive de pression acoustique p_o. Le circuit équivalent au microphone est donné par la figure 1, où $\underline{p}'_o$ est la pression acoustique quand la membrane est bloquée et $\underline{p}$ la pression acoustique réellement appliquée aux bornes acoustiques du microphone. $\underline{Z}_{a,r}$ est l'impédance acoustique de rayonnement du microphone.

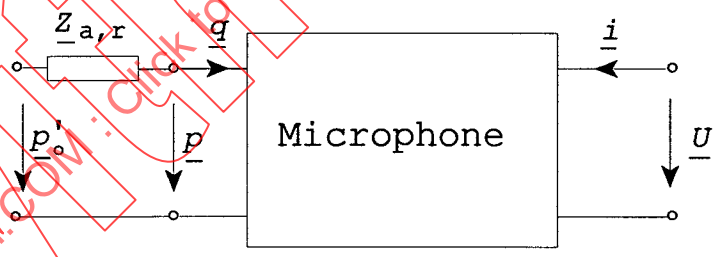

Figure 1 - Circuit équivalent pour un microphone récepteur dans un champ acoustique

$\underline{p}'_o$ est relié à $\underline{p}_o$ par:

$$\frac{\underline{p}'_o}{\underline{p}_o} = \underline{S}(f,\theta)$$

où $\underline{S}(f,\theta)$, facteur de diffraction, est fonction de la fréquence et de l'angle d'incidence de l'onde acoustique sur la membrane du microphone.

$\underline{S}(f,\theta)$ dépend de la configuration géométrique du microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Equations (1) may then be rewritten as:

$$\underline{U} = \underline{Z}_e\,\underline{i} + \underline{M}_p\,\underline{Z}_a\,\underline{q}$$
$$\underline{p} = \underline{M}_p\,\underline{Z}_a\,\underline{i} + \underline{Z}_a\,\underline{q} \qquad (1a)$$

which constitute the equations of reciprocity for the microphone.

When the sound pressure $\underline{p}$ is not uniform over the surface of the diaphragm, as will be the case at high frequencies when the microphone is located in a plane progressive wave, the location of the acoustic terminals is given through the equivalent point-transducer simulating the microphone. In this case, equation (1) will also be valid for the real microphone through a special interpretation of $\underline{p}$, see 5.4 and 5.5.

5.3 *Insert voltage technique*

The insert voltage technique is used to determine the open-circuit voltage of a microphone when it is electrically loaded. Let a microphone having a certain open-circuit voltage and internal impedance be connected to a load impedance. To measure the open-circuit voltage, an impedance which is small compared with the load impedance is connected in series with the microphone and a calibrating voltage applied across it. Let a sound pressure and a calibrating voltage of the same frequency be applied alternately. When the calibrating voltage is adjusted until it gives the same voltage drop across the load impedance as results from the sound pressure on the microphone, the open-circuit voltage will be equal in magnitude to the calibrating voltage.

5.4 *Free-field receiving characteristics of a microphone*

Let a microphone be placed in a progressive plane wave of sound pressure p_o. The equivalent circuit of the microphone is given in figure 1, where $\underline{p}'_o$ is the sound pressure when the diaphragm is blocked and $\underline{p}$ the actual sound pressure at the acoustic terminals of the microphone. $\underline{Z}_{a,r}$ is the acoustic radiation impedance of the microphone.

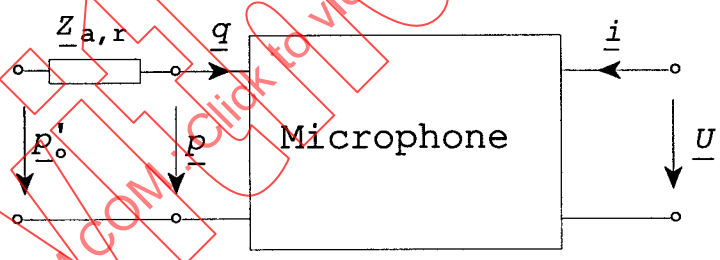

Figure 1 – Equivalent circuit for a receiving microphone in a sound field

Let $\underline{p}'_o$ be related to $\underline{p}_o$ through:

$$\frac{\underline{p}'_o}{\underline{p}_o} = \underline{S}(f,\theta)$$

where $\underline{S}(f,\theta)$, the scattering factor, is a function of frequency and angle of incidence of the sound wave impinging on the diaphragm of the microphone.

$\underline{S}(f,\theta)$ depends on the geometrical configuration of the microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Comme $\underline{p} = \underline{p}'_o - \underline{Z}_{a,r}\ \underline{q}$, les équations (1a) du circuit à deux accès équivalent au microphone peuvent s'écrire:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= Z_e\ i + M_p\ Z_a\ \underline{q} \\ \underline{p}'_o &= M_p\ Z_a\ i + (Z_a + Z_{a,r})\ \underline{q} \end{aligned} \qquad (2)$$

et, à partir de la définition de base, l'efficacité en champ libre est donnée par:

$$M_f = \left(\frac{\underline{U}}{\underline{p}_o}\right)_{i=0} = M_p\ \frac{Z_a}{Z_a + Z_{a,r}}\ \underline{S}(f,\theta) \qquad (3)$$

La relation (3) montre que la différence entre l'efficacité en pression et l'efficacité en champ libre est déterminée non seulement par la géométrie du microphone au travers du facteur de diffraction $\underline{S}(f,\theta)$, mais aussi par la relation entre l'impédance acoustique du microphone et l'impédance de rayonnement.

5.5 *Caractéristiques en champ libre d'un microphone émetteur*

Soit un microphone utilisé comme émetteur dans des conditions de champ libre. Le circuit équivalent à ce microphone est donné par la figure 2.

Figure 2 – Circuit équivalent pour un microphone émetteur dans des conditions de champ libre

Comme $\underline{p} = -\underline{Z}_{a,r}\ \underline{q}$, les équations (1) du circuit à deux accès équivalent au microphone peuvent être écrites:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= Z_e\ i + M_p\ Z_a\ \underline{q} \\ 0 &= M_p\ Z_a\ i + (Z_a + Z_{a,r})\ \underline{q} \end{aligned} \qquad (4)$$

de sorte que

$$-\underline{q} = \frac{M_p\ Z_a}{Z_a + Z_{a,r}}\ i = \frac{M_f}{\underline{S}(f,\theta)}\ i$$

On peut déduire du principe général de réciprocité que le transducteur ponctuel équivalent au microphone se comporte, en un point éloigné, distant de d, comme une source simple ayant un débit acoustique $-\underline{q}\ \underline{S}(f,\theta) = \underline{M}_f\ \underline{i}$, de sorte que la pression acoustique $\underline{p}_o$ produite est alors:

$$\underline{p}_o = j\ \frac{\rho f}{2d}\ M_f\ i\ e^{-\underline{\gamma} d}\ e^{j\omega t} \qquad (5)$$

où

$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$ est l'exposant linéique de propagation acoustique.

NOTE - La démonstration de l'équation (5) donnée ci-dessus est faite à partir d'une représentation du microphone par un modèle à constantes localisées (voir équation (1)). Une démonstration plus rigoureuse peut être obtenue en utilisant une forme intégrale pour les équations du microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

As $\underline{p} = \underline{p}'_o - \underline{Z}_{a,r}\ \underline{q}$, the two-port equations of the microphone (1a) can be written as:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= Z_e\ i + \underline{M}_p\ Z_a\ \underline{q} \\ \underline{p}'_o &= \underline{M}_p\ Z_a\ i + (Z_a + Z_{a,r})\ \underline{q} \end{aligned} \qquad (2)$$

and thus, from the basic definition, the free-field sensitivity is given by:

$$\underline{M}_f = \left(\frac{\underline{U}}{\underline{p}_o}\right)_{i=0} = \underline{M}_p \frac{Z_a}{Z_a + Z_{a,r}}\ \underline{S}(f,\theta) \qquad (3)$$

Equation (3) shows that the difference between the pressure and the free-field sensitivity is determined not only by the geometry of the microphone through the scattering factor $\underline{S}(f,\theta)$ but also by the relation between the acoustic impedance of the microphone and the radiation impedance.

5.5 *Free-field transmitting characteristics of a microphone*

Let a microphone be used as a transmitter under free-field conditions. The equivalent circuit of the microphone is given in figure 2.

Figure 2 – Equivalent circuit for a transmitting microphone under free-field conditions

As $\underline{p} = -\underline{Z}_{a,r}\ \underline{q}$, the two-port equations of the microphone (1) can be written as:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= Z_e\ i + \underline{M}_p\ Z_a\ \underline{q} \\ 0 &= \underline{M}_p\ Z_a\ i + (Z_a + Z_{a,r})\ \underline{q} \end{aligned} \qquad (4)$$

so that:

$$-\underline{q} = \frac{\underline{M}_p\ Z_a}{Z_a + Z_{a,r}}\ i = \frac{\underline{M}_f}{\underline{S}(f,\theta)}\ i$$

From the general principle of reciprocity, it can be deduced that, at a remote point, the equivalent point-transducer will act as a simple source of strength $-\underline{q}\ \underline{S}(f,\theta) = \underline{M}_f\ i$ and the sound pressure $\underline{p}_o$ at the distance d between this point and the equivalent point-transducer will then be:

$$\underline{p}_o = j\ \frac{\rho f}{2d}\ \underline{M}_f\ i\ e^{-\underline{\gamma} d}\ e^{j\omega t} \qquad (5)$$

where
$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$ is the complex propagation coefficient.

NOTE - The derivation of equation (5) given above is based on a lumped parameter representation of the microphone (see equation (1)). A more rigorous derivation can be obtained by using an integral form of representation of the equations of the microphone.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

5.6 *Procédure de la réciprocité*

Soit deux microphones (1) et (2) d'efficacités en champ libre $\underline{M}_{f,1}$ et $\underline{M}_{f,2}$ dont les axes principaux sont confondus et placés face à face dans un champ libre. Un courant $\underline{i}_1$ traversant les bornes électriques du microphone (1) produira, à une distance d du centre acoustique du microphone, une pression acoustique $\underline{p}_o$, dans des conditions de champ libre, donnée par l'équation (5). Lorsqu'on introduit le microphone (2) dans le champ sonore et en supposant qu'aucune interaction n'a lieu entre les deux microphones, la tension à circuit ouvert du microphone (2) sera:

$$\underline{U}_2 = \underline{M}_{f,2}\,\underline{p}_o = \mathrm{j}\,\frac{\rho f}{2 d_{12}}\,\underline{M}_{f,1}\,\underline{M}_{f,2}\,\underline{i}_1\,\mathrm{e}^{-\underline{\gamma} d_{12}}$$

d_{12} étant la distance entre les centres acoustiques des microphones (1) et (2).

Le produit des efficacités en champ libre est donc donné par:

$$\underline{M}_{f,1}\,\underline{M}_{f,2} = -\mathrm{j}\,\frac{2 d_{12}}{\rho f}\,\frac{\underline{U}_2}{\underline{i}_1}\,\mathrm{e}^{\underline{\gamma} d_{12}} \qquad (6)$$

NOTE - Le membre de droite de l'équation (6) est le quotient de l'impédance électrique de transfert du système par l'impédance acoustique de transfert entre les positions des centres acoustiques en l'absence des microphones.

5.7 *Expressions finales de l'efficacité en champ libre*

5.7.1 *Méthode utilisant trois microphones*

L'impédance électrique de transfert $\underline{U}_2/\underline{i}_1$ (voir 5.6) est notée $\underline{Z}_{e,12}$ avec des expressions similaires pour les autres couples de microphones. L'expression finale de l'efficacité en champ libre du microphone (1) est:

$$\underline{M}_{f,1} = \left(\frac{2}{\rho f}\,\frac{d_{12}\,d_{31}}{d_{23}}\,\frac{\underline{Z}_{e,12}\,\underline{Z}_{e,31}}{\underline{Z}_{e,23}}\,\mathrm{e}^{\underline{\gamma}(d_{12}+d_{31}-d_{23})} \right)^{1/2} \qquad (7)$$

Des expressions similaires s'appliquent aux microphones (2) et (3).

Si on ne s'intéresse qu'au module de l'efficacité en champ libre, il suffit de déterminer le module de chaque impédance électrique de transfert et de remplacer $\underline{\gamma}$ par α .

L'argument de l'efficacité en champ libre de chaque microphone peut être déterminé à partir de l'argument de chaque impédance électrique de transfert et de $\underline{\gamma}$, en tenant compte de considérations physiques destinées à lever l'ambiguïté de 180° sur la valeur de l'argument.

5.7.2 *Méthode utilisant deux microphones et une source sonore auxiliaire*

Si seulement deux microphones et une source sonore auxiliaire sont utilisés, l'expression finale de l'efficacité en champ libre est:

$$\underline{M}_{f,1} = \left(\frac{\underline{M}_{f,1}}{\underline{M}_{f,2}}\,\frac{2 d_{12}}{\rho f}\,\underline{Z}_{e,12}\,\mathrm{e}^{\underline{\gamma} d_{12}} \right)^{1/2} \qquad (8)$$

où le rapport des deux efficacités en champ libre est mesuré par comparaison à la source auxiliaire (voir 5.1.2).

Si on ne s'intéresse qu'au module de l'efficacité en champ libre, il suffit de déterminer le module de l'impédance électrique de transfert et le rapport des efficacités en champ libre, et de remplacer $\underline{\gamma}$ par α.

L'argument de l'efficacité en champ libre de chaque microphone peut être déterminé à partir de l'argument de l'impédance électrique de transfert et le rapport des efficacités en champ libre et de $\underline{\gamma}$, en tenant compte de considérations physiques destinées à lever l'ambiguïté de 180° sur la valeur de l'argument.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

5.6 *Reciprocity procedure*

Let the microphones (1) and (2) with the free-field sensitivities $\underline{M}_{f,1}$ and $\underline{M}_{f,2}$ be situated in a free-field facing each other and with coincident principal axes. A current $\underline{i}_1$ through the electrical terminals of microphone (1) will produce a sound pressure $\underline{p}_o$ given by equation (5) at a distance d from the acoustic centre of the microphone under free-field conditions. When introducing microphone (2) into the sound field and assuming no interaction takes place between the two microphones, the open-circuit voltage of microphone (2) will be:

$$\underline{U}_2 = \underline{M}_{f,2}\, \underline{p}_o = \mathrm{j}\, \frac{\rho f}{2 d_{12}}\, \underline{M}_{f,1}\, \underline{M}_{f,2}\, \underline{i}_1\, \mathrm{e}^{-\underline{\gamma} d_{12}}$$

d_{12} being the distance between the acoustic centres of microphone (1) and (2).

Thus, the product of the free-field sensitivities is given by:

$$\underline{M}_{f,1}\, \underline{M}_{f,2} = -\mathrm{j}\, \frac{2 d_{12}}{\rho f}\, \frac{\underline{U}_2}{\underline{i}_1}\, \mathrm{e}^{\underline{\gamma} d_{12}} \qquad (6)$$

NOTE - The right hand side of equation (6) is the ratio of the electrical transfer impedance of the system and the acoustical transfer impedance between the positions of the acoustic centres in the absence of the microphones.

5.7 *Final expressions for the free-field sensitivity*

5.7.1 *Method using three microphones*

Let the electrical transfer impedance $\underline{U}_2/\underline{i}_1$ (see 5.6) be denoted by $\underline{Z}_{e,12}$ with similar expressions for other pairs of microphones. The final expression for the free-field sensitivity of microphone (1) is:

$$\underline{M}_{f,1} = \left(\frac{2}{\rho f}\, \frac{d_{12}\, d_{31}}{d_{23}}\, \frac{\underline{Z}_{e,12}\, \underline{Z}_{e,31}}{\underline{Z}_{e,23}}\, \mathrm{e}^{\underline{\gamma}(d_{12}+d_{31}-d_{23})} \right)^{1/2} \qquad (7)$$

Similar expressions apply for microphones (2) and (3).

If only the modulus of the free-field sensitivity is of interest, only the modulus of each electrical transfer impedance need be determined and α can be substituted for $\underline{\gamma}$.
The phase angle of the free-field sensitivity for each microphone can be determined from the phase angles of the electrical transfer impedances and $\underline{\gamma}$ combined, with physical considerations to resolve the 180° phase ambiguity in this expression.

5.7.2 *Method using two microphones and an auxiliary sound source*

If only two microphones and an auxiliary sound source are used, the final expression for the free-field sensitivity is:

$$\underline{M}_{f,1} = \left(\frac{\underline{M}_{f,1}}{\underline{M}_{f,2}}\, \frac{2 d_{12}}{\rho f}\, \underline{Z}_{e,12}\, \mathrm{e}^{\underline{\gamma} d_{12}} \right)^{1/2} \qquad (8)$$

where the ratio of the two free-field sensitivities is measured by comparison against the auxiliary source, see 5.1.2.

If only the modulus of the free-field sensitivity is of interest, only the modulus of the electrical transfer impedance and the ratio of the free-field sensitivities need be determined, and α can be substituted for $\underline{\gamma}$.

The phase angle of the free-field sensitivity for each microphone can be determined from the phase angle of the electrical transfer impedance, the ratio of free-field sensitivities and $\underline{\gamma}$ combined, with physical considerations to resolve the 180° phase ambiguity in this expression.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

6 Grandeurs d'influence sur l'efficacité en champ libre

6.1 *Généralités*

L'efficacité en champ libre d'un microphone étalon de laboratoire dépend de la tension de polarisation et des conditions d'environnement. De plus, la définition de l'efficacité en champ libre implique que certaines prescriptions soient remplies lors des mesures. Pendant l'étalonnage, il est essentiel que ces conditions soient suffisamment bien réalisées pour que les composantes d'incertitude qui en résultent soient petites.

6.2 *Tension de polarisation*

L'efficacité d'un microphone étalon de laboratoire est approximativement proportionnelle à la tension de polarisation; aussi la tension de polarisation effectivement utilisée pendant l'étalonnage doit être indiquée. Pour se conformer à la CEI 1094-1, une tension de polarisation de 200,0 V est recommandée.

6.3 *Configuration de référence du blindage*

Conformément à 3.3 de la CEI 1094-1, la tension à circuit ouvert doit être mesurée aux bornes électriques du microphone quand il est fixé sur un support comportant la configuration de référence du blindage, en utilisant la technique de la tension insérée décrite en 5.3. Les spécifications de la configuration de référence du blindage pour les microphones étalons de laboratoire sont données dans la CEI 1094-1.

La configuration appropriée de référence du blindage doit être appliquée aux deux microphones couplés, émetteur et récepteur, pendant l'étalonnage et le blindage doit être connecté au potentiel de la masse. Si une autre configuration est utilisée, les résultats de l'étalonnage feront référence à la configuration de référence du blindage.

Si le constructeur indique une force mécanique maximale à appliquer au contact central du microphone, cette limite ne doit pas être dépassée.

6.4 *Conditions acoustiques*

L'efficacité en champ libre d'un microphone dépend de la configuration géométrique du boîtier contenant le préamplificateur. Pour cette raison, le microphone et la configuration de référence du blindage doivent être fixés sur un cylindre dont le diamètre est égal au diamètre nominal du microphone (voir tableaux 1 et 2 de la CEI 1094-1). La longueur du cylindre doit être grande par rapport au diamètre du microphone. Une longueur au moins égale à dix fois le diamètre du microphone avec une extrémité convenablement effilée est recommandée. Cette configuration doit aussi s'appliquer au microphone émetteur.

La définition de l'efficacité en champ libre fait appel à la pression acoustique d'une onde progressive plane non perturbée. Une source acoustique placée dans des conditions de champ libre engendre des ondes sphériques qui, à une distance suffisamment grande de la source, peuvent être assimilées, dans une région limitée, à des ondes planes. Aussi, la distance entre le microphone récepteur et le microphone émetteur doit être suffisamment grande pour garantir cette approximation d'onde plane dans une région suffisante autour du microphone récepteur (voir 7.4). D'un autre côté, l'influence des réflexions sur les surfaces internes d'une salle anéchoïque croît habituellement à mesure que la distance entre les microphones augmente. De plus, la fonction $\underline{S}(f,\theta)$ de l'équation (3) dépend de la nature du champ acoustique et ne peut être définie sans ambiguïté que pour une onde plane progressive idéale. Par conséquent, il est recommandé de choisir avec soin les conditions métrologiques et il peut être préférable d'effectuer des étalonnages à plusieurs distances pour estimer l'incertitude d'étalonnage imputable aux variations de ces conditions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

6 Factors influencing the free-field sensitivity

6.1 *General*

The free-field sensitivity of a laboratory standard microphone depends on polarizing voltage and environmental conditions. Further the definition of the free-field sensitivity implies that certain requirements be fulfilled by the measurements. It is essential during a calibration that these conditions are controlled sufficiently well so that the resulting uncertainty components are small.

6.2 *Polarizing voltage*

The sensitivity of a laboratory standard microphone is approximately proportional to the polarizing voltage and thus the polarizing voltage actually used during the calibration shall be reported. To comply with IEC 1094-1, a polarizing voltage of 200,0 V is recommended.

6.3 *Ground shield reference configuration*

According to 3.3 of IEC 1094-1, the open-circuit voltage shall be measured at the electrical terminals of the microphone when it is attached to a specified ground-shield configuration using the insert voltage technique described in 5.3. Specifications for ground-shield configurations for laboratory standard microphones are given in IEC 1094-1.

The appropriate ground-shield configuration shall apply to both transmitter and receiver microphone during the calibration, and the shield shall be connected to ground potential. If any other arrangement is used, the results of a calibration shall be referred to the reference ground-shield configuration.

If the manufacturer specifies a maximum mechanical force to be applied to the central electrical contact of the microphone, this limit shall not be exceeded.

6.4 *Acoustic conditions*

The free-field sensitivity of a microphone depends on the geometrical configuration of the housing containing the preamplifier. For this reason, the microphone and the ground-shield configuration shall be attached to a cylinder whose diameter is equal to the nominal diameter of the microphone, see table 1 and table 2 in IEC 1094-1. The length of the cylinder shall be long compared to the diameter of the microphone. A minimum length of ten times the diameter of the microphone with a gradually tapered termination is recommended. This arrangement shall also apply to the transmitter microphone.

The definition of the free-field sensitivity of a microphone refers to the sound pressure in an undisturbed plane progressive wave. In the far field of a sound source located under free-field conditions, spherical waves are encountered which, at a sufficient distance from the source, are approximately plane waves in a limited region. Thus, the distance between the receiver microphone and the transmitter microphone shall be great enough to ensure approximately plane waves in a suitable region around the receiver microphone (see 7.4). On the other hand, the influence of reflections from the interior surfaces of an anechoic chamber usually increases as the distance between the two microphones is increased. Also the function $\underline{S}(f,\theta)$ in equation (3) depends on the character of the sound field and can only be unambiguously defined for a true plane progressive wave. Therefore, the metrological conditions should be carefully chosen and it may be preferable to carry out calibrations at more than one distance to assess the calibration uncertainty attributable to dependence on these conditions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

6.5 *Position du centre acoustique d'un microphone*

La position du centre acoustique d'un microphone (voir 3.3) peut être déterminée à partir des mesures de la pression acoustique produite par le microphone lorsqu'il est utilisé comme source acoustique dans un champ libre en fonction de la distance r à un point de référence du microphone choisi arbitrairement. Dans une région limitée du champ lointain, la pression acoustique corrigée de l'absorption acoustique de l'air suivra une loi en $1/r$ (r étant compté par rapport au centre acoustique du microphone). Ainsi, lorsqu'on porte sur un graphique l'inverse de la valeur de la pression acoustique mesurée en fonction de la distance à un point de référence arbitrairement choisi (pour plus de commodité le centre de la membrane), une droite peut être ajustée (par exemple par la méthode des moindres carrés) ou tracée parmi les points expérimentaux. L'intersection de cette droite avec l'axe des abscisses détermine la position du centre acoustique du microphone par rapport au point de référence. Les positions des centres acoustiques servant à déterminer d_{12} (voir 5.7) doivent correspondre à l'orientation et à la distance séparant les microphones pendant l'étalonnage en champ libre.

L'annexe A contient des informations sur des valeurs typiques de la position du centre acoustique de quelques configurations de microphones.

6.6 *Influence des conditions d'environnement*

6.6.1 *Généralités*

La dépendance générale de l'efficacité en pression en fonction des conditions d'environnement est donnée en 6.5 de la CEI 1094-2. Outre cette dépendance, l'efficacité en champ libre dépend des conditions d'environnement au travers des termes intervenant dans l'équation (3). Dans cette équation, l'impédance de rayonnement est fonction de la masse volumique et de la célérité du son. De même la fonction $\underline{S}(f,\theta)$ dépend de la longueur d'onde donc de la célérité du son dans l'air.

6.6.2 *Pression statique*

En plus de la dépendance décrite en 6.5 de la CEI 1094-2, une dépendance supplémentaire est due à la modification du rapport entre l'impédance acoustique du microphone et l'impédance de rayonnement causée par la variation de la masse volumique de l'air en fonction de la pression statique.

L'annexe C contient des informations concernant l'influence de la pression statique sur l'efficacité en champ libre des microphones étalons de laboratoire.

6.6.3 *Température du microphone*

En plus de la dépendance décrite en 6.5 de la CEI 1094-2, une dépendance supplémentaire est due à la modification du rapport entre l'impédance acoustique du microphone et l'impédance de rayonnement causée par la variation de la masse volumique et de la célérité du son dans l'air en fonction de la température. Une légère dépendance est aussi due à la fonction $\underline{S}(f,\theta)$ selon l'équation (3) à cause de la variation de la célérité du son dans l'air avec la température.

L'annexe C contient des informations concernant l'influence de la température sur l'efficacité en champ libre des microphones à condensateur étalons de laboratoire.

NOTE - Si un microphone est exposé à des variations de température excessives, son efficacité peut être modifiée de manière permanente.

6.6.4 *Humidité*

Bien que l'état thermodynamique de l'air enfermé dans la cavité située derrière la membrane du microphone dépende légèrement de l'humidité, aucune influence sur l'efficacité n'a été observée pour les microphones étalons de laboratoire, à condition qu'il n'y ait pas de condensation.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

6.5 *Position of the acoustic centre of a microphone*

The position of the acoustic centre of a microphone, see 3.3, can be determined from measurements of the sound pressure produced by the microphone when used as a sound source in a free field, as a function of distance r from an arbitrarily chosen reference point of the microphone. In a limited region of the far field, the sound pressure, corrected for the effect of sound attenuation in air, will follow the $1/r$-law, r being referred to the acoustic centre of the microphone. Thus, when plotting the inverse value of the measured sound pressure as a function of the distance from an arbitrarily chosen reference point of the microphone (most conveniently the centre of the diaphragm), a straight line can be fitted (e.g. by the methods of least squares) or drawn through the plotted values. The intersection of this straight line and the abscissa axis determines the position of the acoustic centre relative to the reference point. The acoustic centres used to determine d_{12} (see 5.7) shall relate to the orientation and separation used during the free-field calibrations.

Annex A contains information on typical values for the position of the acoustic centre for some microphone configurations.

6.6 *Dependence on environmental conditions*

6.6.1 *General*

The general dependence of the pressure sensitivity on environmental conditions is given in 6.5 of IEC 1094-2. In addition to this, the free-field sensitivity further depends on environmental conditions through the relation given in equation (3). In this equation, the radiation impedance is a function of density and speed of sound. Similarly the function $\underline{S}(f,\theta)$ depends on the wavelength and thus on the speed of sound in air.

6.6.2 *Static pressure*

In addition to the dependence described in 6.5 of IEC 1094-2, a further dependence is caused by the impedance relations between the acoustic impedance of the microphone and its radiation impedance due to the change in the density of air with static pressure.

Annex C contains information on the influence of static pressure on the free-field sensitivity of laboratory standard microphones.

6.6.3 *Temperature of the microphone*

In addition to the dependence described in 6.5 of IEC 1094-2, a further dependence is caused by the impedance relations between the acoustic impedance of the microphone and its radiation impedance due to the change in the density and the speed of sound in air with temperature. Also a slight dependence is caused by the function $\underline{S}(f,\theta)$ according to equation (3) due to the change in the speed of sound in air with temperature.

Annex C contains information on the influence of temperature on the free-field sensitivity of laboratory standard condenser microphones.

NOTE - If a microphone is exposed to excessive temperature variations, a permanent change in sensitivity may result.

6.6.4 *Humidity*

Although the thermodynamic state of the air enclosed in the cavity behind the diaphragm of the microphone depends slightly on the humidity, an influence on the pressure sensitivity has not been observed for laboratory standard microphones, provided condensation does not take place.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Conformément à l'équation (3), un léger effet peut être trouvé sur l'efficacité en champ libre à cause de l'influence de l'humidité sur la masse volumique et la célérité du son dans l'air.

NOTE - La résistance superficielle du matériau isolant entre la plaque arrière et le boîtier du microphone peut être dégradée dans des conditions d'humidité excessive, particulièrement si le matériau est contaminé (voir aussi 7.5).
La résistance superficielle a un effet notable sur l'efficacité du microphone aux basses fréquences, spécialement sur la réponse en phase.

6.6.5 *Conditions atmosphériques*

Pour donner les résultats d'un étalonnage, il est recommandé que l'efficacité en champ libre soit ramenée dans les conditions d'environnement de référence si l'on dispose de données sures concernant les corrections.

Il convient d'indiquer les conditions d'environnement réelles pendant l'étalonnage.

NOTE - Pendant un étalonnage, la température du microphone peut être différente de la température ambiante.

7 Composantes de l'incertitude d'étalonnage

7.1 *Généralités*

En plus des facteurs qui affectent l'efficacité en champ libre mentionnés à l'article 6, d'autres composantes d'incertitude sont introduites par la méthode, l'équipement et le niveau de précaution pris au moment de l'étalonnage. Les facteurs qui affectent l'étalonnage de façon connue doivent être mesurés ou calculés avec un niveau d'exactitude aussi élevé que possible, de façon à limiter leur influence sur l'incertitude totale qui en résulte.

7.2 *Impédance électrique de transfert*

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mesurer l'impédance électrique de transfert avec l'exactitude nécessaire et aucune préférence n'est donnée à l'une d'entre elles.

La tension utilisée pour exciter le microphone émetteur doit être telle que l'effet des harmoniques sur l'incertitude de la détermination de l'efficacité en champ libre soit petit en comparaison de l'incertitude aléatoire.

Le bruit ou toute autre cause d'interférence telle que la diaphonie, qu'elle soit d'origine acoustique ou autre, ne doit pas affecter indûment la détermination de l'efficacité en champ libre. Des filtres passe-bande peuvent être utilisés pour augmenter le rapport signal sur bruit.

La présence de diaphonie d'origine électrique se traduit par un écart avec la loi en $1/r$ ayant une périodicité égale à une longueur d'onde.

7.3 *Atténuation du son dans l'air*

Dans un environnement réel, les ondes acoustiques se propageant en champ libre seront atténuées par la présence d'effets de relaxation moléculaires et de pertes par effet thermo-visqueux.

Cette atténuation dépend de la fréquence de l'onde acoustique, de la quantité de vapeur d'eau et de la température de l'air. Elle est déterminée par la partie réelle α, affaiblissement linéique de propagation acoustique, de l'exposant linéique d'atténuation acoustique $\underline{\gamma}$ de l'équation (5).

Des valeurs de l'affaiblissement linéique d'atténuation, exprimées en népers par mètre, doivent être calculées à partir des équations données dans l'annexe B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

According to equation (3) a slight effect may be found on the free-field sensitivity caused by the influence of humidity on the density and speed of sound in air.

NOTE - The surface resistance of the insulation material between the backplate and the housing of the microphone may deteriorate under excessively humid conditions, particularly if the material is contaminated (see also 7.5).
The surface resistance has a noticeable effect upon the sensitivity of the microphone at low frequencies, especially on the phase response.

6.6.5 *Atmospheric conditions*

When reporting the results of a calibration, the free-field sensitivity should be referred to the reference environmental conditions if reliable correction data are available.

The actual conditions during the calibration should be reported.

NOTE - During a calibration, the temperature of the microphone can be different from the ambient air temperature.

7 Calibration uncertainty components

7.1 *General*

In addition to the factors mentioned in clause 6 which affect the free-field sensitivity, further uncertainty components are introduced by the method, the equipment and the degree of care under which the calibration is carried out. Factors which affect the calibration in a known way shall be measured or calculated with as high an accuracy as practicable in order to minimize their influence on the resulting uncertainty.

7.2 *Electrical transfer impedance*

Various methods are used for measuring the electrical transfer impedance with the necessary accuracy, and no preference is given.

The voltage used to excite the source microphone shall be such that the effect of harmonics from this upon the uncertainty in the determination of the free-field sensitivity is small compared to the random uncertainty.

Noise or other interference such as crosstalk, whether of acoustical or other origin, shall not unduly affect the determination of the free-field sensitivity. Band-pass filters may be used to improve the signal-to-noise ratio.

The presence of electrical crosstalk results in apparent deviations from the 1/*r*-law having a periodicity of one wavelength.

7.3 *Attenuation of sound in air*

Under practical conditions, sound waves propagating in a free field will be attenuated due to molecular relaxation effects and to thermal-viscous losses.

This attenuation depends on the frequency of the sound, the water vapour content and the temperature of the air. It is determined by the real part α, the air attenuation coefficient, of the complex propagation coefficient $\underline{\gamma}$ in equation (5).

Values of the air attenuation coefficient expressed in nepers per metre shall be calculated from the equations given in annex B.

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

7.4 *Ecarts par rapport aux conditions de champ idéales*

Pendant un étalonnage, certaines prescriptions acoustiques doivent être satisfaites (voir 6.4). L'étalonnage doit être effectué en champ libre. Cette condition est obtenue le plus généralement dans une salle anéchoïque, dans laquelle le vent est absent et où le bruit transmis par voie aérienne est réduit au minimum. A cause des caractéristiques non idéales des matériaux absorbants tapissant les parois et des dimensions finies de la salle, des réflexions, fonction de la fréquence, peuvent se produire et provoquer des écarts par rapport à la loi en $1/r$ pour le module de la pression acoustique. L'amplitude de ces écarts dépendra à la fois de la distance et de la direction de la source. Pour une fréquence donnée, les écarts en fonction de la distance montreront une périodicité comprise entre une demie et une longueur d'onde selon que l'onde réfléchie est parallèle ou perpendiculaire à l'onde directe. Normalement, les plus petits écarts sont obtenus dans une région située au voisinage du centre de la salle et pour une direction qui n'est ni parallèle ni perpendiculaire à aucune des parois de la salle. Cependant, la présence d'attaches, de grillage, de câbles, de supports divers etc. peut aussi provoquer des perturbations du champ acoustique.

L'influence de ces réflexions perturbatrices ne peut être réduite à un niveau acceptable qu'en prenant le maximum de précautions lors de l'élaboration du système et de la procédure d'étalonnage.

Il est recommandé que les écarts obtenus lors de l'étalonnage par rapport à la loi de proportionnalité inverse entre la pression et la distance, si l'on exclut l'atténuation du son dans l'air, ne soient pas supérieurs à 0,05 dB dans la région entre la source et le microphone récepteur, à moins qu'une correction puisse être établie.

De plus, il est recommandé que la distance entre les deux microphones lors de l'étalonnage soit supérieure à dix fois le diamètre nominal des microphones, de manière à assurer des conditions d'ondes planes satisfaisantes dans la zone convenable autour du microphone récepteur.

7.5 *Tension de polarisation*

On peut prévoir un dispositif permettant de mesurer directement la tension de polarisation aux bornes du microphone. Cela est important quand la tension de polarisation est délivrée par une source possédant une impédance élevée, à cause de la résistance d'isolement finie du microphone. On peut également mesurer la résistance d'isolement du microphone afin de s'assurer qu'elle est suffisamment élevée pour qu'une détermination de la tension de polarisation en l'absence de microphone ou une mesure à la sortie basse impédance de la source de tension de polarisation soient valables.

7.6 *Grandeurs physiques*

Certaines grandeurs physiques décrivant les propriétés de l'air entrent dans les expressions de calcul des efficacités des microphones ou affectent la variation de l'efficacité en fonction des conditions d'environnement. Ces grandeurs dépendent de conditions d'environnement telles que la pression statique, la température et l'humidité. Des valeurs des grandeurs physiques et leurs variations en fonction des conditions d'environnement sont données dans l'annexe F de la CEI 1094-2.

7.7 *Incertitude sur le niveau d'efficacité en champ libre*

Pour la détermination du niveau d'efficacité en champ libre, on estime qu'un étalonnage par réciprocité effectué dans des conditions bien maîtrisées permet d'atteindre une «incertitude étendue» basée sur un facteur d'application de 2 (voir le guide ISO référencé à l'article 2), meilleure que 0,2 dB dans un domaine de fréquences compris entre 1 kHz et 20 kHz pour des microphones étalons de laboratoire de type LS1P, ou entre 2 kHz et 20 kHz pour des microphones étalons de laboratoire de type LS2P.

IECNORM.COM : Withdrawn
Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

7.4 *Deviations from ideal field conditions*

During a calibration, certain acoustic requirements shall be fulfilled (see 6.4). The calibration shall be carried out in a free field. This condition is most practically obtained in an anechoic room where wind is absent and airborne noise is minimal. Due to the non-ideal performance of the absorption material lining the walls and the finite size of the room, some frequency dependent reflections from the walls will occur and result in deviations from the 1/*r*-law for the modulus of sound pressure. The magnitude of these deviations will depend on the distance from and the direction to the source. At a given frequency, the deviations as a function of distance will show a periodicity between a half to a full wavelength, corresponding to a reflected wave in parallel or perpendicular to the direct wave. Normally, the smallest deviations are obtained in a region around the centre of the room and for a direction neither parallel nor perpendicular to any walls of the room. However, the presence of braces, grillwork, cables, supports of various kinds, etc., will also give rise to disturbances in the sound field.

The influence of these disturbing reflections can be reduced to acceptable levels only by exercising the utmost care when establishing the calibration system and procedure.

It is recommended that deviations from the inverse pressure/distance law, excluding the air attenuation, should not be greater than 0,05 dB in the region between the source and the receiver microphone during a calibration, unless a correction can be established.

Further, in order to ensure proper plane-wave conditions in a suitable region around the receiving microphone, it is recommended that the distance between the two microphones during the calibration should be greater than ten times the nominal diameter of the microphones.

7.5 *Polarizing voltage*

In order to determine the polarizing voltage, provision can be made for measuring this voltage directly at the terminals of the microphone. This is important, when the polarizing voltage is obtained from a high-impedance source, due to the finite insulation resistance of the microphone. Alternatively, the insulation resistance of the microphone can be measured and verified to be sufficiently high that a measurement of the polarizing voltage supply with the microphone removed, or a measurement at a low impedance port of the polarizing voltage supply, is valid.

7.6 *Physical quantities*

Certain physical quantities describing the properties of the air enter the expressions for calculating the sensitivities of the microphones or affect the dependence of the sensitivity upon the environmental conditions. These quantities depend on environmental conditions such as static pressure, temperature and humidity. Values of the quantities and their dependencies of environmental conditions are described in annex F of IEC 1094-2.

7.7 *Uncertainty on free-field sensitivity level*

For determining the free-field sensitivity level, it is estimated that a reciprocity calibration carried out under controlled conditions can achieve an extended uncertainty based on a coverage factor 2 (see ISO Guide referenced in clause 2) better than 0,2 dB within the frequency range 1 kHz to 20 kHz and 2 kHz to 20 kHz, for LS1P and LS2P laboratory standard microphones respectively.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995
Withdrawn

Annexe A
(informative)

Valeurs de la position des centres acoustiques des microphones

Tel qu'il est défini, le centre acoustique dépend de la fréquence ainsi que de l'orientation et de la distance entre le point d'observation et le transducteur. Pour des points d'observation suffisamment éloignés, la contribution de la position du centre acoustique dans l'incertitude d'étalonnage diminue. Pour de telles distances, le centre de la membrane peut être pris comme centre acoustique. Cependant, pour des distances comprises entre 150 mm et 600 mm, couramment utilisées dans la mise en oeuvre de la réciprocité, les valeurs données dans la figure et le tableau ci-dessous peuvent s'appliquer. Les valeurs de la position du centre acoustique se rapportent à l'axe principal et sont comptées par rapport à la surface de la membrane en fonction de la fréquence pour les microphones de type LS1P et LS2P. Une valeur positive signifie que le centre acoustique est en avant de la membrane. L'incertitude sur les valeurs de la figure et du tableau est estimée inférieure à 2 mm en dessous de la fréquence de résonance des microphones. A l'heure actuelle, les données correspondantes ne sont pas disponibles pour des microphones du type LSF.

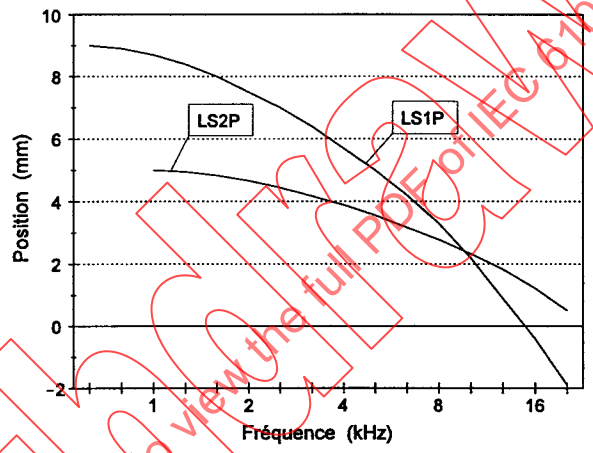

Figure A.1 – Valeurs estimées de la position du centre acoustique, comptées par rapport à la membrane, pour des microphones de type LS1P et LS2P, en incidence normale, en fonction de la fréquence, comme indiqué dans le tableau A.1

Tableau A.1 – Valeurs estimées de la position du centre acoustique, comptées par rapport à la membrane, pour des microphones de type LS1P et LS2P, en incidence normale, en fonction de la fréquence

Distances en millimètres

Fréquence kHz	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15
LS1P	9,0	8,9	8,7	8,4	8,0	7,5	7,0	6,4
LS2P	–	–	5,0	4,9	4,8	4,7	4,4	4,2

Fréquence kHz	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
LS1P	5,7	5,0	4,2	3,3	2,2	0,9	–0,4	–1,9
LS2P	3,9	3,6	3,2	2,8	2,3	1,8	1,2	0,5

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Annex A
(informative)

Values for the position of the acoustic centres of microphones

As defined, the acoustic centre depends on orientation, on frequency and on the distance of the observation point from the transducer. At sufficiently remote observation points, the effect of the acoustic centre position on the calibration uncertainty diminishes. At such distances, the centre of the diaphragm may be taken as the acoustic centre. For distances in the range 150 mm to 600 mm, normally used when carrying out reciprocity calibrations, the values given in the figure and table below may be applied. The values for the position of the acoustic centre refers to the principal axis and are given relative to the surface of the diaphragm as a function of frequency for type LS1P and LS2P microphones. A positive sign indicates that the acoustic centre is in front of the diaphragm. The uncertainty of the values in the figure and table is estimated to be less than 2 mm below the resonance frequency of the microphones. At present such data are not available for type LSF microphones.

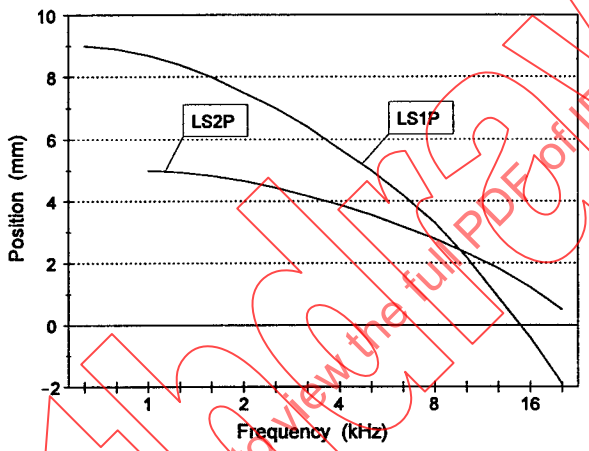

Figure A.1 – Estimated values for the position of the acoustic centres for type LS1P and LS2P microphones relative to the diaphragm and for normal incidence as function of frequency, as in table A.1

Table A.1 – Estimated values for the position of the acoustic centres for type LS1P and LS2P microphones relative to the diaphragm and for normal incidence as function of frequency

Distances in millimetres

Frequency kHz	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15
LS1P	9,0	8,9	8,7	8,4	8,0	7,5	7,0	6,4
LS2P	–	–	5,0	4,9	4,8	4,7	4,4	4,2

Frequency kHz	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
LS1P	5,7	5,0	4,2	3,3	2,2	0,9	–0,4	–1,9
LS2P	3,9	3,6	3,2	2,8	2,3	1,8	1,2	0,5

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995

Annexe B
(informative)

Valeurs de l'affaiblissement linéique de propagation du son dans l'air

Des méthodes de calcul de l'affaiblissement linéique de propagation du son dans l'air sont données dans l'ISO 9613-1. Son annexe A décrit les mécanismes physiques du phénomène, et le paragraphe 5.2 et son annexe B donnent des relations pour le calcul de l'affaiblissement linéique de propagation en fonction de la fréquence, de la température, de la pression statique et de l'humidité relative. Les procédures de calcul décrites ci-dessous suivent les indications de l'ISO 9613-1.

Liste des symboles

T_{20} = 293,15 K température thermodynamique de référence (K);
T_{01} = 273,16 K température thermodynamique du point triple de l'eau (K);
T température thermodynamique (K);
p_s pression statique (kPa);
p_m pression de vapeur saturante (kPa);
H taux d'humidité relative (%);
h fraction molaire de vapeur d'eau;
f_{rO} fréquence de relaxation de l'oxygène (Hz);
f_{rN} fréquence de relaxation de l'azote (Hz).

Procédure de calcul

Première étape
Déterminer la pression de vapeur saturante par:

$$\frac{p_m}{p_{s,r}} = 10^D$$

où

$$D = 4{,}6151 - 6{,}8346 \left(\frac{T_{01}}{T}\right)^{1{,}261}$$

Deuxième étape
Déterminer la fraction molaire de vapeur d'eau:

$$h = \frac{H}{100}\left(\frac{p_m}{p_{s,r}}\right)\left(\frac{p_{s,r}}{p_s}\right)$$

Troisième étape
Déterminer les fréquences de relaxation:

$$f_{rO} = \left(\frac{p_s}{p_{s,r}}\right)\left[24 + 4{,}04 \cdot 10^6\, h \left(\frac{0{,}2 + 10^3 h}{3{,}91 + 10^3 h}\right)\right]$$

$$f_{rN} = \left(\frac{p_s}{p_{s,r}}\right)\left(\frac{T}{T_{20}}\right)^{-\frac{1}{2}}\left[9 + 28 \cdot 10^3\, h \exp\left(-4{,}170\left(\left(\frac{T}{T_{20}}\right)^{-1/3} - 1\right)\right)\right]$$

Withdrawn
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61094-3:1995