

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



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 60000.

## 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 60050: *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 60027: *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 60617: *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 60000 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 60050: *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 60027: *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 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

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

© 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 Varembe 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

## 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

# 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, gouvernementales et non gouvernementales, 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 et 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.

## 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 Electrotechnical 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.

## 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'adaptateur 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.