

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 402

Première édition — First edition

1972

**Méthode simplifiée pour l'étalonnage en pression des microphones
à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité**

**Simplified method for pressure calibration of one-inch condenser
microphones by the reciprocity technique**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 402

Première édition — First edition

1972

**Méthode simplifiée pour l'étalonnage en pression des microphones
à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité**

**Simplified method for pressure calibration of one-inch condenser
microphones by the reciprocity technique**



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

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles:	
1. Domaine d'application.	6
2. Objet	6
3. Explication des termes	6
3.1 Tension à circuit ouvert	6
3.2 Efficacité en pression d'un microphone.	6
3.3 Impédance électrique d'un microphone.	8
3.4 Impédance acoustique d'un microphone	8
3.5 Volume équivalent d'un microphone.	8
3.6 Coupleur	8
3.7 Impédance électrique de transfert	8
3.8 Impédance acoustique de transfert.	10
4. Technique d'étalonnage	10
4.1 Généralités.	10
4.2 Technique de la tension insérée	10
4.3 Impédance acoustique de transfert.	10
5. Conditions générales d'étalonnage.	12
5.1 Bruit	12
5.2 Blindage	12
5.3 Conditions relatives au coupleur	12
5.4 Gamme de fréquences	12
5.5 Tension de polarisation	12
5.6 Tension maximale du générateur	14
6. Mesures	14
6.1 Généralités.	14
6.2 Tension à circuit ouvert	14
6.3 Courant d'entrée	14
6.4 Première fréquence de résonance longitudinale	14
6.5 Efficacité en pression	14
ANNEXE I — Microphones réciproques	18
ANNEXE II — Détermination de la précision globale de l'étalonnage	24
FIGURES	26

CONTENTS

	Pages
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause:	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Explanation of terms	7
3.1 Open-circuit voltage	7
3.2 Pressure sensitivity of a microphone	7
3.3 Electrical impedance of a microphone	9
3.4 Acoustic impedance of a microphone	9
3.5 Equivalent volume of a microphone	9
3.6 Coupler	9
3.7 Electrical transfer impedance	9
3.8 Acoustic transfer impedance	11
4. Calibration technique	11
4.1 General	11
4.2 Insert-voltage technique	11
4.3 Acoustic transfer impedance	11
5. General calibration conditions	13
5.1 Noise	13
5.2 Ground-shield	13
5.3 Coupler requirements	13
5.4 Frequency range	13
5.5 Polarizing voltage	13
5.6 Maximum generator voltage	15
6. Measurements	15
6.1 General	15
6.2 Open-circuit voltage	15
6.3 Input current	15
6.4 First longitudinal resonance frequency	15
6.5 Pressure sensitivity	15
APPENDIX I — Reciprocal microphones	19
APPENDIX II — Determination of the overall accuracy of calibration	25
FIGURES	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE SIMPLIFIÉE POUR L'ÉTALONNAGE EN PRESSION
DES MICROPHONES A CONDENSATEUR D'UN POUCE
PAR LA TECHNIQUE DE LA RÉCIPROCITÉ**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 29C: Dispositifs de mesure, du Comité d'Etudes N° 29 de la CEI: Electroacoustique

Conformément à une décision prise lors de la réunion tenue à Stresa en 1969, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1969. Ce projet fut modifié par un second document soumis aux Comités nationaux en 1971, pour approbation suivant la Procédure des Deux Mois.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud	Pays-Bas
Allemagne	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Italie	Turquie
Japon	Union des Républiques
Norvège	Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SIMPLIFIED METHOD FOR PRESSURE CALIBRATION OF ONE-INCH
CONDENSER MICROPHONES BY THE RECIPROCITY TECHNIQUE**

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-committee 29C, Measuring Devices, of IEC Technical Committee No. 29, Electro-acoustics.

In accordance with a decision taken at the Stresa meeting in 1969, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1969. This draft was amended by a second document submitted to the National Committees in 1971 for approval under the Two Months' Procedure.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Italy	Union of Soviet
Japan	Socialist Republics
Netherlands	United Kingdom
Norway	United States of America

MÉTHODE SIMPLIFIÉE POUR L'ÉTALONNAGE EN PRESSION DES MICROPHONES A CONDENSATEUR D'UN POUCE PAR LA TECHNIQUE DE LA RÉCIPROCITÉ

1. Domaine d'application

Cette recommandation décrit une technique simplifiée pour l'étalonnage de capsules microphoniques à condensateur habituellement appelées microphones d'un pouce, fondée sur l'étalonnage en pression par la méthode de la réciprocité à l'aide d'un coupleur.

2. Objet

L'objet de cette recommandation est de spécifier une méthode d'étalonnage absolu en pression des microphones à condensateur d'un pouce, utilisés dans les laboratoires pour des mesures classiques, lorsque la précision la plus grande n'est pas recherchée. La gamme de fréquences de l'étalonnage est limitée de 50 Hz à 10 kHz.

La méthode d'étalonnage décrite est fondée sur la technique de la réciprocité et utilise une cavité fermée remplie d'air en tant que moyen de couplage entre les microphones. Cette méthode d'étalonnage est simplifiée — aux dépens de la précision totale — afin que l'étalonnage puisse être mené à bien sans utiliser un appareillage et les techniques les plus avancées. On estime que l'erreur introduite en utilisant cette méthode simplifiée est inférieure à 0,3 dB.

Des méthodes d'étalonnage donnant une précision plus élevée sont décrites dans la Publication 327 de la CEI: Méthode de précision pour l'étalonnage en pression des microphones étalons à condensateur d'un pouce par la technique de la réciprocité.

3. Explication des termes

3.1 Tension à circuit ouvert

La tension à circuit ouvert d'un microphone à une fréquence donnée est la tension apparaissant à ses bornes électriques quand le microphone n'est pas chargé.

Cependant, en raison de la nature capacitive de la capsule, la tension aux bornes dépendra de la charge électrique constituée par le montage mécanique du microphone. Ainsi, au sens de ce document, la tension à circuit ouvert est définie comme étant la tension apparaissant aux bornes électriques de la capsule mesurée par la technique de la tension insérée quand le microphone est relié au blindage de référence de la CEI, mais n'est pas chargé par ailleurs (voir paragraphe 5.2).

Unité: le volt. V

3.2 Efficacité en pression d'un microphone

L'efficacité en pression M_p d'un microphone à une fréquence donnée et pour une onde sinusoïdale est le rapport de la tension à circuit ouvert du microphone à la pression acoustique qui existe sur la face exposée de sa membrane, c'est-à-dire aux bornes acoustiques du microphone, la pression acoustique étant uniformément appliquée sur la surface de la membrane. Ce rapport est une quantité complexe, mais lorsqu'on n'attache pas d'importance à la phase, l'efficacité en pression peut être donnée par le module seulement.

Unité: le volt par pascal. V/Pa ($1 \text{ Pa} = 10 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2} = 10 \mu \text{ bar}$)

Notes 1. — On a omis l'indice U du symbole préférentiel M_{pU} puisque, dans toute cette recommandation, l'efficacité en pression est exprimée en fonction de la tension à circuit ouvert.

2. — Il y a lieu de noter que le terme « réponse en pression » est parfois utilisé à la place de « efficacité en pression ».

SIMPLIFIED METHOD FOR PRESSURE CALIBRATION OF ONE-INCH CONDENSER MICROPHONES BY THE RECIPROCITY TECHNIQUE

1. Scope

This recommendation describes a simplified technique for calibration of condenser microphone cartridges, commonly known as one-inch microphones, based upon reciprocity pressure calibration by the coupler method.

2. Object

The object of this recommendation is to specify a method of absolute pressure calibration of one-inch condenser microphones used in laboratories for conventional measuring purposes, without requiring the highest obtainable accuracy. The frequency range of the calibration is restricted to 50 Hz-10 kHz.

The calibration method described is based on the reciprocity technique using air in a closed cavity as the coupling medium between the microphones. The calibration procedure is simplified — at the expense of the total accuracy of the calibration — in order that the calibration can be carried out without using the most advanced instrumentation and techniques. The error introduced by using this simplified method is estimated to be less than 0.3 dB.

Procedures giving a higher accuracy of calibration are described in IEC Publication 327: Precision Method for Pressure Calibration of One-inch Standard Condenser Microphones by the Reciprocity Technique.

3. Explanation of terms

3.1 Open-circuit voltage

The open-circuit voltage of a microphone at a given frequency is the voltage appearing at its electrical terminals when the microphone is electrically unloaded.

However, owing to the capacitive nature of the cartridge, the voltage at the electrical terminals will depend on the electrical load caused by the mechanical attachment to the microphone. Thus, for the purpose of this document, the open-circuit voltage is defined as the voltage appearing at the electrical terminals of the cartridge as measured by the insert-voltage technique, when the microphone is connected to the IEC ground-shield reference configuration, but is otherwise unloaded (see Sub-clause 5.2).

Unit: volt. V

3.2 Pressure sensitivity of a microphone

The pressure sensitivity M_p of a microphone, at a given frequency and for a sinusoidal waveform, is the ratio of the open-circuit voltage of the microphone to the sound pressure that exists at the exposed surface of the diaphragm (i.e. at the acoustical terminals of the microphone), the sound pressure being uniformly applied over the surface of the diaphragm. This ratio is a complex quantity but when the phase information is of no interest the pressure sensitivity may denote its modulus only.

Unit: volt per pascal. V/Pa (1 Pa = 10 dyn·cm⁻² = 10 μ bar)

Notes 1. — The subscript U is omitted from the preferred symbol M_{pU} since the sensitivity is expressed in terms of open-circuit voltage throughout this recommendation.

2. — It should be noted that the term “pressure response” is sometimes used instead of “pressure sensitivity”.

3.2.1 Niveau d'efficacité en pression d'un microphone

Le niveau d'efficacité en pression relatif à une efficacité de référence M_r est défini par la formule $20 \log_{10} \left| \frac{M_p}{M_r} \right|$ dans laquelle $M_r = 1 \text{ V/Pa}$.

Unité: le décibel. dB

3.3 Impédance électrique d'un microphone

L'impédance électrique d'un microphone à une fréquence donnée est le rapport complexe de la tension appliquée à ses bornes électriques au courant qui en résulte.

Unité: l'ohm. Ω

Note. — Cette impédance est fonction de la charge acoustique sur la membrane et de la configuration du blindage.

3.4 Impédance acoustique d'un microphone

Pour les besoins de cette recommandation, l'impédance acoustique d'un microphone à une fréquence donnée est le rapport complexe de la pression acoustique uniformément répartie sur toute la surface de la membrane au flux de vitesse à travers cette surface, les bornes électriques n'étant pas chargées.

Unité: le pascal par mètre cube par seconde. $\text{Pa}/(\text{m}^3 \text{ s}^{-1})$

3.5 Volume équivalent d'un microphone

Il est pratique, pour l'étalonnage par la méthode de la réciprocité à l'aide d'un coupleur, d'exprimer l'impédance acoustique d'un microphone au moyen d'un volume complexe équivalent V_e d'un gaz enfermé dans une cavité rigide, selon l'équation suivante:

$$V_e = \frac{\kappa p_s}{j\omega Z_a}$$

où: κ est le rapport de la capacité calorifique spécifique à pression constante à celle à volume constant,

p_s est la pression statique,

ω est la pulsation,

Z_a est l'impédance acoustique du microphone.

Unité: le mètre cube. m^3

Notes 1. — Le volume équivalent sera généralement une quantité complexe et une fonction de la fréquence.

2. — Pour de l'air sec à 20 °C et pour $p_s = 10^5 \text{ Pa}$, $\kappa = 1,402$.

3.6 Coupleur

Pour les besoins de cette recommandation, on entend par coupleur un dispositif qui, monté avec deux microphones, constitue une cavité fermée de forme et de dimensions prédéterminées et qui agit comme élément de couplage acoustique entre les deux microphones.

3.7 Impédance électrique de transfert

Pour les besoins de cette recommandation, il est convenu de définir l'impédance électrique de transfert pour un système de deux microphones couplés acoustiquement comme le rapport de la tension à circuit ouvert du microphone utilisé comme récepteur au courant d'entrée du microphone utilisé comme émetteur sonore.

Note. — Cette impédance est fonction de la configuration du blindage.

3.2.1 *Pressure sensitivity level of a microphone*

The pressure sensitivity level relative to a reference sensitivity M_r is defined as $20 \log_{10} \left| \frac{M_p}{M_r} \right|$ where M_r is 1 V/Pa.

Unit: decibel. dB

3.3 *Electrical impedance of a microphone*

The electrical impedance of a microphone at a given frequency is the complex ratio of the voltage applied across its electrical terminals to the resulting current.

Unit: ohm. Ω

Note. — This impedance is a function of the acoustic loading on the diaphragm and the ground-shield configuration.

3.4 *Acoustic impedance of a microphone*

For the purpose of this recommendation, the acoustic impedance of a microphone at a given frequency is the complex ratio of the sound pressure to the volume velocity of the diaphragm, the sound pressure being uniformly applied to the diaphragm and the electrical terminals being unloaded.

Unit: pascal per cubic metre per second. $\text{Pa}/(\text{m}^3 \text{ s}^{-1})$

3.5 *Equivalent volume of a microphone*

In dealing with reciprocity calibration with a coupler it is convenient to express the acoustic impedance of a microphone in terms of an equivalent complex volume V_e of a gas enclosed in a rigid cavity according to the following equation:

$$V_e = \frac{\kappa p_s}{j\omega Z_a}$$

where: κ is the ratio of the specific heat capacity at constant pressure to that at constant volume,

p_s is the static pressure,

ω is the angular frequency,

Z_a is the acoustic impedance of the microphone.

Unit: cubic metre. m^3

Notes 1. — The equivalent volume will generally be a complex quantity and a function of frequency.

2. — For dry air at 20 °C and $p_s = 10^5$ Pa, $\kappa = 1.402$.

3.6 *Coupler*

For the purpose of this recommendation, a coupler means a device which, when fitted with two microphones, forms a closed cavity of predetermined shape and dimensions and acts as an acoustical coupling element between the two microphones.

3.7 *Electrical transfer impedance*

For the purpose of this recommendation the electrical transfer impedance for a system of two acoustically coupled microphones shall be understood as the ratio of the open-circuit voltage of the microphone used as a receiver to the input current of the microphone used as a sound transmitter.

Note. — This impedance is a function of the ground-shield configuration.