

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60483**

Première édition  
First edition  
1976-01

---

---

**Guide pour les mesures dynamiques  
des céramiques piézoélectriques avec  
coefficient de couplage électromécanique élevé**

**Guide to dynamic measurements of  
piezoelectric ceramics  
with high electromechanical coupling**

© IEC 1976 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.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



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
PRÉAMBULE . . . . .	4
PRÉFACE . . . . .	4
Articles	
1. Domaine d'application . . . . .	6
2. Introduction . . . . .	6
3. Caractéristiques de l'admittance . . . . .	6
4. Circuits équivalents . . . . .	10
5. Relation entre le coefficient de couplage électromécanique et l'espacement relatif entre fréquences . . . . .	10
6. Circuits pour la mesure des paramètres des résonateurs . . . . .	12
7. Méthodes pour la mesure des paramètres des résonateurs . . . . .	14
8. Méthodes pour la détermination des constantes des matériaux . . . . .	16
9. Liste des symboles utilisés . . . . .	16
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	20
TABLEAUX . . . . .	21
FIGURES . . . . .	26
ANNEXE A — Relations entre les constantes des matériaux . . . . .	33

---

## CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	5
PREFACE . . . . .	5
Clause	
1. Scope . . . . .	7
2. Introduction . . . . .	7
3. Admittance characteristics . . . . .	7
4. Equivalent circuits . . . . .	11
5. Relationship between the electromechanical coupling factor and the relative frequency spacing . . . . .	11
6. Circuits for measuring resonator parameters . . . . .	13
7. Methods for measuring resonator parameters . . . . .	15
8. Methods for determining material constants . . . . .	17
9. List of symbols used . . . . .	17
BIBLIOGRAPHY . . . . .	20
TABLES . . . . .	21
FIGURES . . . . .	26
APPENDIX A — Relationships between material constants . . . . .	33

---

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

**GUIDE POUR LES MESURES DYNAMIQUES  
DES CÉRAMIQUES PIÉZOÉLECTRIQUES  
AVEC COEFFICIENT DE COUPLAGE ÉLECTROMÉCANIQUE ÉLEVÉ**

---

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes n° 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Paris en novembre 1971. A la suite de cette réunion, le projet, document 49(Bureau Central)75, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1973.

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

Allemagne	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Israël	Yougoslavie
Italie	
Japon	

*Autres publications de la CEI citées dans la présente publication :*

- Publications n° 302: Définitions normalisées et méthodes de mesures pour les résonateurs piézoélectriques de fréquences inférieures à 30 MHz.
- 444: Méthode fondamentale pour la mesure de la fréquence de résonance et de la résistance série équivalente des quartz piézoélectriques par la technique de phase nulle dans le circuit en  $\pi$ .
-

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**GUIDE TO DYNAMIC MEASUREMENTS  
OF PIEZOELECTRIC CERAMICS  
WITH HIGH ELECTROMECHANICAL COUPLING**

---

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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 49, Piezoelectric Devices for Frequency Control and Selection.

A first draft was discussed at the meeting held in Paris in November 1971. As a result of this meeting, the draft, Document 49(Central Office)75, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Belgium	Romania
Canada	Switzerland
Denmark	Turkey
France	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Japan	Yugoslavia
Poland	

*Other IEC publications quoted in this publication:*

- Publications Nos. 302: Standard Definitions and Methods of Measurement for Piezoelectric Vibrators Operating over the Frequency Range up to 30 MHz.
- 444: Basic Method for the Measurement of Resonance Frequency and Equivalent Series Resistance of Quartz Crystal Units by Zero Phase Technique in a  $\pi$  Network.
-

# GUIDE POUR LES MESURES DYNAMIQUES DES CÉRAMIQUES PIÉZOÉLECTRIQUES AVEC COEFFICIENT DE COUPLAGE ÉLECTROMÉCANIQUE ÉLEVÉ

---

## 1. Domaine d'application

Ce guide s'applique aux mesures dynamiques des résonateurs à céramiques piézoélectriques. La Publication 302 de la CEI: Définitions normalisées et méthodes de mesures pour les résonateurs piézoélectriques de fréquences inférieures à 30 MHz, destinée principalement au cas des quartz, est aussi applicable à la mesure des résonateurs céramiques piézoélectriques. Il y a cependant deux différences importantes entre le cas des quartz et le cas des résonateurs céramiques.

Premièrement, les couplages électromécaniques élevés associés aux résonateurs céramiques entraînent une détermination des paramètres tout à fait différente de ceux des quartz. Deuxièmement, dans le cas des résonateurs céramiques, il est souvent nécessaire d'évaluer non seulement les paramètres du résonateur, mais aussi les constantes du matériau.

Ce guide a été établi pour compléter des publications existantes et accorde une attention particulière à ces deux points. Certaines autres caractéristiques des céramiques piézoélectriques, en particulier le vieillissement et les non-linéarités aux signaux élevés, n'entrent pas dans le domaine d'application de ce guide. Ces caractéristiques se rapportent à des effets de domaine dans les matériaux ferro-électriques et sont très complexes.

En introduction, un rappel des caractéristiques de l'admittance et des circuits équivalents des résonateurs céramiques vibrant en modes simples est suivi par les méthodes de détermination des paramètres d'un résonateur puis des constantes essentielles.

# GUIDE TO DYNAMIC MEASUREMENTS OF PIEZOELECTRIC CERAMICS WITH HIGH ELECTROMECHANICAL COUPLING

---

## 1. Scope

This guide relates to dynamic measurements of piezoelectric ceramic resonators. IEC Publication 302, Standard Definitions and Methods of Measurement for Piezoelectric Vibrators Operating over the Frequency Range up to 30 MHz, which is mainly intended for the case of quartz crystal units, is also applicable to the measurement of piezoelectric ceramic resonators. There are, however, two important differences between the case of quartz crystal units and the case of ceramic resonators.

Firstly, the high electromechanical coupling associated with ceramic resonators makes the determination of the parameters quite different from those of quartz crystal units. Secondly, not only resonator parameters but also material constants are frequently required to be evaluated in the case of ceramic resonators.

This guide has been compiled to supplement existing publications with particular attention to these two points. Certain other characteristics of piezoelectric ceramics are considered as beyond the scope of this guide, in particular, ageing and high signal non-linearities. These characteristics are related to domain effects in ferro-electrics and are very complex.

An introductory review of the admittance characteristics and equivalent circuits of ceramic resonators vibrating in simple modes is followed by methods for determining resonator parameters, and in turn material constants.