

**NORME
INTERNATIONALE**

**CEI
IEC**

**INTERNATIONAL
STANDARD**

60368-2-2

Première édition
First edition
1996-07

Filtres piézoélectriques

**Deuxième partie:
Guide d'emploi des filtres piézoélectriques
Section 2 – Filtres à céramique piézoélectrique**

Piezoelectric filters

**Part 2:
Guide to the use of piezoelectric filters
Section 2 – Piezoelectric ceramic filters**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60368-2-2: 1996

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

60368-2-2

Première édition
First edition
1996-07

Filtres piézoélectriques

**Deuxième partie:
Guide d'emploi des filtres piézoélectriques
Section 2 – Filtres à céramique piézoélectrique**

Piezoelectric filters

**Part 2:
Guide to the use of piezoelectric filters
Section 2 – Piezoelectric ceramic filters**

© IEC 1996 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 IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions	10
3.1 Termes généraux	10
3.2 Caractéristiques électriques	12
4 Résonateurs à céramique piézoélectrique pour filtres	14
4.1 Généralités	14
4.2 Mode de vibration en fonction de la fréquence	16
5 Caractéristiques fondamentales des filtres	18
5.1 Types de filtres à céramique piézoélectrique	18
5.2 Utilisation et limites	32
5.3 Niveau d'entrée	36
6 Remarques pratiques	38
6.1 Adaptation d'impédance	38
6.2 Suppression des réponses parasites	40
7 Méthodes de mesure	40
8 Marquage	40
9 Méthode pour la spécification d'un filtre à céramique piézoélectrique	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	11
3.1 General terms	11
3.2 Electrical properties	13
4 Piezoelectric ceramic resonators for filters	15
4.1 General	15
4.2 Mode of vibration as a function of frequency	17
5 Basic filter characteristics	19
5.1 Types of piezoelectric ceramic filters	19
5.2 Utilization and limitations	33
5.3 Input level	37
6 Practical remarks	39
6.1 Impedance matching	39
6.2 Spurious response suppression	41
7 Measuring techniques	41
8 Marking	41
9 Specification procedure for a piezoelectric ceramic filter	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILTRES PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 2: Guide d'emploi des filtres piézoélectriques – Section 2: Filtres à céramique piézoélectrique

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 concernant des questions techniques, représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales; ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 368-2-2 a été établie par le comité d'études 49 de la CEI: Dispositifs piézoélectriques et diélectriques pour la commande et le choix de la fréquence.

La CEI 368-2-2 annule et remplace la CEI 368B parue en 1975, et constitue une révision technique.

La CEI 368: Filtres piézoélectriques, est composée des parties suivantes:

- CEI 368-1: Partie 1: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essai (1992).
- CEI 368-2: Deuxième partie: Guide d'emploi des filtres piézoélectriques, qui comprend:
 - CEI 368-2-1: Section 1: Filtres à quartz (1988).
 - CEI 368-2-2: Section 2: Filtres à céramique piézoélectrique (1996).
 - CEI 368-3: Partie 3: Encombrements normalisés (1991).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
49/317/FDIS	49/348/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PIEZOELECTRIC FILTERS –

Part 2: Guide to the use of piezoelectric filters –
Section 2: Piezoelectric ceramic filters

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide 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, express as nearly as possible an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 368-2-2 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection.

IEC 368-2-2 cancels and replaces IEC 368B, published in 1975, and constitutes a technical revision.

IEC 368: Piezoelectric filters, comprises:

- IEC 368-1: Part 1: General information, standard values and test conditions (1992).
- IEC 368-2: Part 2: Guide to the use of piezoelectric filters, which comprises:
 - IEC 368-2-1: Section 1: Quartz crystal filters (1988).
 - IEC 368-2-2: Section 2: Piezoelectric ceramic filters (1996).
 - IEC 368-3: Part 3: Standard outlines (1991).

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

FDIS	Report on voting
49/317/FDIS	49/348/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.

INTRODUCTION

A la suite des progrès dans les recherches et le développement des matériaux en céramique piézoélectrique stables, une nouvelle branche très prometteuse est apparue dans la construction des filtres miniatures et économiques de haute qualité utilisant des résonateurs à céramique piézoélectrique (appelés aussi «résonateurs à céramique»).

La disponibilité de résonateurs à céramique ayant un facteur de couplage élevé, un facteur de qualité élevé et une stabilité satisfaisante a favorisé la construction d'un filtre à céramique piézoélectrique qui peut être utilisé comme variante des filtres LC classiques, des filtres mécaniques et pour de nouvelles applications.

Les filtres à céramique piézoélectrique (appelés ci-après «filtres à céramique») sont à présent largement utilisés en communication (dans les amplificateurs de fréquence intermédiaire des récepteurs de trafic), dans l'appareillage pour la formation d'un groupe de fréquences de référence, en télémétrie et pour les appareils de mesure, ainsi que pour les amplificateurs de fréquence intermédiaire des récepteurs de radiodiffusion. Bien que les spécifications pour ces filtres soient très diverses, la plupart des besoins, mentionnés ci-dessus peuvent être satisfaits par un petit nombre de types de filtres à céramique normalisés.

Les spécifications particulières normalisées, dans la série de la CEI 368 et CEI 1261, ainsi que les spécifications nationales ou les feuilles de caractéristiques publiées par les constructeurs détermineront les combinaisons possibles de fréquence de référence, de largeur de bande passante, d'ondulation, de facteur de forme, d'impédance de charge, etc. Ces feuilles de spécification sont établies pour couvrir une large gamme de filtres à céramique ayant des performances normalisées. On ne saurait trop insister sur le fait que l'utilisateur devrait, partout où cela est possible, choisir ses filtres à céramique à partir de ces feuilles de spécification, en cas de disponibilité, même si cela peut l'amener à apporter de légères modifications à son circuit pour permettre l'emploi de filtres normalisés. Cela est particulièrement le cas pour le choix de la fréquence de référence.

Contrairement aux filtres LC classiques, les filtres à céramique, comme les filtres à quartz, offrent des avantages substantiels dans la construction et le prix de revient lorsque leurs fréquences de référence sont limitées à quelques gammes étroites de fréquences. Par conséquent, une commande qui ne spécifie pas une des fréquences de référence les plus utilisées habituellement peut être coûteuse.

Il faut comprendre que la normalisation n'est pas définitive, mais en évolution continuelle. Lorsque de nouveaux besoins se présentent, de nouvelles spécifications particulières sont élaborées pour satisfaire à ces besoins.

Il est du plus grand intérêt pour l'utilisateur que les caractéristiques du filtre satisfassent aux exigences d'une feuille de spécification. Il convient que le choix de la conception du filtre interne et des résonateurs associés, pour satisfaire à cette spécification, soit laissé au fabricant.

Les caractéristiques amplitude-fréquence du filtre s'expriment habituellement par l'affaiblissement de transmission en fonction de la fréquence, comme l'indique la figure 1. Dans certaines applications, les caractéristiques telles que la réponse de transition ou le retard de groupe sont plus importantes que l'affaiblissement de transmission.

INTRODUCTION

In accordance with the progress in research and development of stable piezoelectric ceramic materials a new, rather promising field has appeared in designing high quality, miniature and economical filters using piezoelectric ceramic resonators (hereinafter referred to as ceramic resonators).

The availability of ceramic resonators with a high coupling factor, a high quality factor, and a satisfactory stability has permitted a design of a piezoelectric ceramic filter which can be used as an alternative to conventional LC filters, mechanical filters, as well as for new applications.

Piezoelectric ceramic filters (hereafter referred to as ceramic filters) are at present widely used in communication (in IF amplifiers of communication receivers), in equipment for forming a set of reference frequencies, and also in telemetry and measurement application, as well as in the IF amplifiers of broadcast receivers. Although specifications for these filters are very diverse, many of the above needs can be served by a few standard types of ceramic filters.

The standard detail specifications (in the IEC 368 and IEC 1261 series) and national specifications or data sheets issued by manufacturers will define the available combinations of reference frequency, pass bandwidth, ripple, shape factor, terminating impedance, etc. These sheets are compiled to include a wide range of ceramic filters with standardized performances. It cannot be overemphasized that the user should, wherever possible, select his ceramic filters from these specification sheets, when available, even if it may lead to making small modifications to his circuit to enable standard filters to be used. This is especially so in the case of the selection of the reference frequency.

In contrast to conventional LC filters, ceramic filters, as well as quartz crystal filters, offer substantial advantages in design and production costs, when their reference frequencies are limited to a few narrow frequency ranges. Hence, an order which does not specify one of the more commonly used reference frequencies may be uneconomical.

It should be understood that standardization is not a fixed process, but rather a continuing one. As new requirements arise, new detail specifications are prepared to meet these requirements.

It is of prime interest to a user that the filter characteristics should satisfy the requirements of a specification sheet. The selection of internal filter and resonator networks to meet that specification should be an option of the manufacturer.

The amplitude versus frequency characteristics of a filter are usually expressed in terms of transducer attenuation as a function of frequency, as shown in figure 1. In some applications, such characteristics as transient response or group delay time are more important than transducer attenuation.

Les caractéristiques de l'affaiblissement de transmission sont, en plus, spécifiées par la fréquence de référence, l'affaiblissement de transmission minimale, l'ondulation dans la bande passante et le facteur de forme, dont les valeurs normalisées sont données dans la CEI 368-1 et la CEI 1261-1. La spécification doit être satisfaite entre les températures minimale et maximale de la gamme de températures de fonctionnement spécifiée. Cette condition devrait être aussi remplie avant et après les essais d'environnement. Dans certains cas, en particulier pour les filtres destinés aux récepteurs de radiodiffusion, la variation maximale des caractéristiques dans la gamme de températures donnée peut être spécifiée.

Transducer attenuation characteristics are further specified by reference frequency, minimum transducer attenuation, pass-band ripple and shape factor, of which standard values are given in IEC 368-1 and IEC 1261-1. The specification is to be satisfied between the lowest and highest temperature of the specified operating temperature range. This condition should also be satisfied before and after the environmental tests. In some cases, particularly for filters for broadcast receivers, the maximum variation of characteristics over a given temperature range may be specified.

FILTRES PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 2: Guide d'emploi des filtres piézoélectriques – Section 2: Filtres à céramique piézoélectrique

1 Domaine d'application

La présente section de la CEI 368-2 décrit les filtres passe-bande passifs fonctionnant dans la gamme des fréquences allant de quelques kHz à plus de 10 MHz et qui sont disponibles dans le commerce en tant que dispositifs séparés et indépendants. Le but de cette norme n'est pas de développer des notions théoriques, ni d'essayer de couvrir tous les cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Cette norme attire l'attention sur quelques-uns des problèmes fondamentaux que l'utilisateur devrait examiner avant de commander un filtre pour une nouvelle application. Une telle façon de procéder lui éviterait tout fonctionnement défectueux.

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 section de la CEI 368-2. 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 section de la CEI 368-2 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 368-1: 1992, *Filtres piézoélectriques – Partie 1: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essais*

CEI 1261-1: 1994, *Filtres à céramique piézoélectrique destinés aux équipements électroniques – Spécification dans le système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ) – Partie 1: Spécification générique – Homologation*

CEI 1261-2: 1994, *Filtres à céramique piézoélectrique destinés aux équipements électroniques – Spécification dans le système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ) – Partie 2: Spécification intermédiaire – Homologation*

CEI 1261-2-1: 1994, *Filtres à céramique piézoélectrique destinés aux équipements électroniques – Spécification dans le système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ) – Partie 2: Spécification intermédiaire – Homologation – Section 1: Spécification particulière cadre – Niveau d'assurance E*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente section de la CEI 368-2, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Termes généraux

3.1.1 résonateur à céramique piézoélectrique: Élément en céramique piézoélectrique comportant des électrodes que l'on peut faire vibrer dans un mode spécifié de vibration.

PIEZOELECTRIC FILTERS –

Part 2: Guide to the use of piezoelectric filters – Section 2: Piezoelectric ceramic filters

1 Scope

This section of IEC 368-2 describes passive band-pass filters operating over the frequency range of a few kHz to more than 10 MHz which are commercially available as separate and independent units. It is not the aim of this standard to explain theory, nor to attempt to cover all the eventualities which may arise in practical circumstances. This standard draws attention to some of the fundamental questions which should be considered by the user before he places an order for a filter for a new application. Such a procedure will be the user's insurance against unsatisfactory performance.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 368-2. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 368-2 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 368-1: 1992, *Piezoelectric filters – Part 1: General information, standard values and test conditions*

IEC 1261-1: 1994, *Piezoelectric ceramic filters for use in electronic equipment – A specification in the IEC quality assessment system for electronic components (IECQ) – Part 1: Generic specification – Qualification approval*

IEC 1261-2: 1994, *Piezoelectric ceramic filters for use in electronic equipment – A specification in the IEC quality assessment system for electronic components (IECQ) – Part 2: Sectional specification – Qualification approval*

IEC 1261-2-1: 1994, *Piezoelectric ceramic filters for use in electronic equipment – A specification in the IEC quality assessment system for electronic components (IECQ) – Part 2: Sectional specification – Qualification approval – Section 1: Blank detail specification – Assessment level E*

3 Terms and definitions

For the purpose of this section of IEC 368-2, the following terms and definitions apply.

3.1 General terms

3.1.1 **piezoelectric ceramic resonator:** Piezoelectric ceramic element with electrodes which can be made to vibrate in a particular mode of vibration.

3.1.2 polarisation: Orientation de l'axe de polarisation dans une seule direction en appliquant un champ électrique élevé de courant continu à haute température pour créer l'effet piézoélectrique dans un matériau en céramique.

3.1.3 électrode: Plaque ou film électriquement conducteur en contact avec ou à proximité d'une face d'élément en céramique, permettant d'appliquer à cet élément un champ électrique.

3.1.4 mode de vibration: Configuration du mouvement des particules individuelles dans un corps vibrant, résultant des contraintes appliquées à ce corps.

Les modes de vibration généralement utilisés sont:

- a) le mode d'extension en surface;
- b) le mode de cisaillement d'épaisseur à énergie piégée;
- c) le mode d'extension en épaisseur à énergie piégée.

NOTE - La gamme de fréquences applicable est indiquée à la figure 2.

3.2 *Caractéristiques électriques*

3.2.1 fréquence centrale: Moyenne géométrique des fréquences de coupure. Cependant, pour certaines applications spécifiques, la fréquence centrale peut aussi être celle qui correspond à l'affaiblissement minimal de transmission.

NOTE - Pratiquement, la moyenne arithmétique est souvent utilisée comme une bonne approximation de la moyenne géométrique.

3.2.2 bande passante: Bande des fréquences pour lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou inférieur à la valeur spécifiée.

3.2.3 affaiblissement d'insertion: Rapport logarithmique de la puissance transmise à l'impédance de charge avant l'insertion du filtre, à la puissance transmise à l'impédance de charge après l'insertion du filtre.

3.2.4 ondulation dans la bande passante: Différence entre l'affaiblissement maximal et minimal dans la bande passante ou dans une portion définie de la bande passante.

3.2.5 sélectivité: Différence entre l'affaiblissement à la fréquence donnée hors de la bande passante et la valeur de référence à la fréquence de référence donnée. La fréquence de référence peut être spécifiée selon son application.

3.2.6 réponse indésirable: Etat de résonance d'un résonateur à céramique piézoélectrique autre que l'état associé à la fréquence caractéristique (par exemple, fréquence centrale).

3.2.7 gamme de températures de fonctionnement: Gamme de températures dans laquelle le filtre à céramique piézoélectrique fonctionne dans les tolérances spécifiées.

3.2.8 température de référence: Température à laquelle les mesures du filtre à céramique piézoélectrique sont faites. La température de référence est la température centrale dans la gamme de températures contrôlée.

3.1.2 polarization: Orientation of the polarization axis in one direction by applying a high d.c. electric field at high temperature in order to create the piezoelectric effect in a ceramic material.

3.1.3 electrode: Electrically conductive plate or film in contact with, or in proximity to, a face of a ceramic element, by means of which an electric field can be applied to the element.

3.1.4 mode of vibration: Pattern of motion of the individual particles in a vibrating body resulting from stresses applied to the body.

The most common modes of vibration are:

- a) area expansion mode;
- b) trapped thickness shear mode;
- c) trapped thickness expansion mode.

NOTE – Applicable frequency range is referred to in figure 2.

3.2 *Electrical properties*

3.2.1 mid-band frequency: Geometrical mean of the cut-off frequencies. However, the mid-band frequency might be defined as the minimum transducer attenuation for some specific applications.

NOTE – In practice, the arithmetic mean is often used as a good approximation to the geometric mean.

3.2.2 pass-band: Band of frequencies in which the relative attenuation is equal to or less than a specified value.

3.2.3 insertion attenuation: Logarithmic ratio of the power delivered to the load impedance before insertion of the filter to the power delivered to the load impedance after insertion of the filter.

3.2.4 pass-band ripple: Difference between the maximum and minimum attenuation in the pass band or in a specified portion of the pass-band.

3.2.5 selectivity: Difference between the attenuation at the given frequency outside the pass-band and the reference value at a given reference frequency. The reference frequency might be specified according to its application.

3.2.6 unwanted response: State of resonance of a piezoelectric ceramic resonator other than that associated with the characteristic frequency (such as mid-band frequency).

3.2.7 operating temperature range: Range of temperatures over which the piezoelectric ceramic filter works within the specified tolerances.

3.2.8 reference temperature: Temperature at which piezoelectric ceramic filter measurements are made. The reference temperature is the mid-point of the controlled temperature range.

La température de référence est normalement de (25 ± 2) °C.

3.2.9 vieillissement (paramètre de la variation à long terme): Relation qui existe entre la fréquence de référence et le temps.

NOTE - Il sera spécifié, conformément aux exigences de l'utilisateur, lorsque les filtres à céramique sont utilisés selon des exigences sévères pour la précision de la fréquence.

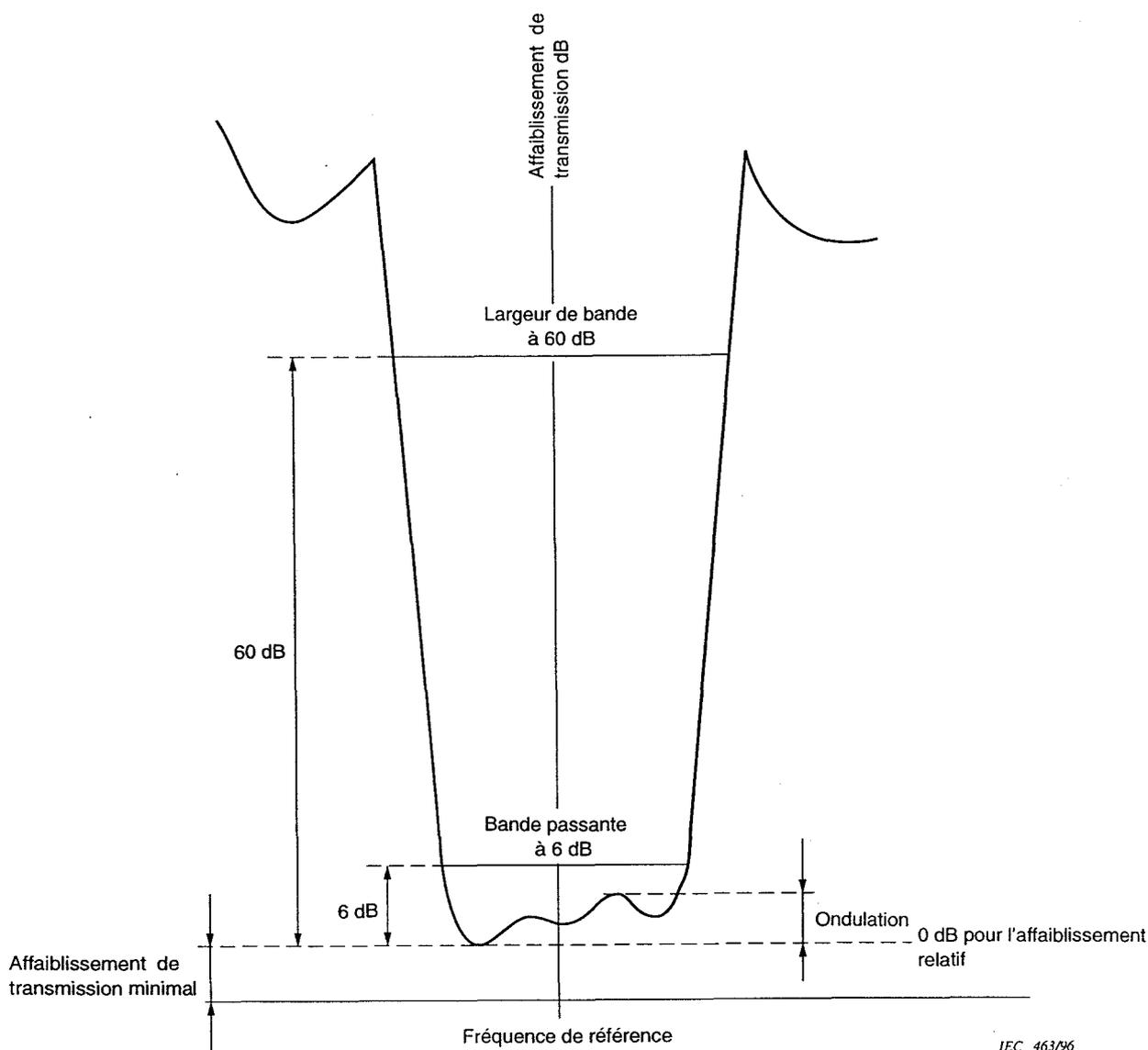


Figure 1 – Caractéristique de l'affaiblissement de transmission d'un filtre

4 Résonateurs à céramique piézoélectrique pour filtres

4.1 Généralités

Les matériaux dont l'ensemble est constitué d'un seul cristal sont appelés «monocristaux», tandis que ceux qui sont constitués de nombreuses sorties de cristaux sont appelés «céramiques».

The reference temperature is normally $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

3.2.9 ageing: (long-term parameter variation): Relation which exists between the reference frequency and time.

NOTE – It will be specified, according to user's request, when piezoelectric ceramic filters are used under severe requirements for frequency accuracy.

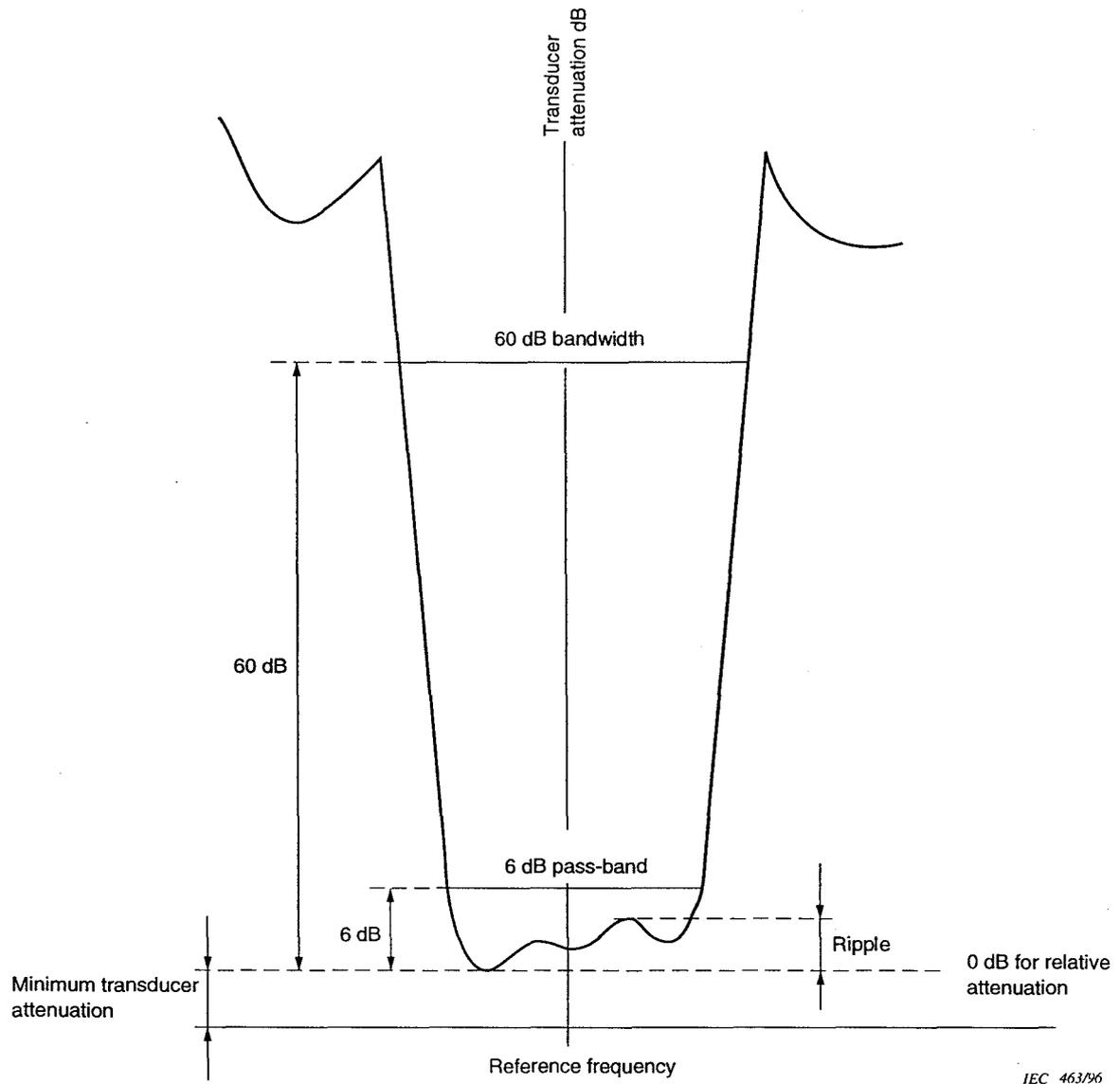


Figure 1 – Transducer attenuation characteristic of a filter

4 Piezoelectric ceramic resonators for filters

4.1 General

Materials, the whole body of which are of crystal, are called single crystals, while those comprised of many crystal bodies are called ceramics.

Les céramiques piézoélectriques sont composées de nombreux cristaux. Monocristaux tels que le cristal de quartz, dans lequel tous les axes de polarisation interne sont tous orientés dans une seule direction, peuvent être utilisés comme matériaux piézoélectriques en tant que tels.

Cependant les céramiques, qui sont composées de petits cristaux orientés dans les directions aléatoirement, ne possèdent pas d'effet piézoélectrique puisque les axes de polarisation des cristaux sont orientés dans les directions aléatoires. Dans ce cas, les céramiques se comportent comme les matériaux diélectriques. Pour créer l'effet piézoélectrique dans les céramiques, il est nécessaire d'orienter l'axe de polarisation dans une seule direction.

Cela est réalisé par l'application d'un champ électrique direct de forte intensité pendant une longue durée; ce processus est appelé traitement de polarisation.

Les matériaux de base utilisés pour les résonateurs à céramique piézoélectrique sont le titanate-zirconate de plomb et le titanate de plomb. Le coefficient de température de la fréquence de résonance peut être réglé en changeant le rapport du zirconate de plomb au titanate de plomb pour chaque mode de vibration.

Les dimensions physiques sont étroitement contrôlées car elles déterminent la fréquence de résonance. Les fréquences de résonance sont inversement proportionnelles aux dimensions physiques. La seule exception est l'épaisseur pour le mode de vibration en flexion.

Les paramètres typiques des céramiques piézoélectriques, utilisés pour les filtres, sont donnés au tableau 1. Sur ce tableau, les constantes de la fréquence sont la fréquence de résonance en mode d'extension planaire multipliée par le diamètre du disque en céramique. Les coefficients de couplage concernent aussi le mode d'extension planaire.

Tableau 1 – Paramètres typiques des céramiques piézoélectriques utilisés pour filtres

Matériau	Constante de la fréquence m/s	Coefficient de couplage k %	Permittivité ϵ	Q_m
PZT-6D	2510	35	790	830
PZT-6E	2040	31	820	1130
PCM-18	2520	39	1200	1800
PCM-67	2580	32	620	3130

4.2 Mode de vibration en fonction de la fréquence

La gamme de fréquences couverte commercialement par les résonateurs à céramique est généralement de 10 kHz à 30 MHz. La résonance mécanique est classée selon la direction de vibration et le type d'ondes généré.

Cela est appelé «mode de vibration» et cela dépend de la forme des électrodes, de la direction de polarisation et de la direction d'excitation. Les différents modes de vibration entraînent des différentes gammes de fréquences des résonateurs.

Piezoelectric ceramics are composed of many crystals. Single crystals, like a quartz crystal, in which the internal polarization axes are all oriented in one direction, can be used as piezoelectric materials as they are.

Ceramics, however, which are composed of fine crystals, unevenly directed, do not show the piezoelectric effect, since the crystals' polar axes are oriented in random directions. In this case, ceramics act as dielectric materials. In order to create the piezoelectric effect in ceramics, it is necessary to orient the polarization axis in one direction.

This is accomplished by applying a direct electric field of high intensity for a long time, and the process is referred to as the polarization treatment.

The basic materials for piezoelectric ceramic resonators are lead titanate-zirconate and lead titanate. The temperature coefficient of the resonance frequency can be adjusted by changing the lead zirconate to lead titanate ratio for each mode of vibration.

Physical dimensions are tightly controlled, since they determine the resonance frequency. The resonance frequencies are inversely proportional to physical dimensions. The one exception is thickness in the flexural mode of vibration.

Typical data for piezoelectric ceramics used for filters are listed in table 1. In this table, the frequency constants are the resonance frequency for the planar expansion mode multiplied by the diameter of a ceramic disc. Coupling coefficients also apply for the planar expansion mode.

Table 1 – Typical data on piezoelectric ceramics used for filters

Material	Frequency constant m/s	Coupling coefficient k %	Permittivity ϵ	Q_m
PZT-6D	2510	35	790	830
PZT-6E	2040	31	820	1130
PCM-18	2520	39	1200	1800
PCM-67	2580	32	620	3130

4.2 Mode of vibration as a function of frequency

The frequency range covered commercially by piezoelectric ceramic resonators is generally from 10 kHz to 30 MHz. Mechanical resonance is classified according to the vibration direction and the type of waves generated.

This is referred to as the mode of vibration, which depends on the shape of electrodes, direction of polarization, and driving direction. Various modes result in various frequency ranges of the resonator.

La figure 2 indique les modes typiques de vibration en fonction des gammes de fréquences.

Mode de vibration		Fréquence Hz							
		1 k	10 k	100 k	1 M	10 M	100 M	1 G	
Vibration en flexion		█							
Vibration en longueur				█					
Vibration en surface				█					
Vibration radiale				█					
Mode d'énergie piégée cisaillement d'épaisseur					█				
Mode d'énergie piégée d'épaisseur					█				

Note - Le signe ↔ montre la direction de vibration

IEC 464/96

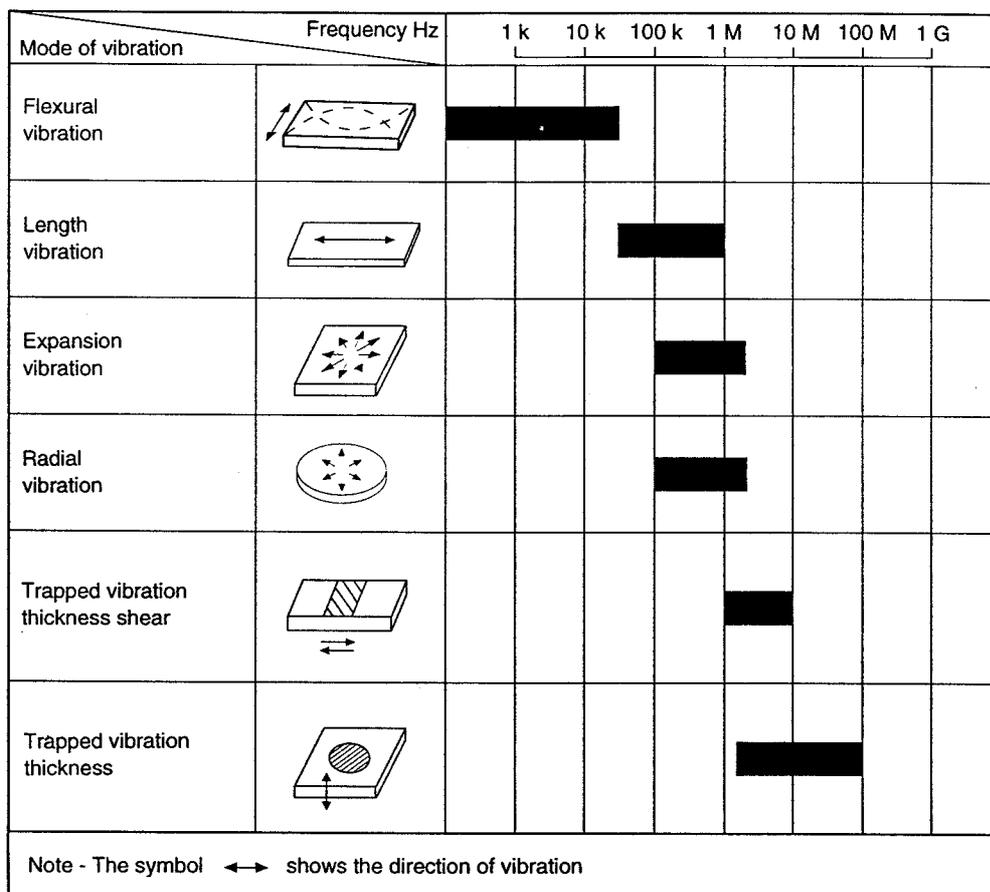
Figure 2 – Mode de vibration et gamme des fréquences des résonateurs à céramique piézoélectrique

5 Caractéristiques fondamentales des filtres

5.1 Types de filtres à céramique piézoélectrique

Les filtres à céramique piézoélectrique sont essentiellement classés en deux types de caractéristiques d'affaiblissement de transmission comme le montre la figure 3. L'un est appelé «Butterworth» et possède une caractéristique d'affaiblissement de transmission plate dans la partie de dessus. L'avantage de ce type est d'avoir une largeur de bande constante même pour les signaux de faible niveau d'entrée. Cela signifie une haute sensibilité pour les récepteurs. Une forte sélectivité est aussi possible. L'autre est appelé «Gaussien», et possède une caractéristique de l'affaiblissement de transmission arrondie dans la bande passante. La largeur de bande devient plus étroite pour un signal de faible niveau d'entrée et le signal FM peut être supprimé. Cela entraîne une sensibilité du récepteur plus faible que le filtre de type Butterworth et une sélectivité réduite. Mais la caractéristique du retard de groupe très plate pour le filtre de type Gaussien et est arrondie pour le filtre de type Butterworth.

Figure 2 shows typical modes of vibration and frequency ranges.



IEC 464/96

Figure 2 – Mode of vibration and frequency ranges of piezoelectric ceramic resonators

5 Basic filter characteristics

5.1 Types of piezoelectric ceramic filters

Basically, piezoelectric ceramic filters are classified into two types of transducer attenuation characteristics as shown in figure 3. One is called the "Butterworth" type which has a flat-top transducer attenuation characteristic. The advantage of this type is that the bandwidth does not change even at low signal input level, and thus high sensitivity of receivers can be expected. High selectivity is also available. The other characteristic is called the "Gaussian" type which has a round transducer attenuation characteristic in the pass-band. The bandwidth becomes narrower at low signal input level, and the FM signal might be cut off. This means that the sensitivity of the receivers will be worse compared with the Butterworth type filter, and selectivity poor. On the other hand, the group delay characteristic is very flat in the Gaussian type filter, and is curved in the Butterworth type filter.

Le retard de groupe est une caractéristique qui concerne le facteur de distorsion dans les récepteurs FM et le taux d'erreur des bits dans les systèmes de communication numériques. La distorsion peut être provoquée par la non-linéarité de la caractéristique de phase. Les caractéristiques de retard de groupe et de linéarité de phase sont étroitement liées.

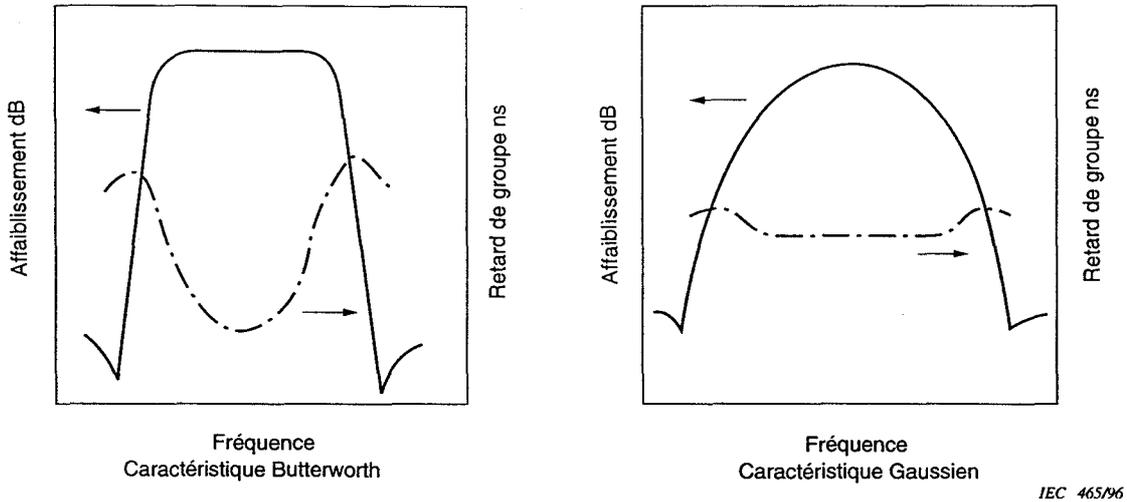


Figure 3 – Caractéristiques des deux types d'affaiblissement de transmission

5.1.1 *Filtres à FI pour une gamme de fréquences en kilohertz*

Ces filtres sont couramment utilisés pour les récepteurs AM radio et les systèmes de communication dans la gamme de fréquences de 400 kHz à 500 kHz. Deux types de filtres à céramique piézoélectrique sont disponibles. L'un est un filtre utilisant un résonateur avec électrodes en anneau et au centre et l'autre est un filtre en échelle.

a) *Type de filtre avec électrodes en anneau et au centre*

La figure 4 représente un ensemble d'électrodes sur un résonateur. La figure 5 montre le circuit équivalent du résonateur. Un côté du résonateur à céramique piézoélectrique possède une électrode commune reliée à la masse. L'autre côté possède deux électrodes concentriques divisées en anneau et au centre. Le signal électrique d'entrée est transformé en vibration mécanique par l'électrode d'excitation centrale; puis cette vibration mécanique est à nouveau transformée en signal électrique par l'électrode en anneau (électrode récepteur).

L'un des grands avantages de ce filtre est que sa sélectivité peut être aisément améliorée en l'associant en cascade, comme indiqué sur la figure 6. La figure 7a montre la caractéristique de fréquence typique d'un filtre simple, et la figure 7b montre celle de filtres associés en cascade.

The group delay characteristic is concerned with the distortion factor in FM receivers and bit error rate in digital communication systems. Distortion can occur due to the non-linearity of the phase characteristic. There is a close relationship between group delay time and linearity of phase characteristics.

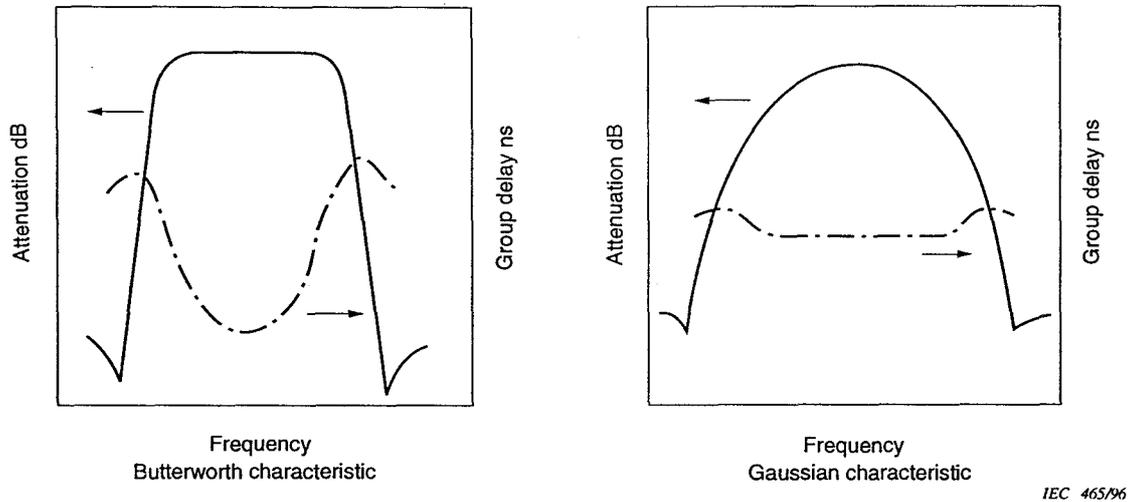


Figure 3 – Two types of transducer attenuation characteristics

5.1.1 IF filters for kilohertz frequency range

These filters are widely used for AM radio receivers and communication equipment in the frequency range 400 kHz to 500 kHz. Two types of piezoelectric ceramic filters are available. One is a filter using a resonator with ring and dot electrodes, the other is a ladder-type filter.

a) Ring and dot electrode type filters

Figure 4 shows the electrodes on the resonator. Figure 5 shows the equivalent circuit of the resonator. One side of the piezoelectric ceramic resonator has a common ground electrode. Another side has an electrode split into ring and dot. The input electrical signal is transduced to mechanical vibration by a dot electrode (driving electrode). This mechanical vibration is then transduced again into an electrical signal by a ring electrode (pick-up electrode).

One of the big advantages of this filter is that its selectivity can easily be enhanced by connecting it in cascade, as shown in figure 6. Figure 7a shows the typical frequency characteristic of a single filter, and figure 7b shows that of cascade connected filters.

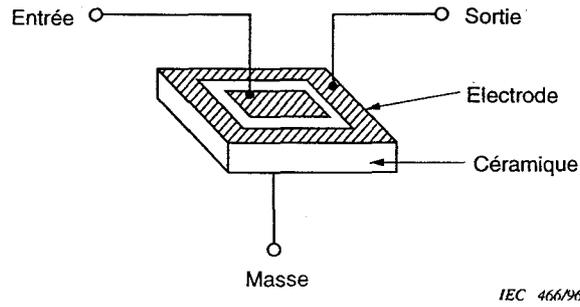


Figure 4 – Exemple d'un résonateur à céramique à trois sorties utilisant des électrodes divisées en anneau et au centre

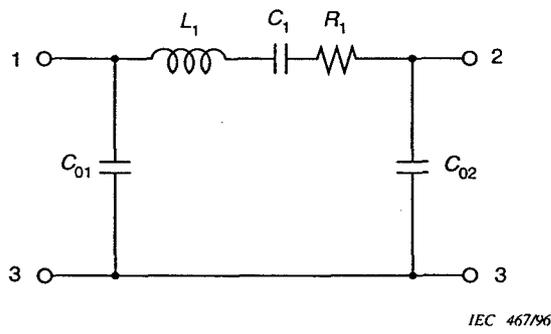


Figure 5 – Circuit équivalent simplifié d'un résonateur à céramique utilisant des électrodes divisées en anneau et au centre

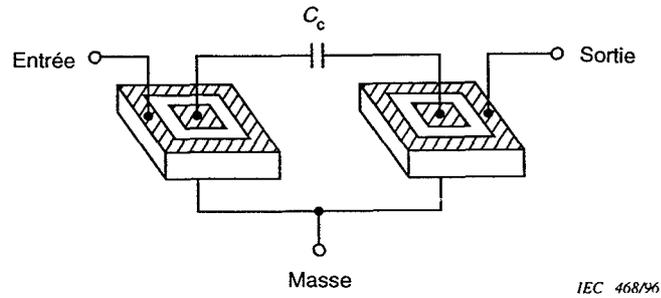
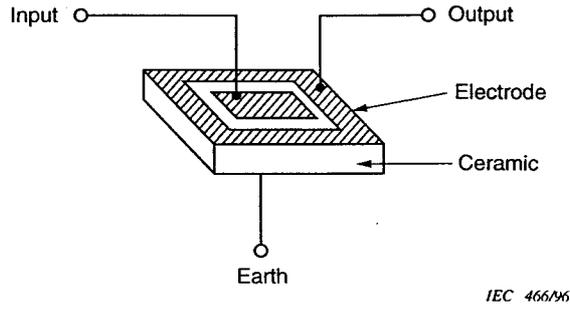
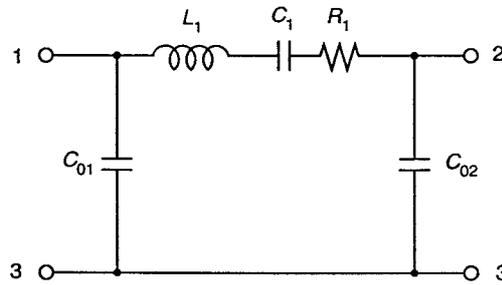


Figure 6 – Filtres associés en cascade



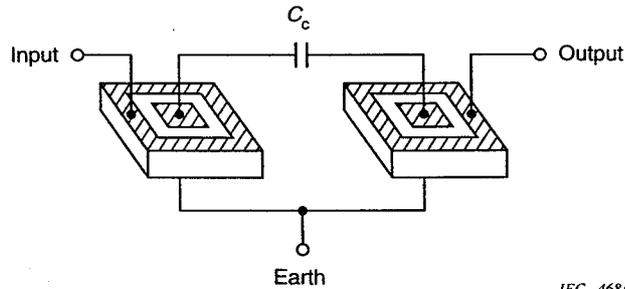
IEC 466/96

Figure 4 – Example of a three-terminal piezoelectric ceramic resonator using electrodes split into ring and dot



IEC 467/96

Figure 5 – Simplified equivalent circuit of a piezoelectric ceramic resonator using electrodes split into ring and dot



IEC 468/96

Figure 6 – Cascade-connected filters

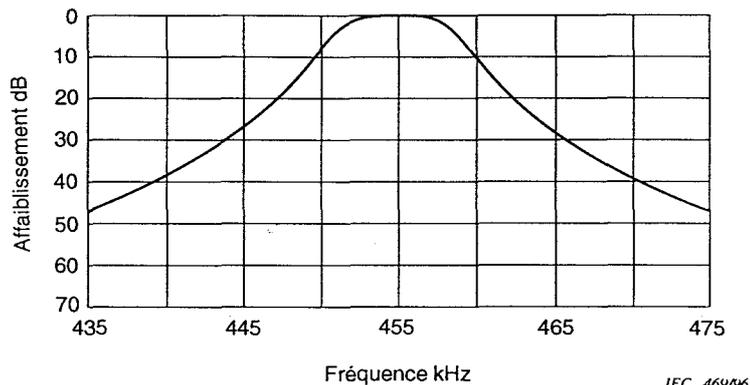


Figure 7a – Exemple d'amplitude de transmission d'un filtre à céramique piézoélectrique avec résonateurs à électrodes divisées en anneau et au centre

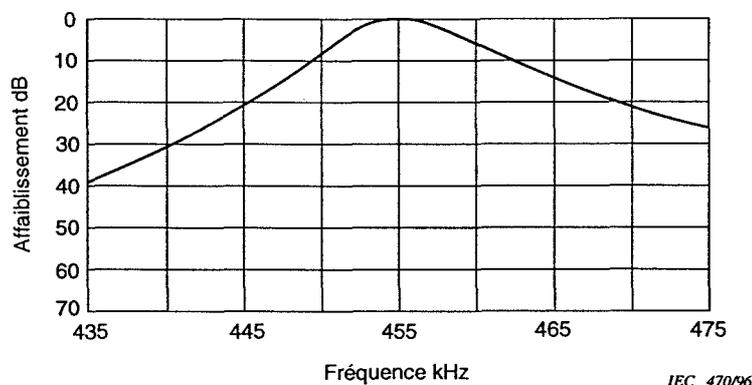


Figure 7b – Exemple d'amplitude de transmission de plusieurs filtres à céramique piézoélectrique associés en cascade avec résonateurs à électrodes divisées en anneau et au centre

Figure 7 – Exemples d'amplitude de transmission des filtres à céramique

b) Filtre en échelle

Le filtre en échelle permet d'assurer à la fois un son de haute fidélité et une haute sélectivité. La constitution type d'un filtre en échelle est indiquée à la figure 8 et son circuit équivalent à la figure 9. Lorsque la fréquence de résonance du résonateur série et la fréquence d'antirésonance du résonateur parallèle sont réglées comme indiqué à la figure 10 A, les pôles d'affaiblissement et les largeurs de bande correspondent à celles indiquées à la figure 10 B. Dans ce cas, la largeur de bande est approximativement égale à la différence entre la fréquence de résonance et la fréquence d'antirésonance de chacun des résonateurs. La sélectivité est déterminée par le rapport C_{01}/C_{02} . La bande passante à 6 dB s'étend de 2 kHz à 50 kHz.

La figure 11 montre un exemple de caractéristique d'affaiblissement de transmission pour des filtres en échelle à 2, 3 ou 4 sections.

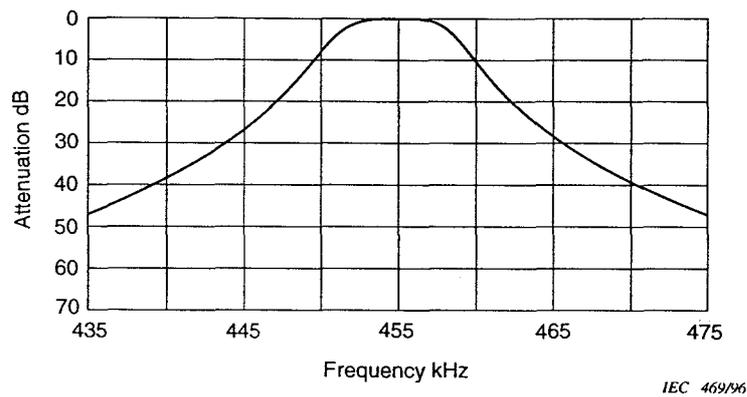


Figure 7a – Example of transducer amplitude of a piezoelectric ceramic filter using resonators with electrodes split into ring and dot

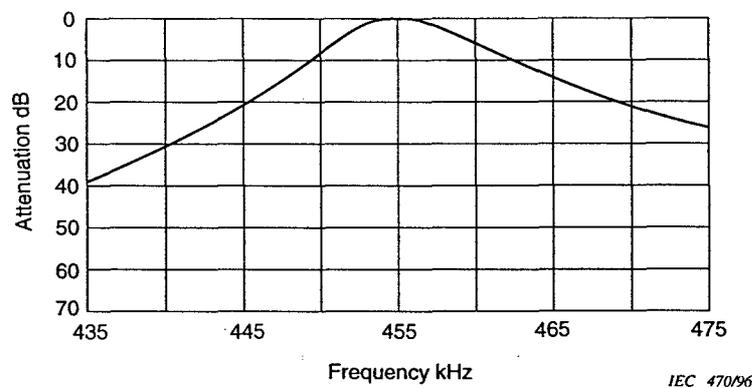


Figure 7b – Example of transducer amplitude of cascade-connected piezoelectric ceramic filters using resonators with electrodes split into ring and dot

Figure 7 – Examples of transducer amplitudes of ceramic filters

b) *Ladder-type filter*

A ladder-type filter is capable of producing both high fidelity sound and high selectivity. A fundamental section of a ladder-type filter is shown in figure 8 and its equivalent circuit in figure 9. When the resonance frequency of the series resonator and the anti-resonance frequency of a parallel resonator are matched, as shown in figure 10 A, attenuation poles and bandwidth will be determined as shown in figure 10 B. In this case, the bandwidth is approximately given with the difference between the resonance and anti-resonance frequency of each resonator. Selectivity is determined by the ratio C_{01}/C_{02} . The 6 dB pass-band is available between 2 kHz to 50 kHz.

Figure 11 shows an example of transducer attenuation characteristics of 2-, 3- and 4-section ladder-type filters.

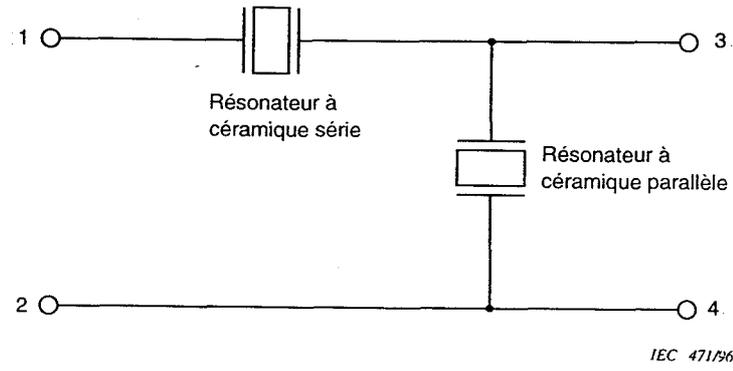


Figure 8 – Connexion fondamentale d'un filtre en échelle

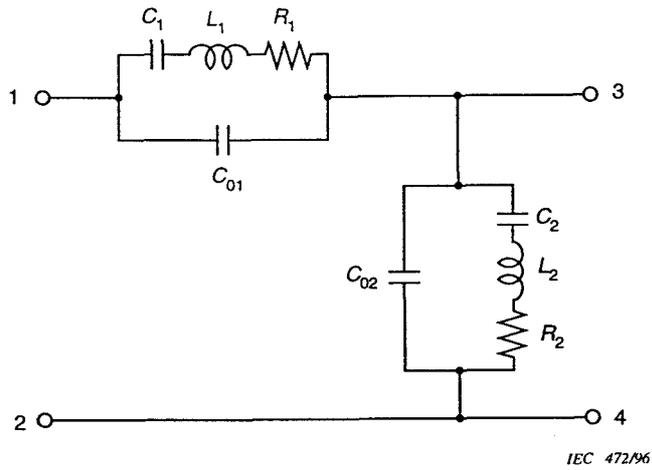
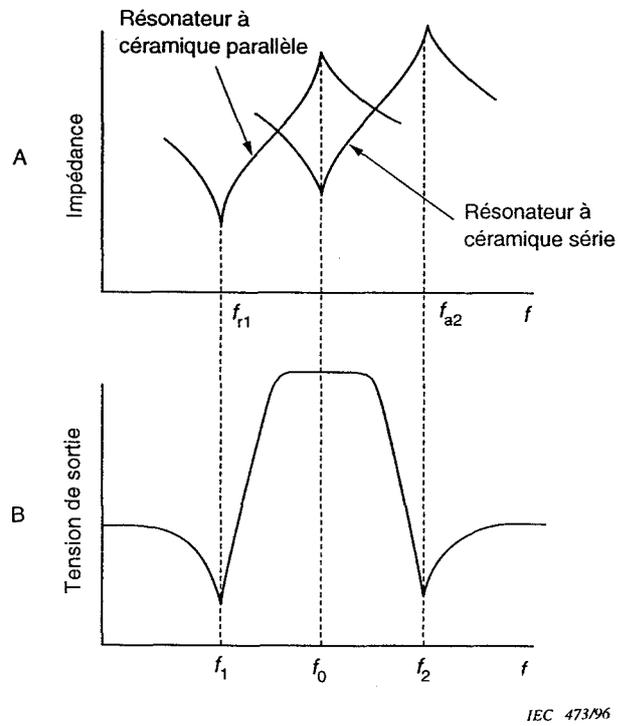


Figure 9 – Circuit équivalent de la figure 8



A = impédance en fonction de la fréquence
B = caractéristique d'affaiblissement de transmission

Figure 10 – Relation entre la fréquence de résonance et d'antirésonance des résonateurs à céramique série et parallèle

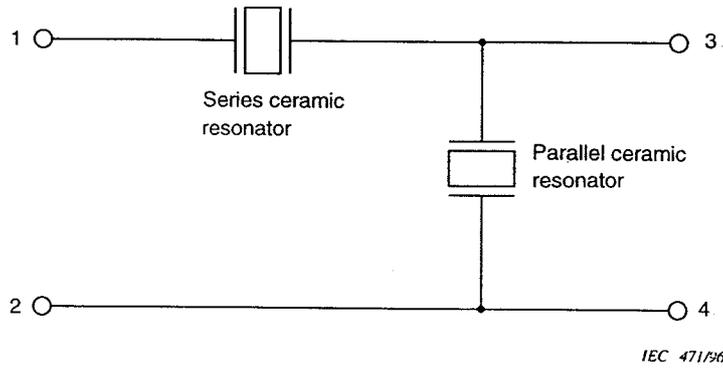


Figure 8 – Fundamental connection of a ladder-type filter

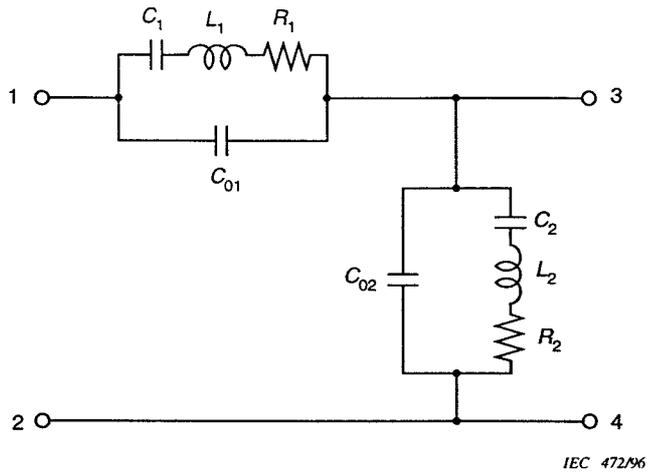
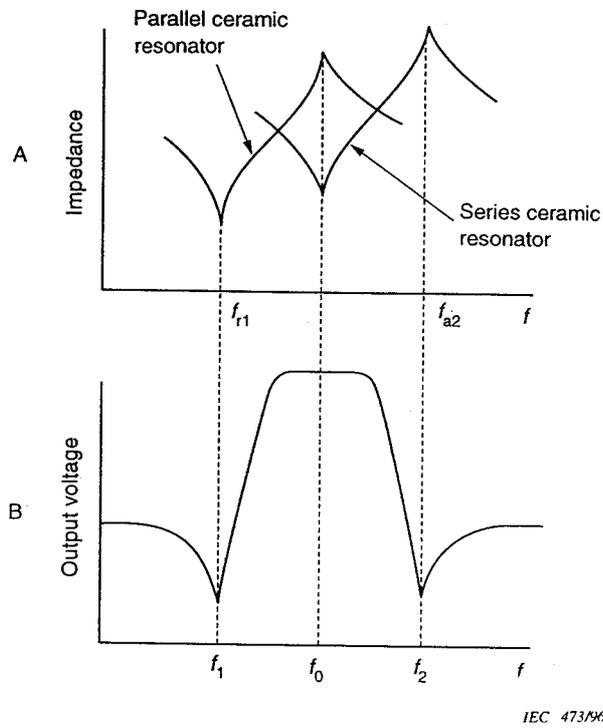


Figure 9 – Equivalent circuit of figure 8



A = impedance versus frequency
 B = transducer attenuation characteristic

Figure 10 – Relation of resonance and anti-resonance frequencies of series and parallel connected resonators

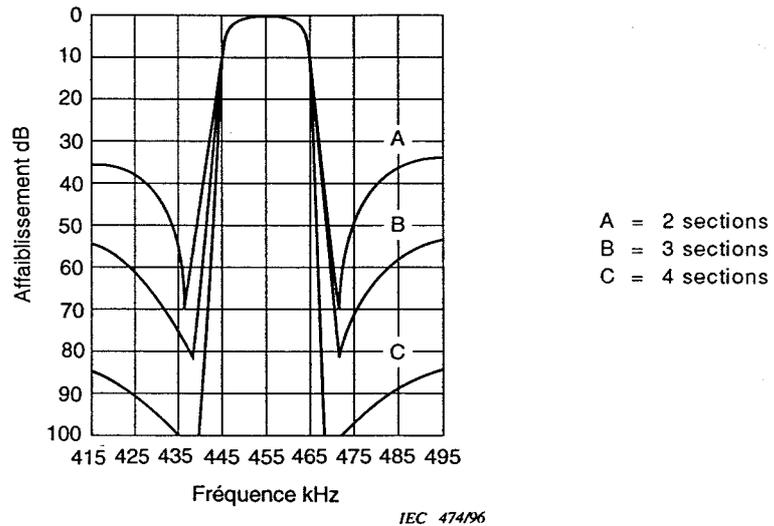


Figure 11 – Exemples des caractéristiques d'affaiblissement de transmission de filtres en échelle à 2, 3 ou 4 sections

5.1.2 Filtres à FI pour une gamme de fréquences en mégahertz

Ces filtres sont largement utilisés pour les récepteurs FM, de son FI de la TV et les équipements de communication dans la gamme de fréquences de 3,0 MHz à 30 MHz. L'énergie de vibration en mode de cisaillement d'épaisseur et d'extension en épaisseur peut être piégée par des électrodes partielles d'un résonateur à céramique piézoélectrique, dans cette gamme de fréquences. Un filtre à céramique piézoélectrique peut être réalisé en utilisant un couplage mutuel de plusieurs électrodes partielles. Ainsi le filtre complet peut être réalisé en forme monolithique ou intégrée.

a) Filtre à céramique piézoélectrique en mode multicouplé

La répartition des deux types de vibration en amplitude est illustrée à la figure 12, dans laquelle le trait continu représente le mode symétrique, et le trait pointillé le mode anti-symétrique.

La figure 13 indique le circuit équivalent d'un filtre à céramique en mode multicouplé. Il comprend deux circuits résonants en série, un transformateur inverseur de phase et des condensateurs de découplage entrée et sortie. Les caractéristiques souhaitées d'un filtre en mode multicouplé sont réalisées par l'association d'au moins deux résonateurs sur le même substrat, ce qui est possible pour la réalisation de filtres intégrés à céramique piézoélectrique ayant une excellente sélectivité.

La figure 14 montre un exemple de réponse en amplitude d'un filtre à céramique piézoélectrique à 10,7 MHz.

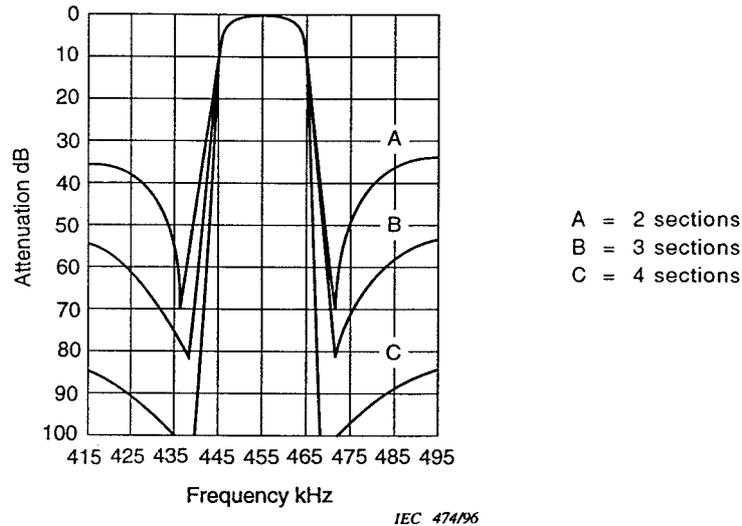


Figure 11 – Examples of transducer attenuation characteristics of 2-, 3- and 4-section ladder-type filters

5.1.2 IF filters for megahertz range

These filters are widely used for FM receivers, TV sound IF, and communication equipment in the frequency range between 3,0 MHz and 30 MHz. The vibration energy of thickness or thickness expansion mode can be trapped in the partial electrodes of a piezoelectric ceramic resonator in this frequency range. A piezoelectric ceramic filter can be realized by utilizing mutual coupling of several partial electrodes. Thus, a complete filter can be obtained in a monolithic or integrated form.

a) *Multicoupling mode piezoelectric ceramic filter*

Distribution of two kinds of vibrating amplitude is illustrated in figure 12, in which the solid line represents the symmetrical mode and the dot line represents the anti-symmetrical mode.

Figure 13 shows the equivalent circuit of a multicoupling mode piezoelectric ceramic filter. It consists of two series resonance circuits, phase inversion transformer, and stray capacitance of the input and output. The desirable features of the multicoupling mode filter are caused by the integration of two or more resonators in one wafer, which can make possible realization of extremely highly selective, integrated piezoelectric ceramic filters.

Figure 14 shows an example of the transducer amplitude of a 10,7 MHz piezoelectric ceramic filter.

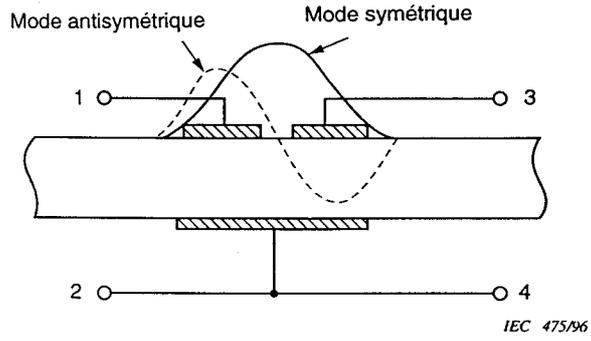


Figure 12 – Répartition des deux types de vibration en amplitude

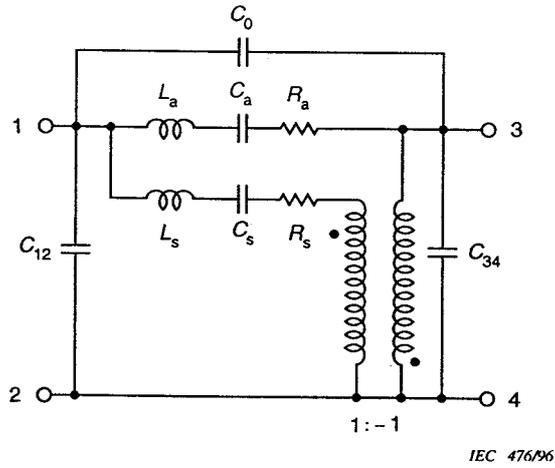


Figure 13 – Circuit équivalent d'un filtre à céramique piézoélectrique, en mode multicouplé

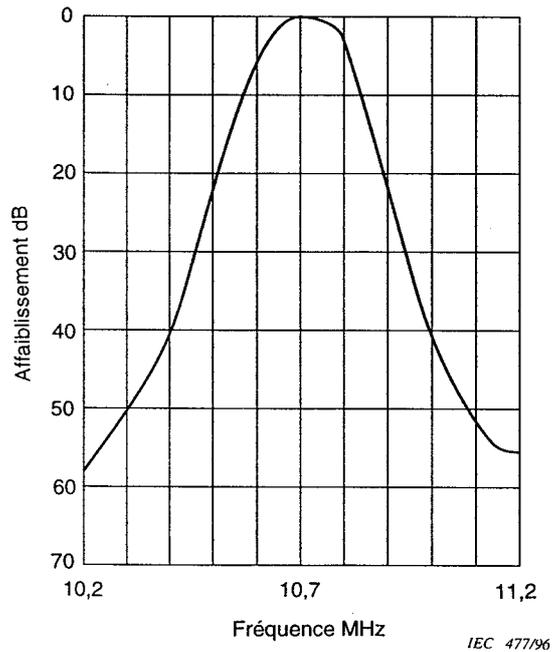


Figure 14 – Exemple de réponse en amplitude d'un filtre à céramique piézoélectrique à 10,7 MHz

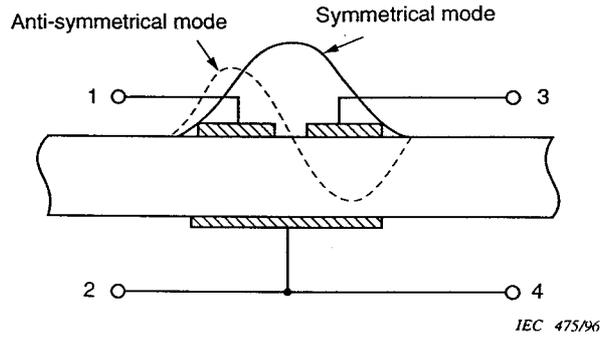


Figure 12 – Distribution of two kinds of vibrating amplitude

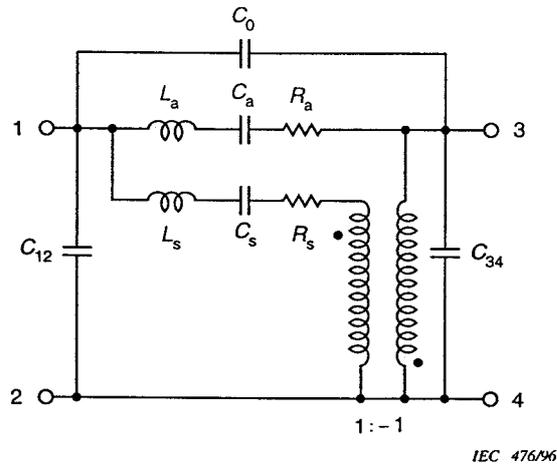


Figure 13 – Equivalent circuit of a multicoupling mode piezoelectric ceramic filter

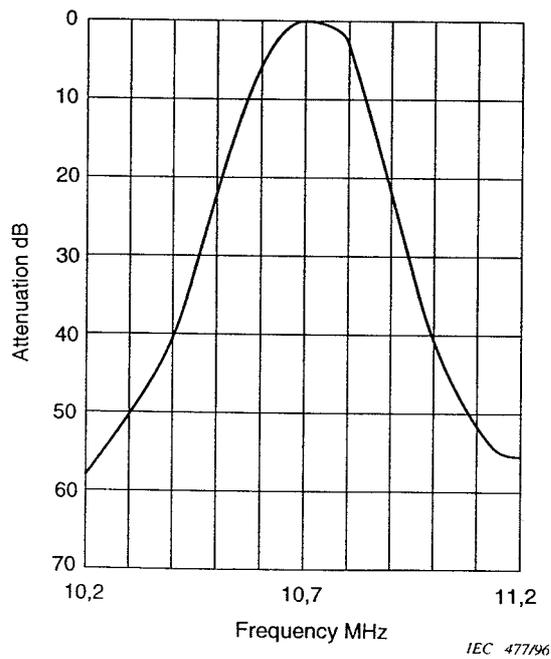


Figure 14 – Example of the transducer amplitude of a 10,7 MHz piezoelectric ceramic filter

5.2 Utilisation et limites

5.2.1 Effet de la largeur de bande sur la disponibilité des filtres à céramique piézoélectrique

Les contraintes imposées à la conception des filtres à céramique par les paramètres possibles des matériaux céramiques affectent la gamme des caractéristiques possibles. La plupart des filtres à céramique utilisés ont les caractéristiques de la passe-bande. La figure 15 donne la largeur de la bande passante des filtres à céramique en fonction des gammes de fréquences de référence définies. Ces bandes passantes peuvent être obtenues sans un travail de mise au point particulièrement difficile. Les valeurs données ne sont qu'un guide représentant ce qui est techniquement possible. La disponibilité dans le commerce dépend de facteurs tels que la quantité, les exigences d'environnement, les dimensions, le prix, etc.

Les notes suivantes apportent des explications plus détaillées concernant la disponibilité des largeurs de bande possible d'un filtre pour chaque domaine.

a) Problèmes relatifs au facteur de qualité et à la stabilité de la fréquence

La largeur de la bande passante minimale des filtres à céramique résulte de la stabilité en température et dans le temps des résonateurs à céramique et de leur facteur de qualité. Il est difficile de réaliser des filtres ayant une largeur de la bande passante de 0,5 % car leur bande passante peut être comparée à l'écart de fréquence relatif causé par la température (0,2 %) et le vieillissement (0,2 %) (instabilité totale 0,4 %), et le facteur de qualité des résonateurs est insuffisant pour assurer aux filtres à céramique, qui ont une bande passante relativement étroite, un affaiblissement de transmission minimal satisfaisant dans leur gamme de températures de fonctionnement.

L'application de tels filtres est limitée par les cas dans lesquels aucune exigence sévère n'est imposée ni aux bords de la bande passante d'un filtre ni à la stabilité de sa fréquence centrale, c'est-à-dire que ces filtres peuvent être utilisés pour la séparation des fréquences discrètes (fréquences porteuses ou fréquences de référence).

b) Limites dues à l'espacement relatif des fréquences des résonateurs à céramique

Les filtres ayant une largeur de la bande passante excédant considérablement la limite supérieure indiquée à la figure 15 ne peuvent pas être réalisables sans inductances additionnelles (bien qu'en principe ils soient disponibles dans les limites définies). De tels filtres n'étant pas largement utilisés, ils ne sont pas considérés dans cette norme.

5.2.2 Limites de la performance en température

Les filtres à bande étroite ont des caractéristiques de température qui sont sous la dépendance du coefficient de température des résonateurs et des condensateurs. En premier lieu, l'effet se fera sentir sur la variation de la fréquence centrale en fonction des variations de fréquence du résonateur.

5.2 Utilization and limitations

5.2.1 Effect of bandwidth on availability of piezoelectric ceramic filters

The constraints imposed on the design of ceramic filters by the available parameters of ceramic materials affect the range of available characteristics. Most ceramic filters used have band-pass characteristics. Figure 15 gives the pass bandwidth of ceramic filters versus definite reference frequency regions. These pass-bands can be made available without requiring critically difficult development work. The values given are a guide only to what is technically possible. Commercial availability depends on such factors as quantity, environmental requirements, size, cost, etc.

The following notes provide more detailed explanation concerning reasons for areas with constraints on filter bandwidth availability.

a) Quality factor and frequency stability problems

The minimum pass bandwidth of piezoelectric ceramic filters results from temperature and time stability of ceramic resonators, and from their quality factor. Filters with 0,5 % pass bandwidth are difficult to implement because their pass-band is comparable to the relative frequency shift, due to temperature (0,2 %) and ageing (0,2 %) (overall instability 0,4 %); and the quality factor of resonators proves insufficient to guarantee a satisfactory minimum transducer attenuation over the operating temperature range for these filters having relatively narrow pass-bands.

The application of such filters is limited by those cases where severe requirements are not imposed on the edges of the filter pass-band and the mid-band frequency stability, that is they can be used for separation of discrete (carrier or reference) frequencies.

b) Limitations due to relative frequency spacing of ceramic resonators

Filters with pass bandwidths greatly exceeding the upper boundaries shown in figure 15 cannot be made available without added inductors (although in principle they are available within definite limits). Since such filters are not yet widely used, they are not considered in the present standard.

5.2.2 Limitations on temperature performance

Narrow-band filters possess temperature characteristics which are dominated by the temperature coefficient of the resonators and capacitors. Initially, the effect is confined to a variation of the mid-band frequency as a function of the variations of resonator frequency.

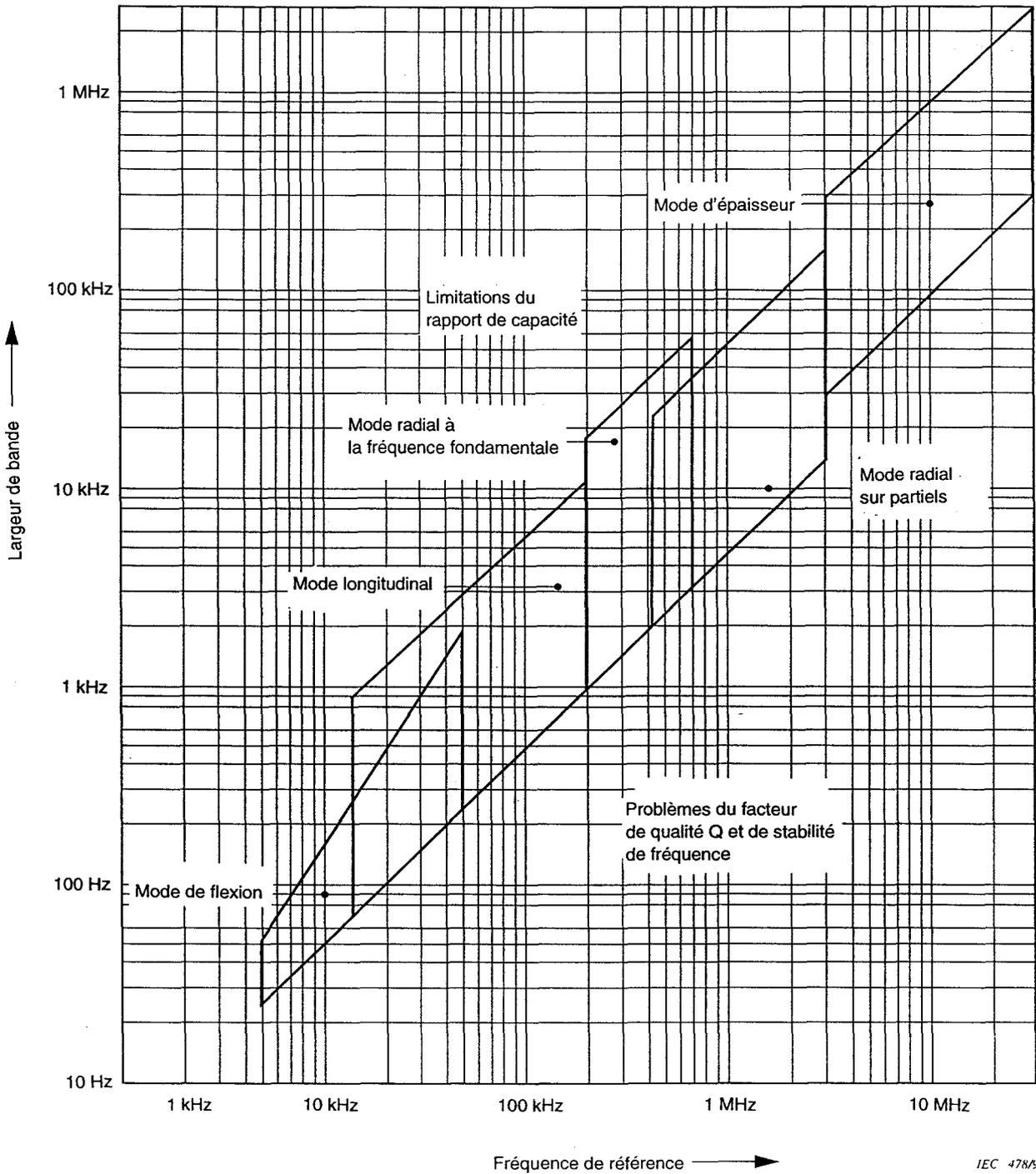


Figure 15 – Gamme de fréquences des filtres passe-bande à céramique n'exigeant pas un travail de mise au point particulièrement difficile

La plupart des résonateurs n'ayant pas un coefficient de température linéaire, il peut être nécessaire de faire la mesure à un grand nombre de températures pour obtenir des données exactes. Dans le cas des largeurs de bande étroites, les différences entre les caractéristiques de température des résonateurs dans le filtre peuvent provoquer des variations de la valeur de l'ondulation en fonction de la température.

5.2.3 *Limites des performances en fonction de l'environnement*

Lorsque les filtres à céramique ne sont pas fermés hermétiquement, il faut tenir compte spécialement des aspects d'environnement; le premier aspect est l'humidité et le second les essais mécaniques.

Dans certains cas, les fils de montage des filtres sont raccordés rigidement et une contrainte externe excessive exercée sur ces fils peut détériorer les caractéristiques des filtres.

La résistance aux essais de chocs et de vibration peut être fonction de la direction d'application de la force. Dans le cas où les exigences sont sévères, il peut être possible d'optimiser le résonateur du filtre en tenant compte de ces exigences.

5.2.4 *Normalisation*

Puisqu'il y a beaucoup plus de points de divergence possibles entre des filtres à céramique différents qu'entre d'autres composants non constitués d'un assemblage d'éléments, il est impossible pour l'instant de normaliser les dimensions, la forme, la fréquence de référence et les autres caractéristiques des filtres.

Une certaine similitude existe entre différents filtres utilisés dans la première fréquence intermédiaire des équipements mobiles qui est par exemple à 445 kHz ou 465 kHz. Cependant, des différences peuvent exister entre les produits de différents fabricants de filtres, en particulier pour les impédances de charge. De plus, les exigences des fabricants peuvent différer pour une ou plusieurs des raisons suivantes.

Application

Certaines exigences spécifient qu'un filtre doit donner tout l'affaiblissement de transmission exigé; d'autres l'assurent par le groupe des sections composées de filtres séparés. Pour certaines applications, la dimension est primordiale, par exemple, pour les récepteurs de poche, tandis que pour d'autres, le prix de revient est essentiel. Certaines applications peuvent nécessiter des performances d'affaiblissement de transmission différentes.

Impédance

En général, les filtres sont conçus pour fonctionner entre des impédances de charge définies.

Stabilité de l'oscillateur local

La largeur de la bande passante exigée d'un filtre sera en partie déterminée par la stabilité de l'oscillateur local en combinaison avec toutes les dérives éventuelles de l'équipement.

5.3 *Niveau d'entrée*

La performance du niveau d'entrée peut être limitée en raison des conditions suivantes:

5.2.3 *Limitations on environmental performance*

When ceramic filters are not hermetically sealed, special consideration should be given to environmental aspects; the first aspect is moisture, and the second is mechanical tests.

In some cases, mounting leads of filters are rigidly connected, and an excessive external stress on these leads may distort filter characteristics.

Resistance to shock and vibration tests may be a function of direction of force application. Where requirements are severe, it may be possible to optimize the filter with this in mind.

5.2.4 *Standardization*

Since there are many more possible points of difference between various ceramic filters than between other components, which do not consist of an assembly of elements, it is not possible at the present time to standardize size, shape, reference frequency and other filter characteristics.

Some degree of similarity does exist between various filters used in the first IF of mobile equipment at, for example, 445 kHz or 465 kHz. However, differences may exist between products of different filter suppliers with particular reference to terminating impedances. Furthermore, manufacturers' requirements may differ for one or more of the following reasons.

Application

Some requirements specify that a filter shall provide all the transducer attenuation required, others provide it by means of a stage set, consisting of separate filters. For some applications, size is critical, for example, for pocket sets, while for others, cost is dominant. Some applications may require different transducer attenuation performance.

Impedance

In general, filters are designed to operate between specific terminating impedances.

Local oscillator stability

The pass bandwidth required of a filter will be partly determined by the local oscillator stability combined with any drift of the equipment.

5.3 *Input level*

Drive-level performance may be limited by:

5.3.1 *Variation de la fréquence d'un filtre à céramique*

Les niveaux maximaux auxquels le filtre est destiné à fonctionner doivent être spécifiés. Pour les largeurs de bande étroites, cela sera plus important que pour les filtres ayant une largeur de bande plus grande du fait de la plus grande stabilité de fréquence exigée.

5.3.2 *Distorsion des caractéristiques des filtres à céramique*

La distorsion des caractéristiques d'un filtre provoquée par un niveau d'entrée excessif peut subsister même après que le niveau a repris sa valeur normale.

Elle peut provenir de la fréquence du signal et de la charge incorrecte du filtre. La sensibilité aux niveaux d'excitation élevés dépendra fortement de la fréquence de résonance des éléments en céramique. Si les conditions normales sont satisfaisantes, les implications des essais ou d'autres conditions anormales, par exemple, l'ouverture du circuit du filtre aux bornes de sortie, doivent être prises en considération car cela peut amener une puissance beaucoup plus élevée au niveau du résonateur.

5.3.3 *Tension en courant continu admissible*

La tension en courant continu appliquée au résonateur à céramique peut provoquer une modification permanente de la polarisation des céramiques et, par conséquent, des caractéristiques du filtre. Un soin particulier doit être pris quand la tension en courant continu est appliquée au filtre à céramique.

6 Remarques pratiques

Les deux caractéristiques suivantes doivent être attentivement prises en compte pour obtenir de bonnes performances d'un filtre à céramique piézoélectrique.

6.1 *Adaptation d'impédance*

Les caractéristiques spécifiées par les fabricants dans les catalogues ou les dessins sont respectées tant que l'adaptation d'impédance est conforme. Si les impédances d'entrée/sortie sont trop faibles, l'affaiblissement d'insertion augmente, la fréquence centrale diminue et l'ondulation augmente. Si, au contraire, elles sont trop fortes, l'affaiblissement d'insertion augmente, la fréquence centrale augmente et l'ondulation augmente.

La figure 16 montre un exemple de cette caractéristique. L'impédance d'adaptation doit être inférieure à +20 % des valeurs spécifiées.

5.3.1 *Frequency change of the piezoelectric ceramic filter*

The maximum levels at which the filter is required to operate within limits shall be stated. For narrow bandwidths this will be more important than for wider bandwidth filters, due to the greater frequency stability required.

5.3.2 *Degrading of ceramic filter characteristics*

Degrading of ceramic filter characteristics caused by excessive level of drive may remain even after the level has returned to a normal value.

This may be a function of a signal frequency and whether the filter is correctly terminated. Sensitivity to high drive levels will be highly dependent on the resonance frequency of ceramic resonators. If normal conditions are satisfactory, the implications of tests and other abnormal conditions, such as the filter being open-circuited at the output terminals, shall be considered, since this could result in substantially greater power reaching the resonator.

5.3.3 *Permissible d.c. voltage*

A d.c. voltage applied to a ceramic resonator may cause a permanent change in the polarization of ceramics and hence in the filter characteristics. Care shall be exercised when a d.c. voltage is applied to a ceramic filter.

6 **Practical remarks**

To obtain good performance with piezoelectric ceramic filters, the following two items shall be carefully considered.

6.1 *Impedance matching*

The characteristics as specified in manufacturers' catalogues or drawings are applicable as long as proper impedance matching is met. If the input/output impedances are connected to lower values, the insertion attenuation increases, the mid-band frequency shifts towards the lower side, and ripples increase. On the other hand, if these impedances are connected to higher values, the insertion attenuation increases, the mid-band frequency shifts towards a higher side, and ripples increase.

Figure 16 shows an example of this characteristic. The matching impedance shall be less than +20 % of the values specified.

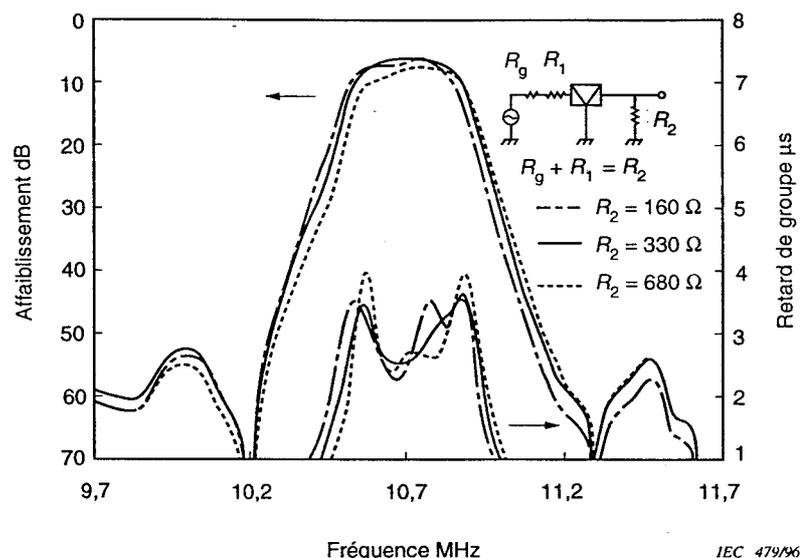


Figure 16 – Exemple de la variation de l'affaiblissement de transmission en fonction de l'adaptation d'impédance

6.2 Suppression des réponses parasites

Les réponses parasites sont provoquées par les modes de vibrations indésirables ou par les modes partiels. Pour les filtres à céramique de hautes fréquences telles que 10,7 MHz ou 4,5 MHz, ces réponses parasites ne sont généralement pas contraignantes, car ce type de filtre utilise le mode de vibration en énergie piégée. Pour les filtres à céramique de basse fréquence utilisant le mode d'extension en surface, certaines mesures contre les réponses parasites sont exigées.

On peut utiliser les moyens contre les réponses parasites suivants:

- a) utiliser une inductance IFT supplémentaire avec le filtre à céramique;
- b) associer au moins deux filtres à céramique pour la suppression mutuelle de leurs réponses parasites;
- c) prendre un filtre passe-bas ou passe-haut.

7 Méthodes de mesure

Les méthodes de mesure doivent être conformes à la section 2 de la CEI 368-1.

8 Marquage

Le marquage comprend le numéro de type, la fréquence de référence et la marque d'origine ainsi que toute indication supplémentaire qui doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fabricant.

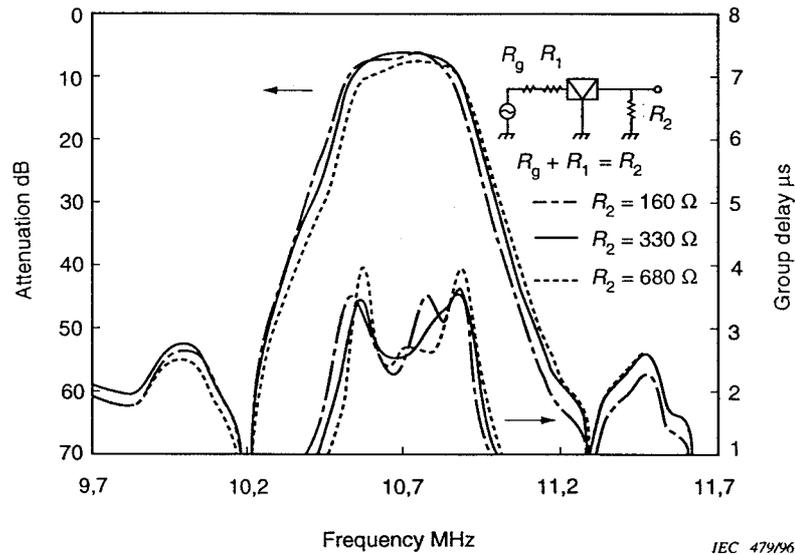


Figure 16 – Example of the transducer attenuation change by impedance matching

6.2 Spurious response suppression

Trouble with spurious response arises when the response occurs in an alien vibrating mode or overtone mode. In high-frequency piezoelectric ceramic filters, such as 10,7 MHz or 4,5 MHz, the spurious response is not great enough to cause serious problems since this type of filter utilizes trapped energy mode of vibration. The low-frequency piezoelectric ceramic filter, which utilizes area expansion mode, requires some countermeasures against spurious response.

The following countermeasures are available:

- use a supplementary IFT coil together with a ceramic filter;
- arrange two or more ceramic filters for mutual cancellation of spurious response;
- provide a low-pass or high-pass filter.

7 Measuring techniques

The measuring techniques shall be in accordance with section 2 of IEC 368-1.

8 Marking

Marking includes type number, reference frequency, and mark of origin; with additional marking to be agreed between customer and manufacturer.

9 Méthode pour la spécification d'un filtre à céramique piézoélectrique

Lorsque les exigences peuvent être satisfaites par un filtre normalisé, il suffira de spécifier la spécification particulière correspondante.

Lorsque les exigences ne peuvent être complètement satisfaites d'après une spécification particulière existante, il y aura lieu de citer cette spécification avec les différences connues.

Dans le cas où les différences sont telles qu'il n'est pas raisonnable de se référer à une spécification particulière existante, il y aura lieu de préparer une nouvelle spécification particulière similaire aux spécifications particulières normalisées.

La liste de vérification suivante est utile pour la commande d'un filtre à céramique piézo-électrique et il convient qu'elle soit prise en considération pendant l'élaboration d'une spécification:

Application.

Description.

Exigences électriques:

- fréquence de référence;
- caractéristiques de la bande passante;
 affaiblissement de transmission maximal;
 ondulation maximale;
 largeur de la bande passante;
 autres conditions;
- affaiblissement relatif dans la bande transitoire;
- affaiblissement relatif dans la bande atténuée de.....à.....;
- réponses indésirables;
- impédances de charge;
- niveau d'entrée maximal;
- niveau d'entrée;
- résistance d'isolement;
- surexcitation par la tension du courant continu;
- vieillissement;
- autres conditions (par exemple, caractéristiques de phase, etc.).

Exigences d'environnement:

- gamme de températures
 de fonctionnement;
 de stockage;
- secousses;
- chocs;
- vibrations;

9 Specification procedure for a piezoelectric ceramic filter

When a standard filter meets the necessary requirement, it will be sufficient to specify the corresponding detail specification.

When the requirements cannot wholly be met by an existing detail specification, that specification should be quoted, together with known differences.

When differences are such that it is not reasonable to quote an existing specification, a new detail specification should be prepared in a similar form to that already used for standard detail specifications.

The following check-list is useful for ordering a piezoelectric ceramic filter, and should be considered in drawing up a specification:

Application.

Description.

Electrical requirements:

- reference frequency;
- pass-band characteristics;
maximum transducer attenuation;
maximum ripple;
bandwidth;
other;
- transition-band relative attenuation;
- stop-band relative attenuation from.....to.....;
- unwanted responses;
- terminating impedances;
- maximum input level;
- input level;
- insulation resistance;
- d.c.voltage overdrive;
- ageing;
- other (for example phase characteristics, etc.).

Environmental requirements:

- temperature range
operating;
storage;
- bump;
- shock;
- vibration;

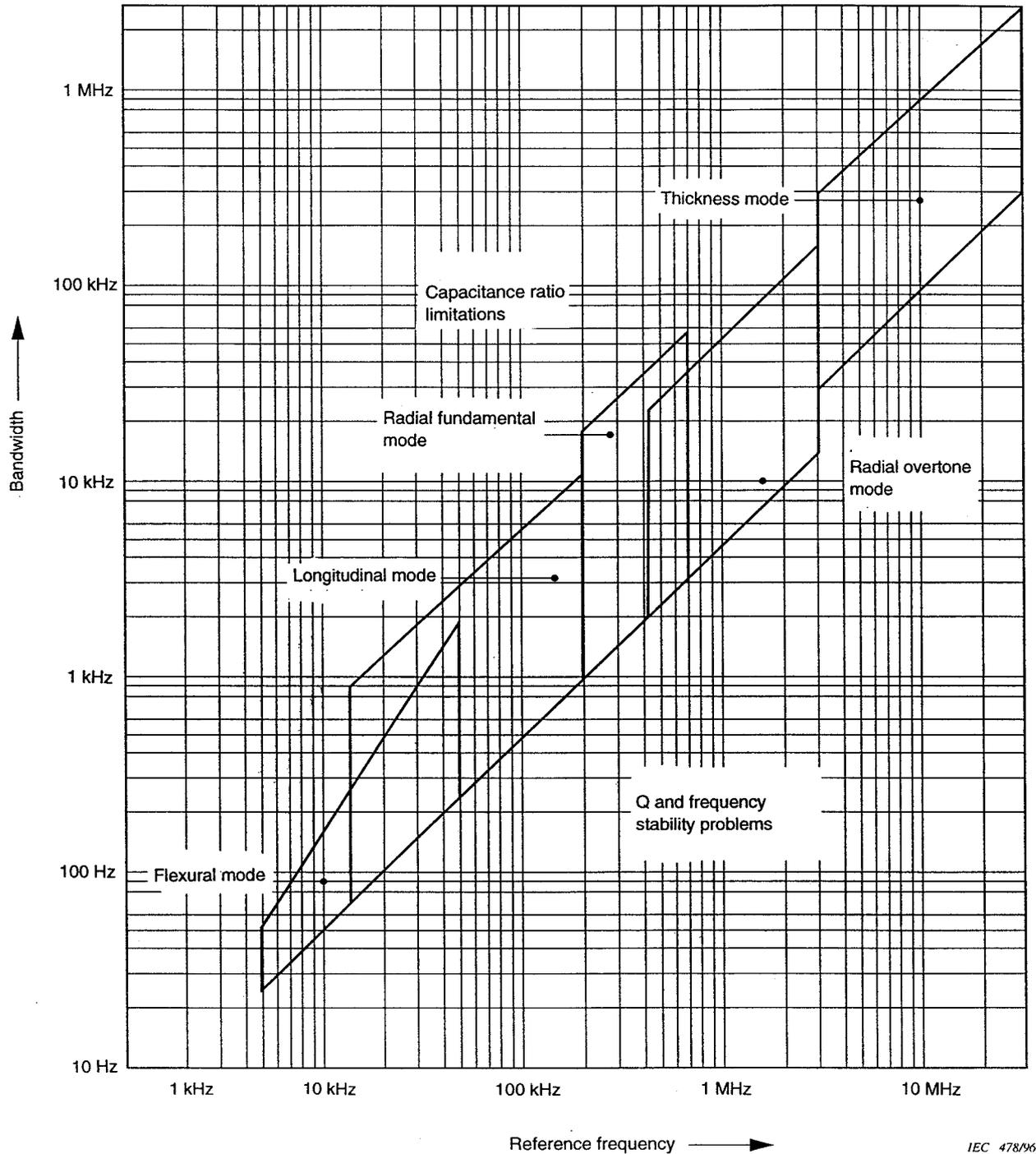


Figure 15 – Frequency ranges of ceramic band-pass filters not requiring critically difficult development work

Since most resonators do not have a linear temperature coefficient, measurement at a substantial number of temperatures may be necessary to obtain accurate data. For narrow bandwidths, differences in temperature characteristics of resonators within the filter may result in variations of ripple magnitude with temperature.

- acceleration;
- humidity;
- other (for example sealing, temperature cycling).

Physical requirements:

- length;
- width;
- height;
- marking;
- terminal and mounting accessories;
- weight;
- other (for example solderability, etc).

Inspection requirements:

- related specifications;
- inspection authority;
- acceptable quality levels;
- type tests;
- other.

In an unsymmetrical filter, it is recommended that the stop-band and pass-band requirements be specified with reference to precise frequencies rather than to quote bandwidths in both regions.

It shall be clearly stated in the specification whether the filter is required to operate whilst under conditions of shock, vibration or acceleration. If it is, the possibility of noise generation and its acceptable limit shall be considered, but is only of concern for lower frequency filters.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 31.140; 31.160
