

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60862-1

Première édition
First edition
1989-06

Filtres à ondes acoustiques de surface (OAS)

Première partie:

**Informations générales, valeurs normalisées
et conditions d'essais**

Chapitre I: Informations générales et valeurs
normalisées

Chapitre II: Conditions d'essais

Surface acoustic wave (SAW) filters

Part 1:

**General information, standard values and
test conditions**

Chapter I: General information and standard values

Chapter II: Test conditions



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60862-1: 1989

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**

60862-1

Première édition
First edition
1989-06

Filtres à ondes acoustiques de surface (OAS)

**Première partie:
Informations générales, valeurs normalisées
et conditions d'essais**

Chapitre I: Informations générales et valeurs
normalisées

Chapitre II: Conditions d'essais

Surface acoustic wave (SAW) filters

**Part 1:
General information, standard values and
test conditions**

Chapter I: General information and standard values

Chapter II: Test conditions

© IEC 1989 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 photo-
copie 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

U

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6

CHAPITRE I: INFORMATIONS GÉNÉRALES ET VALEURS NORMALISÉES

Articles

1	Domaine d'application	8
2	Objet	8
3	Termes généraux	8
4	Caractéristiques de réponse	14
5	Termes concernant les filtres à OAS	18
6	Valeurs normalisées	22
6.1	Valeurs normalisées de la fréquence nominale	22
6.2	Valeurs normalisées de l'affaiblissement relatif définissant la largeur de la bande passante	22
6.3	Valeurs normalisées de l'ondulation dans la bande passante	22
6.4	Valeurs normalisées de suppression d'un signal ETT	22
6.5	Gammes normalisées de températures de fonctionnement, en degrés Celsius (°C)	22
6.6	Catégorie climatique normale	24
7	Marquage	24

CHAPITRE II: CONDITIONS D'ESSAIS

1	Généralités	26
2	Conditions normales d'essais	26
3	Examen visuel et contrôle des dimensions	26
4	Caractéristiques de transmission	28
4.1	Méthodes de mesure	28
4.2	Conditions de mesure	40
5	Résistance d'isolement	40
6	Essai de rigidité diélectrique	40
7	Étanchéité	42
7.1	Essai A	42
7.2	Essai B	42
8	Essai de stockage	42
9	Vieillessement à haute température	42
10	Robustesse des sorties	44
10.1	Essai de traction et de poussée	44
10.2	Essai de pliage	44
10.3	Essai de couple	44
11	Soudabilité des sorties	44
11.1	Méthode du bain de soudure	44
11.2	Essai au fer à souder	44
12	Variations rapides de température	44

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

CHAPTER I: GENERAL INFORMATION AND STANDARD VALUES

Clause		
1	Scope	9
2	Object	9
3	General terms	9
4	Response characteristics	15
5	SAW filter related terms	19
6	Standard values	23
6.1	Standard nominal frequency values	23
6.2	Standard relative attenuation values specifying pass bandwidth	23
6.3	Standard pass-band ripple values	23
6.4	Standard TTE signal suppression	23
6.5	Standard operating temperature ranges, in degrees Celsius (°C)	23
6.6	Standard climatic category	25
7	Marking	25

CHAPTER II: TEST CONDITIONS

1	General	27
2	Standard conditions for testing	27
3	Visual examination and check of dimensions	27
4	Transmission characteristics	29
4.1	Measuring methods	29
4.2	Measurement conditions	41
5	Insulation resistance	41
6	Voltage proof	41
7	Sealing	43
7.1	Test A	43
7.2	Test B	43
8	Storage test	43
9	High temperature ageing	43
10	Strength of terminations	45
10.1	Tensile test and thrust test	45
10.2	Bend test	45
10.3	Torque test	45
11	Solderability of terminations	45
11.1	Solder bath method	45
11.2	Soldering iron method	45
12	Rapid change of temperature	45

Articles	Pages
13 Secousses	44
14 Vibrations	44
15 Chocs	46
16 Accélération constante	46
17 Essai climatique	46
17.1 Chaleur sèche	46
17.2 Essai cyclique de chaleur humide	46
17.3 Froid	46
18 Essai continu de chaleur humide	46
19 Basse pression atmosphérique	46
20 Moisissures	46
ANNEXE A — Recommandations générales pour les essais de type	48

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60862-1:1989

Clause	Page
13 Bump	45
14 Vibration	45
15 Shock	47
16 Acceleration, steady state	47
17 Climatic test	47
17.1 Dry heat	47
17.2 Damp heat, cyclic	47
17.3 Cold	47
18 Damp heat, steady state	47
19 Low air pressure	47
20 Mould growth	47
ANNEX A – GENERAL RECOMMENDATIONS FOR TYPE TEST	49

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60862-1:1989

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILTRES À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS)

Première partie: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essais

Chapitre I: Informations générales et valeurs normalisées

Chapitre II: Conditions d'essais

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

Elle constitue la première partie, qui comprend le chapitre I: Informations générales et valeurs normalisées, et le chapitre II: Conditions d'essais, d'une série de publications traitant des filtres à ondes acoustiques de surface (OAS).

Cette norme comprend également la Publication 862-1-1 (1985) de la CEI et la remplace.

La deuxième partie: Guide d'emploi des filtres à ondes acoustiques de surface (chapitre III), sera publiée comme Publication 862-2 de la CEI.

La troisième partie: Encombrements normalisés (chapitre IV), est parue comme Publication 862-3 de la CEI.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
49(BC)184	49(BC)193

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

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications nos	Essais d'environnement.
68-1 (1988):	Première partie: Généralités et guide.
68-2-1 (1974):	Deuxième partie: Essais — Essais A: Froid.
68-2-2 (1974):	Essais B: Chaleur sèche.
68-2-3 (1969):	Essai Ca: Essai continu de chaleur humide.
68-2-6 (1982):	Essai Fc et guide: Vibrations (sinusoïdales).
68-2-7 (1983):	Essai Ga et guide: Accélération constante.
68-2-10 (1984):	Essai J: Moisissures.
68-2-13 (1983):	Essai M: Basse pression atmosphérique.
68-2-14 (1984):	Essai N: Variations de température.
68-2-17 (1978):	Essai Q: Etanchéité.
68-2-20 (1979):	Essai T: Soudure.
68-2-21 (1983):	Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de fixation.
68-2-27 (1987):	Essai Ea et guide: Chocs.
68-2-29 (1987):	Essai Eb et guide: Secousses.
68-2-30 (1980):	Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) FILTERS

Part 1: General information, standard values and test conditions

Chapter I: General information and standard values

Chapter II: Test conditions

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 standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 49: Piezoelectric devices for frequency control and selection.

It constitutes Part 1 containing Chapter I: General information and standard values, and Chapter II: Test conditions, of a series of publications dealing with surface acoustic wave (SAW) filters.

This standard also incorporates IEC Publication 862-1-1 (1985) and supersedes it.

Part 2: Guide to the use of surface acoustic wave filters (Chapter III), will be issued as IEC Publication 862-2.

Part 3: Standard outlines (Chapter IV) is issued as IEC Publication 862-3.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
49(CO)184	49(CO)193

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos.	68:	Environmental testing.
68-1 (1988):	Part 1:	General and guidance.
68-2-1 (1974):	Part 2:	Tests — Tests A: Cold.
68-2-2 (1974):	Tests B:	Dry heat.
68-2-3 (1969):	Test Ca:	Damp heat, steady state.
68-2-6 (1982):	Test Fc and guidance:	Vibration (sinusoidal).
68-2-7 (1983):	Test Ga and guidance:	Acceleration, steady state.
68-2-10 (1984):	Test J:	Mould growth.
68-2-13 (1983):	Test M:	Low air pressure.
68-2-14 (1984):	Test N:	Change of temperature.
68-2-17 (1978):	Test Q:	Sealing.
68-2-20 (1979):	Test T:	Soldering.
68-2-21 (1983):	Test U:	Robustness of terminations and integral mounting devices.
68-2-27 (1987):	Test Ea and guidance:	Shock.
68-2-29 (1987):	Test Eb and guidance:	Bump.
68-2-30 (1980):	Test Db and guidance:	Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle).

FILTRES À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS)

Première partie: Informations générales, valeurs normalisées et conditions d'essais

CHAPITRE I: INFORMATIONS GÉNÉRALES ET VALEURS NORMALISÉES

1 Domaine d'application

La présente norme est applicable aux filtres à ondes acoustiques de surface (OAS) destinés à l'utilisation dans les télécommunications, dans l'appareillage de mesure, les systèmes radar et les produits de consommation.

La Publication 68 de la CEI doit être utilisée conjointement avec la présente norme.

Cette norme donne des informations générales et les méthodes générales concernant les mesures et les essais communs à de nombreux modèles de filtres à OAS.

L'application des essais à chaque modèle de filtre à OAS et les exigences spécifiques associées à chaque essai figurent dans la spécification particulière relative à chaque modèle.

En cas de désaccord entre les présentes spécifications et les spécifications particulières, ces dernières feront foi.

2 Objet

Etablir des conditions uniformes pour l'appréciation des propriétés mécaniques, électriques et climatiques des filtres à OAS; décrire les méthodes d'essais; recommander des valeurs normalisées et donner des directives pour l'utilisation de ces filtres.

3 Termes généraux

3.1 Onde acoustique de surface (OAS)

Onde acoustique se propageant le long de la surface d'un substrat élastique et dont l'amplitude décroît exponentiellement suivant la profondeur dans le substrat.

3.2 Filtre à onde acoustique de surface (filtre OAS)

Filtre qui est caractérisé par une onde acoustique de surface, généralement engendrée par un transducteur interdigité, se propageant le long de la surface d'un substrat avant d'être détectée par un transducteur récepteur.

3.3 Vecteur de flux d'énergie

Vecteur caractérisant la propagation de l'énergie d'une onde acoustique de surface et analogue au vecteur de Poynting.

3.4 Vecteur de propagation

Vecteur caractérisant la propagation de la phase d'une onde.

3.5 Angle de flux d'énergie

Angle entre le vecteur de flux d'énergie et le vecteur de propagation.

SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) FILTERS

Part 1: General information, standard values and test conditions

CHAPTER I: GENERAL INFORMATION AND STANDARD VALUES

1 Scope

This standard relates to surface acoustic wave (SAW) filters for use in telecommunications, measuring equipment, radar systems and consumer products.

IEC Publication 68 shall be used in conjunction with this standard.

This standard gives general information and general methods concerning measurements and tests common to many types of SAW filters.

The applicability of these tests to each type of SAW filter and the specific requirements for each test are given in the detail specification relating to each type.

In case of conflict between these specifications and the detail specifications, the latter will take precedence.

2 Object

To establish uniform conditions for assessing the mechanical, electrical and climatic properties of SAW filters, to describe test methods, to give recommendations for standard values and to give guidance on the use of the filters.

3 General terms

3.1 *Surface acoustic wave (SAW)*

An acoustic wave, propagating along a surface of an elastic substrate, whose amplitude decays exponentially with substrate depth.

3.2 *Surface acoustic wave filter (SAW filter)*

A filter characterized by a surface acoustic wave which is usually generated by an interdigital transducer and propagates along a substrate surface to a receiving transducer.

3.3 *Power flow vector*

A vector, analogous to a Poynting vector, characterizing energy propagation caused by a surface acoustic wave.

3.4 *Propagation vector*

A vector characterizing the phase progression of a wave.

3.5 *Power flow angle*

The angle between the direction of power flow vector and the direction of propagation vector.

3.6 *Guidage du faisceau d'OAS*

Phénomène de propagation des OAS dans les matériaux anisotropiques, caractérisé par un angle de flux d'énergie différent de zéro.

3.7 *Diffraction de l'OAS*

Phénomènes (analogues à la diffraction de la lumière d'une source d'ouverture finie) provoquant un étalement du faisceau d'OAS et une distorsion du front d'onde.

3.8 *Coefficient de couplage de OAS (k_s)*

Le coefficient de couplage électromécanique est défini ainsi:

$$k_s^2 = 2 \left| \frac{\Delta v}{v} \right|$$

où:

$\frac{\Delta v}{v}$ est la variation relative de vitesse produite en court-circuitant le potentiel de surface à partir de l'état à circuit ouvert

3.9 *Transducteur interdigité (TID)*

Transducteur à OAS composé d'une structure conductive en forme de peigne déposée sur un substrat piézoélectrique transformant une énergie électrique en énergie mécanique ou réciproquement.

3.10 *Transducteur interdigité unidirectionnel (TIUD)*

Transducteur qui émet et reçoit des OAS dans une seule direction.

3.11 *Transducteur multiphasé*

Transducteur interdigité ayant plus de deux entrées, lesquelles sont excitées dans des phases différentes, habituellement utilisé comme transducteur interdigité unidirectionnel.

3.12 *Doigt*

Élément d'une électrode en peigne d'un TID.

3.13 *Doigt mort*

Doigt passif qui peut être ajouté pour supprimer la distorsion du front d'onde.

3.14 *Doigt fendu*

Doigt formé de plusieurs éléments de façon à produire des propriétés d'antiréflexion.

3.15 *Barre de raccordement*

Électrode commune reliant chacun des doigts entre eux et destinée à connecter le filtre au circuit externe.

3.16 *Transducteur à réponse pondérée*

Transducteur dont la structure est conçue pour produire une réponse impulsionnelle spécifiée. Voir les paragraphes 3.17 à 3.22.

3.17 *Emboîtement des doigts ou robustesse de la source*

Position relative d'une paire de doigts; c'est dans la longueur d'emboîtement seule qu'est engendrée l'interaction électromécanique.

3.6 *SAW beam steering*

SAW propagation phenomenon in anisotropic materials described by an angle of power flow, which is not zero.

3.7 *SAW diffraction*

A phenomenon (analogous to diffraction of light from a source of finite aperture) which causes SAW beam spreading and wave front distortion.

3.8 *SAW coupling coefficient (k_s)*

SAW electromechanical coupling coefficient is defined as follows:

$$k_s^2 = 2 \left| \frac{\Delta v}{v} \right|$$

where:

$\frac{\Delta v}{v}$ is the relative velocity change produced by short-circuiting the surface potential from the open-circuit condition

3.9 *Interdigital transducer (IDT)*

A SAW transducer made of a comb-like conductive structure deposited on a piezoelectric substrate transforming electrical energy into acoustic energy or vice versa.

3.10 *Unidirectional interdigital transducer (UDT)*

A transducer capable of radiating and receiving surface acoustic waves in or from a single direction.

3.11 *Multiphase transducer*

An interdigital transducer having more than two inputs which are driven in different phases. Usually used as unidirectional transducer.

3.12 *Finger*

An element of the IDT comb electrode.

3.13 *Dummy finger*

A passive finger which may be included in order to suppress wave-front distortion.

3.14 *Split finger*

A finger formed of more than one element, so as to produce antireflection properties.

3.15 *Bus bar*

A common electrode which connects individual fingers together and also connects the filter to an external circuit.

3.16 *Weighted-response transducer*

A transducer intended to produce a specified impulse response by design of the structure. See, for example, Sub-clauses 3.17 to 3.22.

3.17 *Finger overlap or source strength*

The length of a finger pair between which only electromechanical interaction is generated.

3.18 *Apodisation*

Pondération produite par modification(s) de la longueur d'emboîtement des doigts dans la longueur du TID.

3.19 *Pondération par suppression*

Pondération par suppression des doigts ou des sources.

3.20 *Pondération capacitive*

Pondération par variation de la capacité interélectrodes.

3.21 *Pondération série*

Pondération par découpe d'un doigt en éléments individuels ayant un couplage capacitif entre eux. Les éléments peuvent être séparés de la barre de raccordement.

3.22 *Pondération par la phase*

Pondération par modification de la période d'arrangement des doigts à l'intérieur d'un TID.

3.23 *Ouverture*

Largeur normalisée du faisceau d'OAS engendré à la fréquence centrale et normalisé à la longueur d'onde correspondante.

3.24 *Coupleur multibande (CMB)*

Réseau de bandes métalliques additionnelles déposées sur un substrat piézoélectrique perpendiculairement à la direction de propagation, qui transfère de l'énergie acoustique d'une voie acoustique à une voie adjacente.

3.25 *Réflecteur*

Composant réfléchissant les OAS et faisant normalement appel aux discontinuités périodiques produites par un réseau de bandes métalliques ou de sillons.

3.26 *Réflexions parasites*

Signaux indésirables provoqués par la réflexion des OAS ou des ondes de volume sur les bords du substrat ou les électrodes.

3.27 *Echo de triple transit (ETT)*

Signaux indésirables produits par un filtre à OAS ayant parcouru trois fois le chemin de propagation entre les TID d'entrée et de sortie causés par des réflexions sur les transducteurs d'entrée et de sortie.

3.28 *Signaux des ondes de volume*

Signaux indésirables causés par une excitation des ondes de volume, détectés en sortie du filtre.

3.29 *Signaux de couplage direct (signaux d'interférences électromagnétiques)*

Signaux indésirables, provenant de l'entrée et apparaissant à la sortie du filtre, dus aux capacités parasites et autres couplages électromagnétiques.

3.30 *Striures de suppression*

Sillons gravés sur la face inactive du substrat, destinés à supprimer les signaux des ondes de volume.

3.18 *Apodization*

Weighting produced by the change of finger overlap over the length of the IDT.

3.19 *Withdrawal weighting*

Weighting by removal of fingers or sources.

3.20 *Capacitive weighting*

Weighting by change of capacitance between electrodes.

3.21 *Series weighting*

Weighting by separation of a finger into individual elements having capacitive coupling between them. The elements may be separated from the bus bar.

3.22 *Phase weighting*

Weighting by change in period of finger arrangement inside the IDT.

3.23 *Aperture*

Normalized beamwidth of the SAW generated at centre frequency and normalized to the corresponding wavelength.

3.24 *Multistrip coupler (MSC)*

An array of additional metal strips deposited on a piezoelectric substrate in a direction transverse to the propagation direction which transfers acoustic power from one acoustic track to an adjacent track.

3.25 *Reflector*

A SAW reflecting component which normally makes use of the periodic discontinuity provided by a metal strip array or a grooved array.

3.26 *Spurious reflections*

Unwanted signals caused by reflection of SAW or bulk waves from substrate edges or electrodes.

3.27 *Triple transit echo (TTE)*

Unwanted signals in a SAW filter which have traversed three times the propagation path between input and output IDTs, caused by reflections from output and input transducers.

3.28 *Bulk wave signals*

Unwanted signals caused by bulk wave excitation, detected at the filter output.

3.29 *Feed through signals (signals of electromagnetic interference)*

Unwanted signals from the input appearing at the filter output due to stray capacitances and other electromagnetic couplings.

3.30 *Suppression corrugation*

Grooves in the non-active side of a substrate for suppressing bulk wave signals.

3.31 *Absorbant acoustique*

Matériau de fort affaiblissement des ondes acoustiques placé en certains endroits du substrat à l'effet d'absorber l'énergie acoustique.

3.32 *Electrode écran*

Electrode destinée à réduire les signaux dus aux interférences électromagnétiques.

4 **Caractéristiques de réponse**

4.1 *Fréquence nominale*

Fréquence donnée par le fabricant ou par la spécification pour identifier le filtre.

4.2 *Fréquence centrale*

Moyenne arithmétique des fréquences de coupure.

4.3 *Fréquence de référence*

Fréquence définie par la spécification et qui est prise comme référence pour d'autres fréquences.

4.4 *Fréquence de coupure*

Fréquence de la bande passante pour laquelle l'affaiblissement relatif atteint une valeur spécifiée.

4.5 *Affaiblissement de puissance global*

Rapport logarithmique de la puissance disponible d'une source donnée à la puissance que le filtre à OAS transmet à une impédance de charge, dans des conditions de fonctionnement spécifiées.

4.6 *Affaiblissement d'insertion*

Rapport logarithmique de la puissance transmise directement à l'impédance de charge avant l'insertion du filtre à la puissance transmise à l'impédance de charge après l'insertion du filtre.

4.7 *Affaiblissement d'insertion nominal*

Affaiblissement d'insertion à une fréquence de référence spécifiée.

4.8 *Affaiblissement relatif*

Différence entre l'affaiblissement à une fréquence donnée et l'affaiblissement à la fréquence de référence.

4.9 *Bande passante*

Bande des fréquences pour lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou inférieur à celui qui est spécifié.

4.10 *Largeur de bande passante*

Intervalle des fréquences entre lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou inférieur à celui qui est spécifié.

4.11 *Ondulation dans la bande passante*

Variation maximale des caractéristiques de l'affaiblissement dans la bande passante spécifiée.

3.31 *Acoustic absorber*

Material with high acoustic loss placed on any part of the substrate for acoustic absorption purposes.

3.32 *Shielding electrode*

An electrode intended for the reduction of electromagnetic interference signals.

4 **Response characteristics**

4.1 *Nominal frequency*

The frequency given by the manufacturer or the specification to identify the filter.

4.2 *Centre frequency*

Arithmetic mean of the cut-off frequencies.

4.3 *Reference frequency*

A frequency defined by the specification to which other frequencies may be referred.

4.4 *Cut-off frequency*

A frequency of the pass band at which the relative attenuation reaches a specified value.

4.5 *Total power loss*

The logarithmic ratio of the available power of the given source to the power that the SAW filter delivers to a load impedance under specified operating conditions.

4.6 *Insertion attenuation*

The logarithmic ratio of the power delivered directly to the load impedance before insertion of the filter to the power delivered to the load impedance after insertion of the filter.

4.7 *Nominal insertion attenuation*

The insertion attenuation at a specified reference frequency.

4.8 *Relative attenuation*

The difference between the attenuation at a given frequency and the attenuation at the reference frequency.

4.9 *Pass band*

A band of frequencies in which the relative attenuation is equal to or less than a specified value.

4.10 *Pass bandwidth*

The separation of frequencies between which the relative attenuation is equal to or less than a specified value.

4.11 *Pass-band ripple*

The maximum variation in attenuation characteristics within a specified pass band.

4.12 *Ondulation d'ETT*

Variation maximale des caractéristiques de l'affaiblissement causée par ETT dans la bande passante spécifiée.

4.13 *Affaiblissement d'insertion minimal*

Valeur minimale de l'affaiblissement d'insertion dans la bande passante.

4.14 *Bande atténuée*

Bande des fréquences pour lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou supérieur à une valeur spécifiée.

4.15 *Largeur de bande atténuée*

Intervalle des fréquences entre lesquelles l'affaiblissement relatif est égal ou supérieur à une valeur spécifiée.

4.16 *Facteur de forme*

Rapport des deux largeurs de bande pour les valeurs spécifiées d'affaiblissement relatif.

4.17 *Retard de groupe*

Temps égal à la dérivée première du déphasage, en radians, entre ces points par rapport à la pulsation.

4.18 *Retard de groupe nominal*

Retard de groupe à une valeur spécifiée de la fréquence de référence.

4.19 *Distorsion de retard de groupe*

Différence entre la valeur la plus basse et celle la plus élevée du retard de groupe dans une bande de fréquences spécifiée.

4.20 *Fréquence piégée*

Fréquence spécifiée pour laquelle l'affaiblissement relatif est égal ou supérieur à une valeur spécifiée.

4.21 *Affaiblissement piégé*

Affaiblissement relatif à la fréquence piégée spécifiée.

4.22 *Bande de transition*

Bande des fréquences entre la fréquence de coupure et le point le plus proche de la bande atténuée adjacente.

4.23 *Coefficient de réflexion*

Mesure sans dimension du degré de dérèglement entre les deux impédances Z_a et Z_b , donnée par l'expression:

$$\left| \frac{Z_a - Z_b}{Z_a + Z_b} \right|$$

où:

Z_a et Z_b représentent respectivement l'impédance d'entrée et celle de la source ou l'impédance de sortie et celle de la charge

4.12 *TTE ripple*

The maximum variation in attenuation characteristics caused by TTE within a specified pass band.

4.13 *Minimum insertion attenuation*

The minimum value of insertion attenuation in the pass band.

4.14 *Stop band*

A band of frequencies in which the relative attenuation is equal to or greater than a specified value.

4.15 *Stop bandwidth*

The separation of frequencies between which the relative attenuation is equal to or greater than a specified value.

4.16 *Shape factor*

The ratio of the two bandwidths at specified values of the relative attenuation.

4.17 *Group delay*

The time equal to the first derivative of the phase shift, in radians, between these points with respect to the angular frequency.

4.18 *Nominal group delay*

The group delay at a specified reference frequency.

4.19 *Group delay distortion*

The difference between the lowest and highest value of group delay in a specified frequency band.

4.20 *Trap frequency*

A specified frequency at which the relative attenuation is equal to or greater than a specified value.

4.21 *Trap attenuation*

The relative attenuation at a specified trap frequency.

4.22 *Transition band*

A band of frequencies between the cut-off frequency and the nearest point of the adjacent stop band.

4.23 *Reflection coefficient*

A dimensionless measure of the degree of mismatch between two impedances Z_a and Z_b given by the expression:

$$\left| \frac{Z_a - Z_b}{Z_a + Z_b} \right|$$

where:

Z_a and Z_b represent respectively the input and source impedance or the output and load impedance

4.24 *Affaiblissement d'écho*

Valeur réciproque du module du coefficient de réflexion, donnée en décibels. Elle est quantitativement égale à :

$$20 \log \left| \frac{Z_a + Z_b}{Z_a - Z_b} \right| \text{ dB}$$

4.25 *Suppression du signal de l'onde réfléchi*

Affaiblissement relatif des signaux indésirables provoqués par la réflexion des OAS ou des ondes de volume sur les bords du substrat ou les électrodes dans un intervalle de temps spécifié.

4.26 *Suppression des signaux de couplage direct*

Affaiblissement relatif qui implique la suppression des signaux couplés directement par le couplage électromagnétique et électrostatique entre les électrodes d'entrée et de sortie.

4.27 *Réponse indésirable*

Réponse autre que celle associée au mode de vibration prévu pour l'application.

4.28 *Niveau d'entrée*

Niveau de puissance, de tension ou de courant appliqué aux bornes d'entrée d'un filtre.

4.29 *Niveau de sortie*

Niveau de puissance, de tension ou de courant fourni au circuit de charge.

4.30 *Niveau nominal*

Niveau de puissance, de tension ou de courant pour lequel les mesures des caractéristiques sont spécifiées.

4.31 *Impédance d'entrée*

Impédance présentée par le filtre à la source de signal lorsque la sortie est terminée par l'impédance de charge spécifiée.

4.32 *Impédance de sortie*

Impédance présentée par le filtre à la charge lorsque l'entrée est terminée par l'impédance de source spécifiée.

4.33 *Impédance de charge (impédance aux bornes)*

Chacune des impédances présentées au filtre par la source ou par la charge.

4.34 *Puissance disponible*

Puissance maximale qui peut être obtenue d'une source donnée par un réglage optimal de l'impédance de charge.

5 Termes concernant les filtres à OAS

5.1 *Filtre transversal*

Filtre composé de transducteurs interdigités d'entrée et de sortie sur un substrat piézoélectrique. La réponse de fréquence du filtre est fondamentalement donnée par la réponse impulsionnelle du transducteur.

4.24 *Return attenuation*

The value of the reciprocal of modulus of the reflection coefficient, expressed in decibels. Quantitatively it is equal to:

$$20 \log \left| \frac{Z_a + Z_b}{Z_a - Z_b} \right| \text{ dB}$$

4.25 *Reflected wave signal suppression*

The relative attenuation of unwanted signals caused by reflection of SAW or bulk waves from substrate edges or electrodes within a specified time window.

4.26 *Feedthrough signal suppression*

The relative attenuation which implies the suppression of directly coupled signals by the electromagnetic and electrostatic coupling between the input and output electrodes.

4.27 *Unwanted response*

A response other than that associated with the mode of vibration intended for the application.

4.28 *Input level*

The power, voltage or current level applied to the input terminal pair of a filter.

4.29 *Output level*

The power, voltage or current level delivered to the load.

4.30 *Nominal level*

The power, voltage or current level at which the performance measurement is specified.

4.31 *Input impedance*

Impedance presented by the filter to the signal source when the output is terminated by a specified load impedance.

4.32 *Output impedance*

Impedance presented by the filter to the load when the input is terminated by a specified source impedance.

4.33 *Terminating impedance*

Either of the impedances presented to the filter by the source or by the load.

4.34 *Available power*

The maximum power obtainable from a given source by suitable adjustment of the load impedance.

5 SAW filter related terms

5.1 *Transversal filter*

A filter consisting of input and output interdigital transducers on a piezoelectric substrate. The frequency response of the filter is fundamentally given by the impulse response of the transducer.

5.2 Filtre à fréquence symétrique

Filtre dont la caractéristique de fréquence est symétrique par rapport à la fréquence de référence.

5.3 Filtre à fréquence dissymétrique

Filtre dont les caractéristiques de la bande passante ou de la bande atténuée spécifiée sont dissymétriques par rapport à la fréquence de référence.

5.4 Filtre dispersif

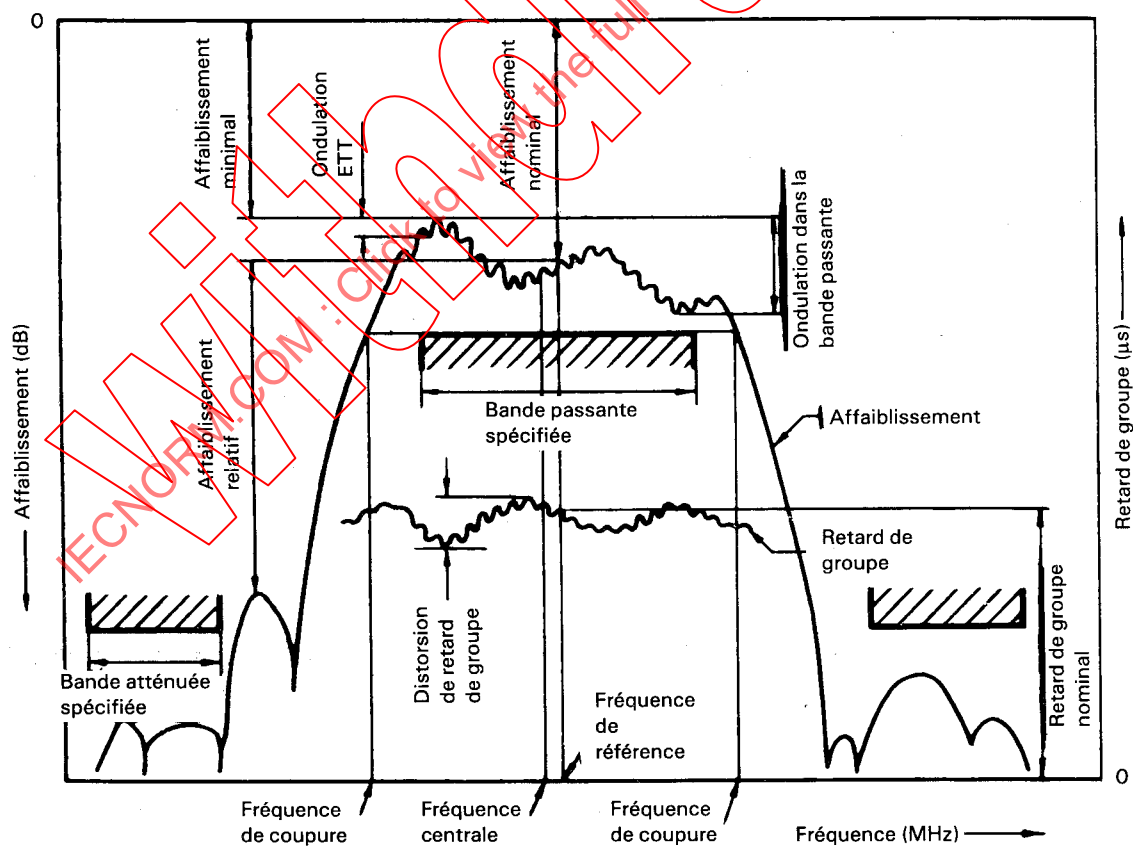
Filtre conçu de façon que le retard de groupe soit une fonction de la fréquence, habituellement par changement de la périodicité des doigts.

5.5 Filtre en peigne

Filtre ayant deux bandes passantes ou plus entre trois bandes atténuées ou plus.

5.6 Filtre à résonateurs

Filtre dans lequel deux ou plusieurs résonateurs à OAS sont incorporés.



082/89

FIGURE 1. — Réponse de fréquence d'un filtre à OAS.

5.2 Frequency symmetrical filter

A filter having a symmetrical frequency characteristic in relation to the reference frequency.

5.3 Frequency asymmetrical filter

A filter having a specified asymmetrical pass-band or stop-band characteristic in relation to the reference frequency.

5.4 Dispersive filter

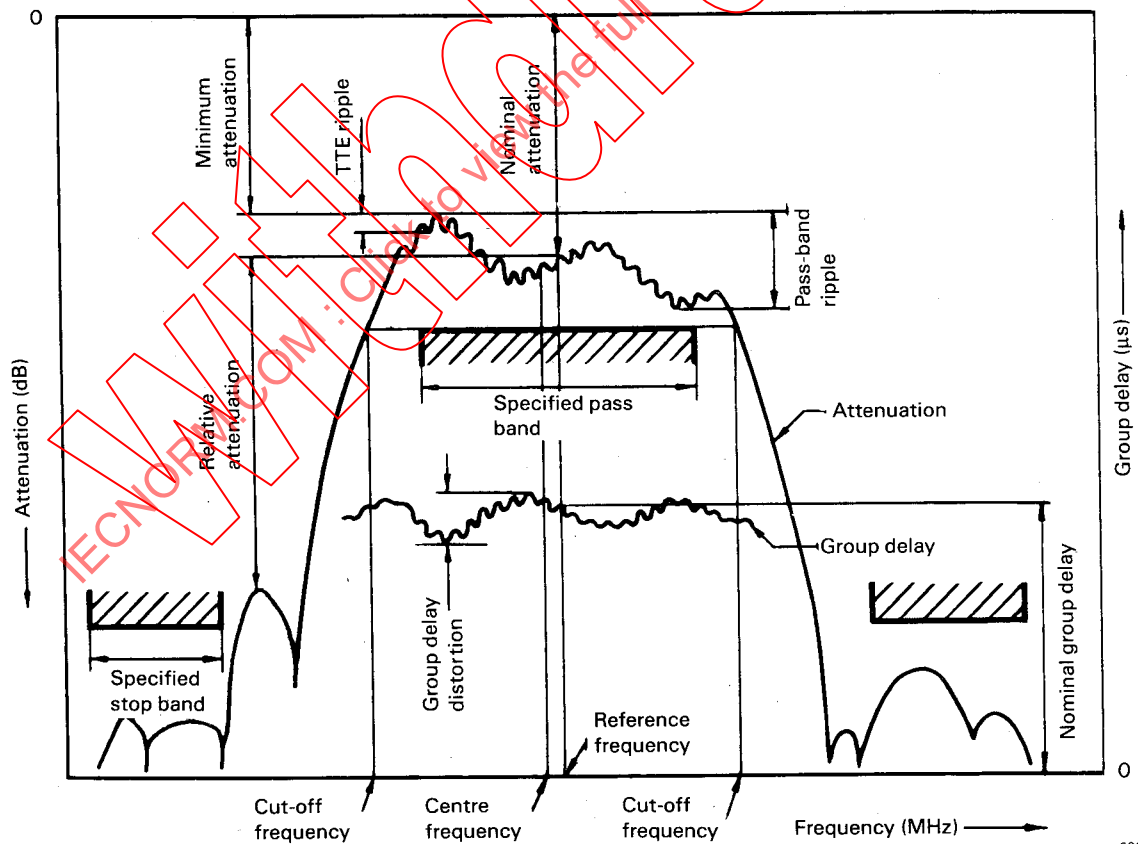
A filter designed so as to have group delay which is a function of frequency, usually by varying the finger periodicity.

5.5 Comb filter

A filter having two or more pass bands between three or more stop bands.

5.6 Resonator filter

A filter in which one or more SAW resonators are incorporated.



082/89

FIGURE 1. — Frequency response of a SAW filter.

6 Valeurs normalisées

6.1 Valeurs normalisées de la fréquence nominale

6.1.1 Valeurs normalisées de la fréquence nominale pour utilisation dans les communications et dans les radars

10,7 MHz	120 MHz	280 MHz
30 MHz	140 MHz	300 MHz
60 MHz	150 MHz	877,5 MHz
70 MHz	160 MHz	932,5 MHz

6.1.2 Valeurs normalisées de la fréquence nominale pour application dans les filtres de fréquence intermédiaire pour TV

32,7 MHz
36,875 MHz
37,0 MHz
38,0 MHz
38,9 MHz
39,5 MHz
45,75 MHz
58,75 MHz

6.2 Valeurs normalisées de l'affaiblissement relatif définissant la largeur de la bande passante

1 dB
3 dB
6 dB

6.3 Valeurs normalisées de l'ondulation dans la bande passante

0,5 dB
1 dB
2 dB
3 dB

6.4 Valeurs normalisées de suppression d'un signal ETT

30 dB
35 dB
40 dB
45 dB

6.5 Gammes normalisées de températures de fonctionnement, en degrés Celsius (°C)

—20 à +70
—20 à +50
—10 à +60
0 à +60

Note. — D'autres gammes de températures peuvent être utilisées, mais il convient que la plus basse température ne soit pas inférieure à —60 °C et que la température la plus élevée ne soit pas supérieure à 125 °C.

6 Standard values

6.1 Standard nominal frequency values

6.1.1 Standard nominal frequency values for use in communications and radar applications

10,7 MHz	120 MHz	280 MHz
30 MHz	140 MHz	300 MHz
60 MHz	150 MHz	877,5 MHz
70 MHz	160 MHz	932,5 MHz

6.1.2 Standard nominal frequency values for use in TV-IF applications

32,7 MHz
36,875 MHz
37,0 MHz
38,0 MHz
38,9 MHz
39,5 MHz
45,75 MHz
58,75 MHz

6.2 Standard relative attenuation values specifying pass bandwidth

1 dB
3 dB
6 dB

6.3 Standard pass-band ripple values

0,5 dB
1 dB
2 dB
3 dB

6.4 Standard TTE signal suppression

30 dB
35 dB
40 dB
45 dB

6.5 Standard operating temperature ranges, in degrees Celsius (°C)

–20 to +70
–20 to +50
–10 to +60
0 to +60

Note. — Other temperature ranges may be used but the lowest temperature should be not lower than –60 °C and the highest temperature should not exceed 125 °C.

6.6 Catégorie climatique normale

(Voir chapitre II, article 17, et Publication 68-1 de la CEI, annexe A.)

40/085/56

Note. — Pour les exigences où la gamme de températures de fonctionnement des filtres est supérieure à une gamme comprise entre -40°C et $+85^{\circ}\text{C}$, il convient de spécifier une catégorie climatique plus sévère dans la spécification particulière.

7 Marquage

Chaque filtre doit porter de façon lisible et indélébile les indications suivantes:

- a) fréquence nominale;
- b) marque d'origine (nom du fabricant, pouvant être sous forme codifiée, ou marque de fabrication);
- c) toute autre information nécessaire pour définir complètement les caractéristiques du filtre.

Note. — Pour les enveloppes microminiatures, ce marquage peut être remplacé par un autre système de marquage.

6.6 *Standard climatic category*

(See Chapter II, Clause 17, and IEC Publication 68-1, Appendix A.)

40/085/56

Note. — For requirements where the operating temperature range of the filters is broader than $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, a more severe climatic category shall be specified in the detail specification.

7 **Marking**

Each filter shall have the following information indelibly and legibly marked upon it:

- a)* nominal frequency;
- b)* mark of origin (manufacturer's name, which may be in code form, or trade mark);
- c)* any other information necessary to provide a complete definition of the filter.

Note. — For microminiature enclosures, the marking may be replaced by an alternative marking system.

CHAPITRE II: CONDITIONS D'ESSAIS

1 Généralités

Les articles 4 à 6 détaillent les méthodes de mesure permettant de juger des caractéristiques électriques d'un filtre dans les conditions de réception.

Les articles 7 à 20 détaillent les essais destinés à vérifier l'aptitude d'un filtre à maintenir ses caractéristiques électriques après une certaine période d'utilisation. Les articles 7 et 8 détaillent les essais d'étanchéité et de stockage. Les articles 10 à 20 donnent une liste des essais mécaniques et climatiques de la Publication 68 de la CEI appropriés aux filtres.

Après ces essais et si on le spécifie au cours de ceux-ci, les spécimens doivent être capables de répondre aux exigences des caractéristiques électriques.

L'annexe A donne un programme pour les essais de type, indiquant tous les essais possibles et l'ordre de leur exécution. Elle peut être utilisée comme liste de contrôle pour définir un programme d'essais de type adapté à un cas particulier; il convient alors de tenir compte des points suivants:

- exigences électriques;
- essais à effectuer et ordre de leur exécution (programme d'essais);
- sévérité des essais;
- étendue des mesures à effectuer pendant et/ou après les épreuves afin de vérifier si tous les spécimens ont satisfait aux essais;
- nombre de spécimens à essayer et nombre de spécimens défectueux autorisés.

Les filtres à OAS ayant servi aux essais de type ne peuvent être ni utilisés dans les équipements ni mis dans des lots de livraison.

2 Conditions normales d'essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales d'essais fixées par la Publication 68-1 de la CEI (température: 15 °C à 35 °C; humidité relative: 45% à 75%; pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa).

Avant les mesures, les filtres doivent être stockés à la température d'essai pendant un temps suffisant pour permettre au filtre d'atteindre cette température.

Lorsque les mesures sont effectuées à une température différente de la température normale, les résultats doivent, si nécessaire, être ramenés à cette température. La température ambiante à laquelle ont été effectuées les mesures doit être mentionnée sur le procès-verbal d'essais.

Note. — Pendant les mesures, il convient de ne pas soumettre les filtres à des conditions susceptibles de fausser les résultats des mesures.

3 Examen visuel et contrôle des dimensions

- a) Les dimensions doivent être vérifiées et doivent satisfaire aux valeurs spécifiées.
- b) Les filtres doivent être fabriqués conformément aux règles de l'art courantes.
- c) Le marquage doit être lisible et indélébile.
- d) Sauf spécification contraire, les filtres dans des enveloppes métalliques doivent avoir des dispositifs pour la mise à la terre de ces enveloppes.

CHAPTER II: TEST CONDITIONS

1 General

Clauses 4 to 6 give details of measuring methods which permit the electrical characteristics of the filter to be judged in the “as received” condition.

Clauses 7 to 20 contain details of tests for assessing the ability of the filter to maintain its electrical characteristics after a certain period of use. Clauses 7 and 8 give details of sealing and storage tests. Clauses 10 to 20 list mechanical and climatic tests of IEC Publication 68 which are applicable to filters.

After these tests, and if specified during one or more of the tests, the specimens shall be capable of meeting the requirements for electrical characteristics.

Annex A gives a schedule for type testing showing all possible tests and the order in which they shall be carried out. It may be used as a check list to draw up the type test schedule for a particular case. When doing so, the following points should be considered:

- electrical requirements;
- tests to be carried out and the order of their application (test schedule);
- severity of the tests;
- extent of the measurements to be made during and/or after the tests in order to verify whether all the specimens have successfully passed the tests;
- number of specimens to be tested, and the permissible number of rejects.

After these type tests, the SAW filters should not be used in equipment or returned to bulk supply.

2 Standard conditions for testing

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out under the standard atmospheric conditions specified in IEC Publication 68-1 (temperature: 15 °C to 35 °C; relative humidity: 45% to 75%; air pressure: 86 kPa to 106 kPa).

Before the measurements are made, the filters shall be stored at the measuring temperature for a time sufficient to allow the filter to reach this temperature.

When measurements are made at a temperature other than the standard temperature, the results shall, where necessary, be corrected to the specified temperature. The ambient temperature during the measurements shall be stated in the test report.

Note. — During measurement, the filters should not be exposed to conditions likely to invalidate the results of the measurements.

3 Visual examination and check of dimensions

- a) The dimensions shall be checked and shall comply with the specified values.
- b) The filters shall show evidence of having been manufactured in accordance with good current practice.
- c) The marking shall be legible and durable.
- d) Unless otherwise specified, filters with metal enclosures shall have earthing facilities for these enclosures.

4 Caractéristiques de transmission

4.1 Méthodes de mesure

4.1.1 Généralités

Dans le passé, les essais étaient effectués avec des appareils de mesure normalisés classiques. Depuis peu, des équipements d'essai pour filtre tels que les analyseurs de réseaux ou les voltmètres vectoriels ont été mis au point; cela a considérablement simplifié la tâche pour les mesures compliquées.

L'impédance du système de ces équipements est habituellement égale à $50\ \Omega$ ou $75\ \Omega$; pour cette raison, il faut tenir compte des conditions d'adaptation du filtre à l'équipement.

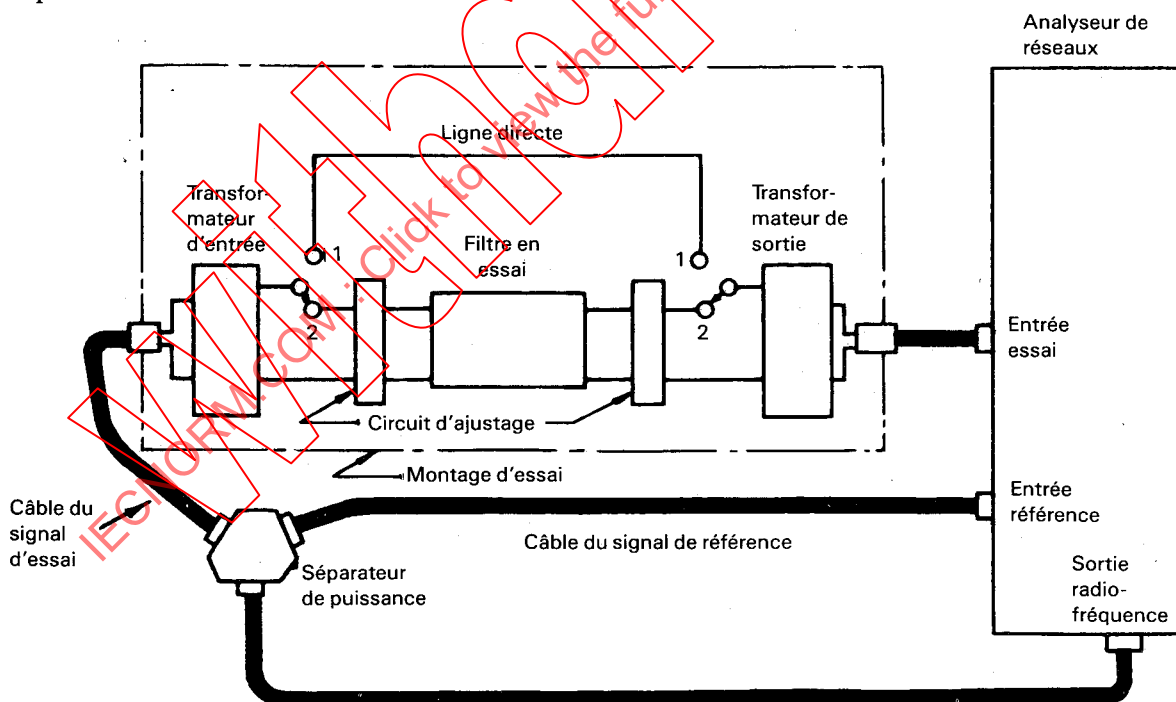
4.1.2 Mesure de l'affaiblissement d'insertion

a) Principe de la mesure

L'affaiblissement d'insertion est obtenu comme le rapport entre le niveau du signal mesuré quand le signal traverse en ligne directe et celui quand le signal passe au travers du filtre et du circuit d'ajustage (voir figure 2).

b) Circuit de mesure

Le montage de mesure est montré à la figure 2. Le signal radiofréquence (RF) de la sortie RF d'un analyseur de réseaux est divisé dans un canal de référence et un canal d'essai au moyen d'un séparateur de puissance. Le signal RF du canal de référence est conduit directement à l'entrée référence de l'analyseur de réseaux alors que le signal RF du canal d'essai est amené à l'entrée essai de l'analyseur de réseaux en transitant par le dispositif d'essai. Les connexions nécessaires sont réalisées par des câbles coaxiaux RF dont l'impédance nominale doit être exactement égale à l'impédance du système d'équipement.



083/89

FIGURE 2. — Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la phase et du retard de groupe.

- Notes 1. — Un voltmètre vectoriel ou tout autre équipement d'essai peut être utilisé à la place de l'analyseur de réseaux.
2. — Pour éviter des mesures imprécises dues au bruit, il est recommandé de travailler à un niveau de puissance raisonnablement élevé ou d'insérer des amplificateurs dans le dispositif d'essai pour compenser l'affaiblissement du filtre.

4 Transmission characteristics

4.1 Measuring methods

4.1.1 General

In the past, filters have been tested with conventional standard measuring instruments. Recently, filter test equipment such as network analyzers or vector voltmeters have been developed and this has simplified previously complicated measuring work.

The system impedance of such equipment is usually $50\ \Omega$ or $75\ \Omega$ and, therefore, the termination condition between the filter and the equipment has to be considered.

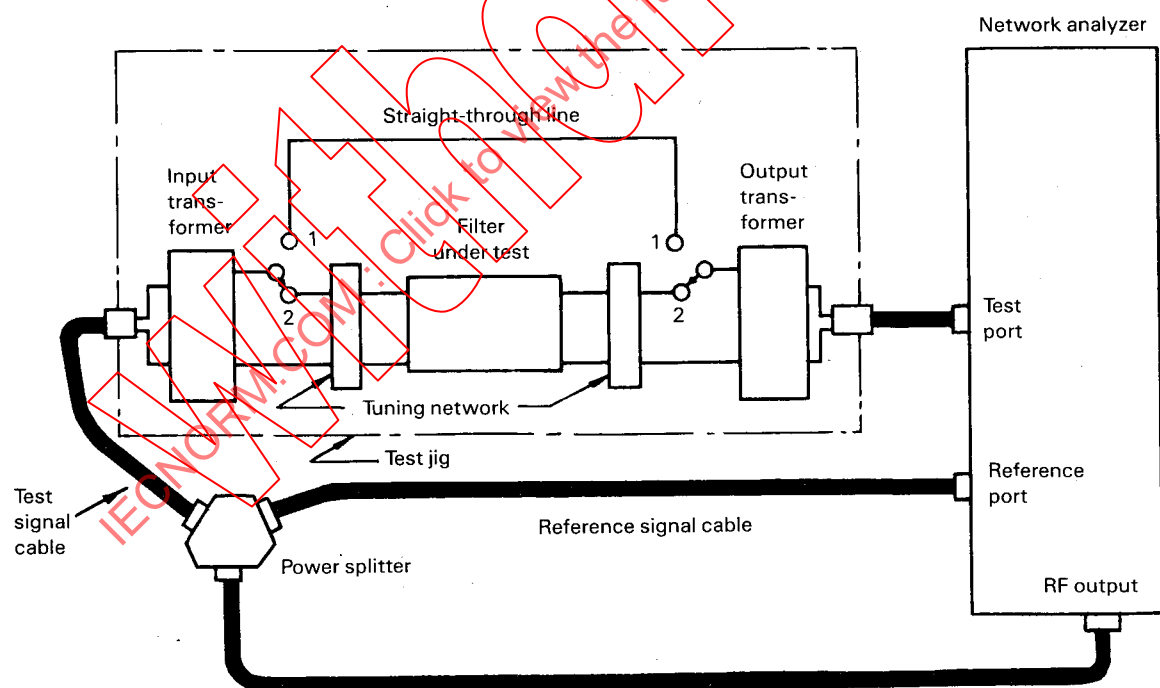
4.1.2 Insertion attenuation measurement

a) Principle of measurement

The insertion attenuation is obtained as a ratio of the signal level measured when the signal is fed through a straight line to that when it is fed through the filter and tuning network (see Figure 2).

b) Measuring circuit

The measurement set-up is shown in Figure 2. An RF signal from the RF output of a network analyzer is split into a reference channel and a test channel by means of a power splitter. The RF signal of the reference channel is directly fed to the reference port. The signal of the test channel is fed to the test port of the network analyzer through a test jig. All of these connections have to be made with RF coaxial cables, the nominal impedance of which shall be exactly equal to the system impedance.



083/89

FIGURE 2. — Insertion attenuation, phase, and group delay measurement

Notes 1. — A vector voltmeter or other filter test equipment can be used instead of the network analyzer.

2. — In order to avoid inaccurate measurements due to noise, it is advisable to work at reasonably high power level or to insert amplifiers in the test jig to compensate for filter attenuation.

c) *Dispositif d'essai du filtre*

Les impédances aux bornes d'un filtre sont souvent différentes de l'impédance du système d'équipement. Parfois, il est nécessaire pour les circuits d'ajustage d'éliminer la capacité du TID. Afin que les conditions de mesure soient clairement exploitables, on s'arrange pour que le circuit des bornes du filtre soit dissocié en une partie purement résistive et une partie purement réactive. L'adaptation de la partie purement réactive est effectuée à l'aide du circuit d'ajustage, celle de la partie résistive est effectuée par l'intermédiaire d'un transformateur d'impédance idéal.

Les circuits d'ajustage sont réactifs et sont réalisés avec des inductances parallèles et/ou séries. En pratique, le transformateur idéal pour la gamme de fréquences des OAS ne peut être réalisé. Aussi, des circuits en π ou en T avec résistance ou des amplificateurs sont-ils utilisés comme transformateurs d'impédance.

Le montage d'essai doit répondre aux exigences suivantes:

- le filtre et les circuits d'ajustage doivent pouvoir être remplacés par une ligne directe;
- la sortie du montage d'essai doit être protégée de son entrée par un blindage.

Lorsque les impédances spécifiées aux bornes du filtre sont égales à l'impédance du système d'équipement, les transformateurs et circuits d'ajustage ne sont pas nécessaires.

d) *Méthode de mesure*

Connecter la ligne directe entre les deux transformateurs d'impédance en se plaçant sur la position 1 de la figure 2. La lecture à l'indicateur d'amplitude ou à l'oscilloscope de l'analyseur de réseaux est prise comme valeur du niveau de référence.

Déconnecter la ligne directe et insérer le filtre et les circuits d'ajustage en se plaçant sur la position 2 de la figure 2. L'affaiblissement relatif par rapport au niveau de référence est l'affaiblissement d'insertion.

e) *Calcul de l'affaiblissement total*

Lorsque les impédances spécifiées aux bornes du filtre sont égales les unes par rapport aux autres, l'affaiblissement total du filtre correspond à l'affaiblissement d'insertion. Lorsqu'elles ne le sont pas, l'affaiblissement total peut être calculé comme suit:

$$AT = AI + 10 \log [(R_s + R_L)^2 / (4 R_s R_L)]$$

où:

AT est l'affaiblissement total en décibels

AI est l'affaiblissement d'insertion en décibels

R_s est l'impédance d'entrée au secondaire du transformateur d'entrée

R_L est l'impédance de sortie au primaire du transformateur de sortie

4.1.3 *Mesure de la phase*

a) *Principe de la mesure*

Les caractéristiques de la phase peuvent être obtenues à partir du déphasage relatif constaté par comparaison avant et après insertion du filtre et des circuits d'ajustage en remplacement de la ligne directe, comme indiqué à la figure 2. Cette ligne doit être aussi courte que possible.

b) *Circuit de mesure*

Le circuit de mesure est le même que celui montré à la figure 2. L'équipement d'essai est placé en mode «indication de la phase».

Note. — Il est souhaitable que la longueur électrique du canal de référence puisse être ajustée afin de rendre la phase de référence constante indépendante de la fréquence de mesure.

c) *Dispositifs d'essai du filtre*

Le dispositif prescrit au point c) du paragraphe 4.1.2 est utilisé.

d) *Méthode de mesure*

Connecter la ligne directe entre les deux transformateurs d'impédance en se plaçant sur la position 1 de la figure 2. La lecture à l'indicateur de phase ou à l'oscilloscope de l'analyseur de réseaux donne la

c) *Filter test jig*

Filters often have terminating impedances different from that of the equipment system impedance. Sometimes, it is necessary for the tuning networks to cancel IDT capacitance. In order to express the measuring conditions clearly, it is convenient to separate the terminating circuit into pure resistive and pure reactive parts. The pure reactive part matching is achieved by means of the tuning network. The resistive part matching is achieved by using an ideal impedance transformer.

The tuning networks are reactive and built with shunt and/or series inductances. In practice, an ideal transformer for the SAW frequency range cannot be realized. Thus, π - or T -resistor networks or amplifiers are used as the impedance transformers.

The test jig shall meet the following requirements:

- the filter and the tuning networks must be replaceable by a straight-through line;
- the output of the jig shall be well-shielded from the input.

Where the specified terminating impedance is equal to the equipment system impedance, impedance transformers and tuning networks are not necessary.

d) *Measurement method*

Connect the straight-through line between two impedance transformers at the place indicated as Position 1 in Figure 2. The reading of the magnitude indicator or the CRT display of the network analyzer is taken as the measurement reference level.

Disconnect the line and insert the filter and the tuning network in Position 2 shown in Figure 2. The relative attenuation to the reference level is the insertion attenuation.

e) *Calculation of total power loss*

The total power loss of the filter coincides with the insertion attenuation, when the specified terminating impedances are equal to each other. If the impedances are not equal, the total power loss can be calculated as:

$$TPL = IA + 10 \log [(R_s + R_L)^2 / (4 R_s R_L)]$$

where:

TPL is the total power loss in decibels

IA is the insertion attenuation in decibels

R_s is the input terminating impedance at the secondary port of the input impedance transformer

R_L is the output terminating impedance at the primary port of the output impedance transformer

4.1.3 *Phase measurement*

a) *Principle of measurement*

The phase characteristics can be obtained from the relative phase shift before insertion of the filter and the tuning network and after insertion of the filter and tuning network, replacing the straight-through line in Figure 2. The line shall be as short as possible.

b) *Measuring circuit*

The measuring circuit is the same as shown in Figure 2 and the filter test equipment is set to the phase "indication mode".

Note. — It is preferred that the electrical length of the reference signal cable be adjusted to keep the reference phase constant independent of the measuring frequency.

c) *Filter test jig*

The test jig prescribed in Item c) of Sub-clause 4.1.2 shall be used.

d) *Measuring method*

Connect the straight-through line between the impedance transformers at the place indicated as Position 1 in Figure 2. The reading of the network analyzer phase indicator or the CRT display

phase de référence. Si la longueur du canal de référence est correctement ajustée, la phase est une constante indépendante de la fréquence de mesure.

Déconnecter la ligne directe et insérer le filtre et les circuits d'ajustage sur la position 2 de la figure 2. Le déphasage relatif constaté par rapport à la phase de référence est le déphasage d'insertion.

4.1.4 Mesure du retard de groupe

a) Principe de la mesure

Le retard de groupe t_g est calculé avec la formule suivante:

$$t_g = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega}$$

où φ indique la phase (retard) du filtre à OAS en radians et ω est la fréquence angulaire.

En pratique, t_g est déterminé en mesurant le déphasage $\Delta\varphi$ entre deux fréquences telles que $\omega \pm \Delta\omega/2$,

$$t_g = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\omega}$$

b) Circuit de mesure

Le circuit de mesure est le même que celui montré à la figure 2. L'équipement d'essai est placé en mode «indication du retard de groupe».

c) Dispositif d'essai du filtre

Le dispositif prescrit au point c) du paragraphe 4.1.2 est utilisé.

d) Méthode de mesure

En principe, le retard de groupe est calculé en utilisant les formules données ci-dessus, à partir des caractéristiques de phase du filtre. Lorsque cela est possible, on l'obtient par lecture directe en plaçant l'équipement d'essai sur le mode «indication du retard de groupe».

4.1.5 Mesure de l'affaiblissement d'écho

a) Principe de la mesure

Il est important de connaître l'impédance d'un filtre pour mener à bien la construction de circuits d'ajustage et leur installation pratique. L'impédance du filtre (partie réelle et imaginaire), à la sortie duquel on aura placé une impédance de charge spécifiée, peut être mesurée à l'aide d'un pont d'impédance classique ou d'un impédancemètre vectoriel. L'affaiblissement d'écho peut alors être calculé à partir de cette impédance. D'autre part, on peut aussi utiliser un analyseur de réseaux ou un voltmètre vectoriel pour mesurer l'amplitude et la phase du signal renvoyé à la sortie du filtre ou du circuit d'ajustage comportant le filtre. L'impédance peut être calculée à partir des résultats des mesures (voir figure 3).

corresponds with the reference phase. If the length of the reference signal cable is set properly, the phase is a constant independent of the frequency.

Disconnect the line and insert the filter and the tuning network in Position 2 shown in Figure 2. The relative phase shift to the reference phase is the insertion phase shift.

4.1.4 Group delay measurement

a) Principle of measurement

Group delay t_g is calculated from the following formula:

$$t_g = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega}$$

where φ indicates the phase (lag) of the SAW filter in radians, and ω is the angular frequency.

In practical measurement, t_g is determined by measuring the phase shift $\Delta\varphi$ between two frequencies which are expressed as $\omega \pm \Delta\omega/2$,

$$t_g = \frac{\Delta\varphi}{\Delta\omega}$$

b) Measuring circuit

The measuring circuit is the same as that shown in Figure 2, and the filter test equipment is set to the “group delay indication mode”.

c) Filter test jig

The test jig prescribed in Item c) of Sub-clause 4.1.2 shall be used.

d) Measurement method

The group delay is fundamentally calculated from the phase characteristics of the filter using the above-mentioned formulae. If possible, the filter test equipment should be set to the “group delay indication mode” to measure the group delay directly.

4.1.5 Return attenuation measurement

a) Principle of measurement

It is important to know the impedance of a filter in order to carry out tuning network design and practical installation correctly. The impedance (real and imaginary parts) of the filter, the other end of which is terminated by a specified terminating impedance, may be measured with either a conventional impedance bridge or a vector impedance meter. The return attenuation can then be calculated from the impedance of the filter. On the other hand a network analyzer or vector voltmeter can also be used for measuring the magnitude and the phase of the return signal reflected at the end of the filter or the end of the tuning network containing the filter. The impedance can be calculated from the measured results (see Figure 3).

b) Circuit de mesure de l'affaiblissement d'écho

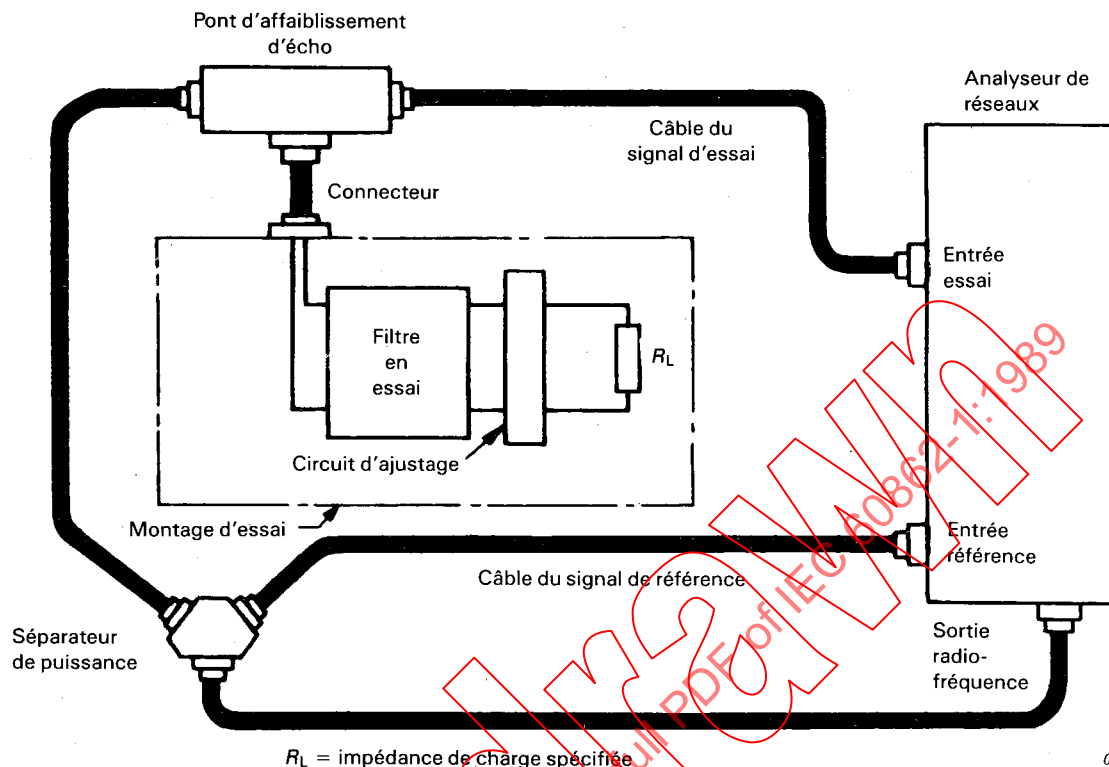


FIGURE 3. — Mesure de l'affaiblissement d'écho.

- Notes 1. — A la place de l'analyseur de réseaux, on peut utiliser un voltmètre vectoriel ou tout autre équipement d'essai pour filtres. Certains de ces équipements offrent l'avantage de présenter les résultats des mesures sous forme d'un graphique de Smith. L'impédance et l'affaiblissement d'écho y sont obtenus par lecture directe.
2. — Pour être sûr que les mesures sont exactes, il est recommandé de faire en sorte que la distance séparant le filtre en essai et le pont d'affaiblissement d'écho soit la plus courte possible.
3. — Il est souhaitable que la longueur du câble du signal de référence soit ajustée de façon que la phase à zéro degré du signal réfléchi demeure indépendante de la fréquence de mesure lorsque l'on déconnecte le filtre du dispositif d'essai du filtre.
4. — Les impédances nominales des câbles coaxiaux doivent être rigoureusement égales à l'impédance du système d'équipement de mesure.

c) Dispositif d'essai

Le dispositif d'essai doit comporter un connecteur permettant de relier ou non le filtre au pont d'affaiblissement d'écho. La longueur de la ligne reliant le filtre au connecteur doit être aussi courte que possible. Pour les équipements assistés par ordinateur, la référence est établie au niveau du connecteur du montage d'essai pour présenter les conditions de circuit ouvert, de court-circuit et l'impédance de référence ainsi que pour emmagasiner les valeurs mesurées destinées à établir la valeur correcte de l'impédance du filtre.

d) Méthode de mesure

Débrancher le câble du connecteur du montage d'essai. Les lectures de la magnitude et de la phase de l'analyseur de réseaux sont normalisées comme étant égales au niveau de référence et à la phase. Lorsque la longueur du câble de référence est proprement ajustée, la lecture de phase peut être maintenue à zéro, indépendamment de la fréquence. L'affaiblissement relatif et le déphasage par rapport au niveau et à la phase de référence sont l'affaiblissement d'écho pour l'impédance du système du pont d'affaiblissement d'écho.

b) Return attenuation measuring circuit

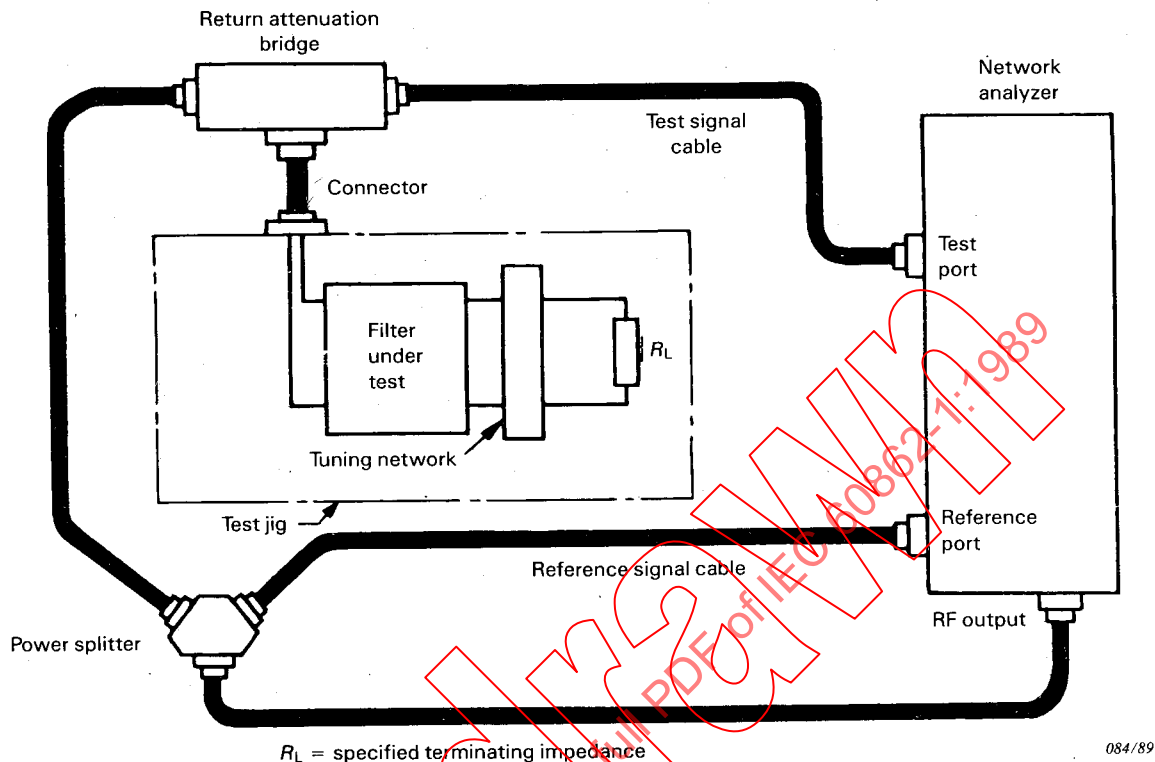


FIGURE 3. — Return attenuation measurement.

- Notes 1. — A vector voltmeter or other filter test equipment can be used instead of the network analyzer. Some of these types of equipment offer the measured results in a Smith chart display. The impedance and return attenuation can be read directly from the chart.
2. — The distance between the return attenuation bridge and the filter under test should be as short as possible to ensure accurate measurements.
3. — It is preferred that the length of the reference signal cable be adjusted to keep the returned signal phase at zero degrees independent of the measuring frequency when disconnecting the filter from the test jig.
4. — The nominal impedances of the cables shall be exactly equal to the equipment system impedance.

c) Filter test jig

The test jig shall have a connector to connect the filter to and disconnect the filter from the return attenuation bridge. The length of wiring between the test jig connector and the filter shall be as short as possible. For computer-aided measurement equipment, reference is established at the test jig connector presenting open circuit, short circuit and reference impedance to the connector and storing the measured values for correction of filter impedance measurement.

d) Measurement method

Disconnect the cable from the test jig connector. The readings of the magnitude and phase of the network analyzer are normalized to be the reference level and phase. When the length of the reference cable is adjusted properly, the reading of the phase can be kept at zero degrees independent of the frequency. The relative attenuation and phase shift to the reference level and phase are the return attenuation for the system impedance of the return attenuation bridge.

e) *Relation entre l'impédance du filtre et l'affaiblissement d'écho*

La réflectance au connecteur du montage d'essai est représentée par l'équation suivante:

$$r = |r| \exp(j\varphi)$$

où:

r est la réflectance, $|r|$ sa valeur absolue, c'est-à-dire le coefficient de réflexion, et φ le déphasage réfectif, en radians

L'impédance du filtre peut être calculée à l'aide de la formule suivante:

$$Z = Z_0 \frac{1 + r}{1 - r}$$

où:

Z est l'impédance du filtre et Z_0 est l'impédance de l'équipement d'essai du filtre

Lorsque la mesure est effectuée avec un pont d'impédance classique, l'affaiblissement d'écho pour l'impédance de charge spécifiée peut être aussi calculé à partir de l'impédance du filtre Z comme suit:

$$\text{affaiblissement d'écho (dB)} = 20 \log \left| \frac{Z + Z_c}{Z - Z_c} \right|$$

où:

Z_c est l'impédance de charge spécifiée

4.1.6 *Mesure des signaux indésirables*

a) *Principe de la mesure*

La présence de signaux indésirables tels que réflexions parasites d'OAS, écho de triple transit, signaux des ondes de volume, est la cause d'ondulations indésirables dans la bande passante et d'une mauvaise atténuation dans la bande atténuée. Ces signaux ne peuvent pas être identifiés par une mesure dans le domaine fréquence; toutefois, ils peuvent être aisément observés par une mesure dans le domaine temps en utilisant un signal radiofréquence suramplifié tranchant.

b) *Circuit de mesure*

Ce circuit est montré à la figure 4. Un signal RF est modulé par un signal d'impulsion provenant d'un générateur d'impulsions; ce signal devenu tranchant est amplifié; il alimente ensuite le dispositif d'essai du filtre. En sortie, il est amplifié à nouveau, puis est dirigé sur l'entrée du canal 2 d'un oscilloscope. Le signal modulé par l'impulsion et le signal d'impulsion sont envoyés respectivement sur l'entrée du canal 1 et sur le circuit de déclenchement de l'oscilloscope.

c) *Dispositif d'essai du filtre*

Le dispositif prescrit au point c) du paragraphe 4.1.2 est utilisé.

d) *Méthode de mesure*

La fréquence du générateur de signaux radiofréquence doit être réglée à la fréquence spécifiée dans la bande passante. L'image observée sur l'écran de l'oscilloscope est semblable à celle montrée à la figure 5. En fonction du temps, on observe qu'il n'y a pas de retard pour le signal de couplage direct; le signal principal est en retard d'un temps t et est suivi de l'écho de triple transit après un temps $2t$. Les niveaux relatifs des signaux par rapport au signal principal représentent la suppression.

e) *Relation between filter impedance and return attenuation*

Reflectivity at the jig connector is represented by the following equation:

$$r = |r| \exp(j\varphi)$$

where:

r is the reflectivity and $|r|$ is its absolute value, i.e. reflection coefficient, and φ is the reflective phase shift in radians

The impedance of the filter can be calculated from the following formula:

$$Z = Z_0 \frac{1 + r}{1 - r}$$

where:

Z is the impedance of the filter and Z_0 is the impedance of the filter test equipment

When the measurements are made with a conventional impedance bridge, the return attenuation for the specified terminating impedance can also be calculated from the filter impedance Z as follows:

$$\text{return attenuation (dB)} = 20 \log \left| \frac{Z + Z_t}{Z - Z_t} \right|$$

where:

Z_t is the specified terminating impedance

4.1.6 *Unwanted signal measurement*

a) *Principle of measurement*

Unwanted signals such as TTE, bulk wave spurious and reflected SAW signals cause undesired ripple in the pass band and lead to poor attenuation in the stop band. These signals cannot be identified by frequency domain measurement; however, they are clearly observed by time domain measurement using an RF burst signal.

b) *Measuring circuit*

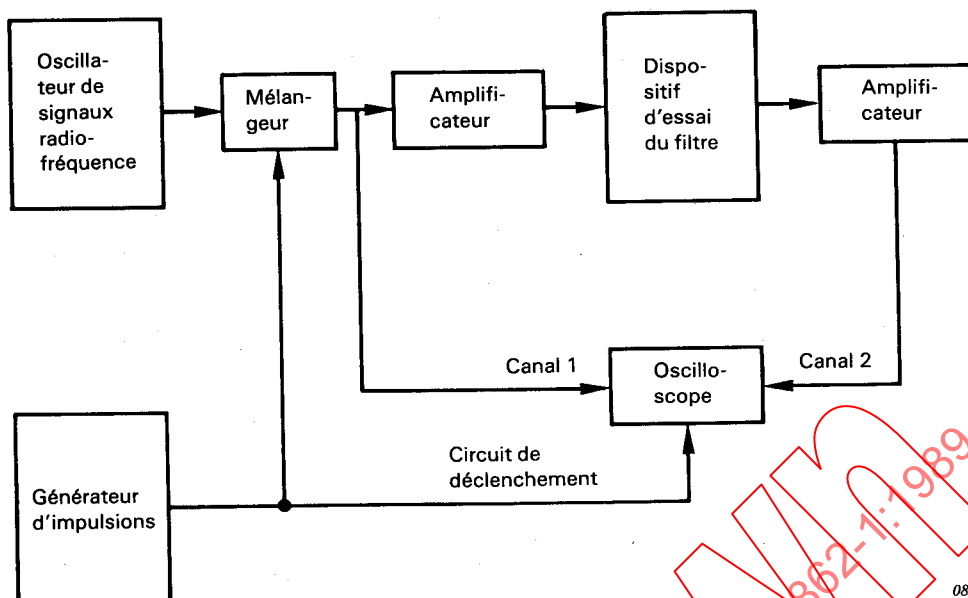
The measuring set-up is shown in Figure 4. An RF signal is modulated by a pulse signal from a pulse generator. Then the modulated signal, which is a burst signal, is fed to the filter test jig through an amplifier. The output signal of the test jig is amplified again and fed to the channel 2 input of an oscilloscope. The modulated signal and the pulse signal are also fed to the channel 1 input and trigger input of the oscilloscope, respectively.

c) *Filter test jig*

The test jig prescribed in Item c) of Sub-clause 4.1.2 shall be used.

d) *Measurement method*

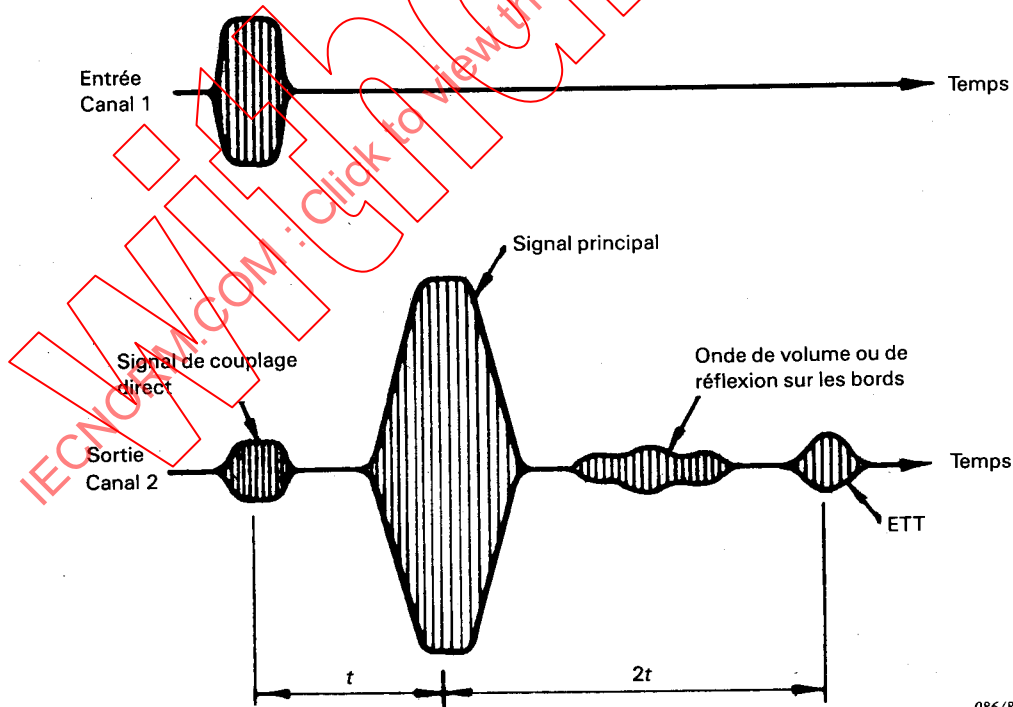
The frequency of the RF signal generator shall be set at a specified frequency within the pass band. The observation of the CRT display is as shown in Figure 5. The feedthrough signal has no time-lag, the TTE lags behind the main signal by $2t$. The t is a time-lag for the main signal. The relative levels of the signals to the main signal represent the suppression of the signals.



085/89

FIGURE 4. — Mesure des signaux indésirables.

Note. — Pour éviter un élargissement excessif de la bande de fréquences, des signaux d'impulsion à montée lente et à descente lente sont recommandés.



086/89

FIGURE 5. — Signaux indésirables sur l'oscilloscope.

Note. — La réponse dans le domaine temporel peut être aussi calculée à partir des données obtenues dans le domaine fréquentiel.

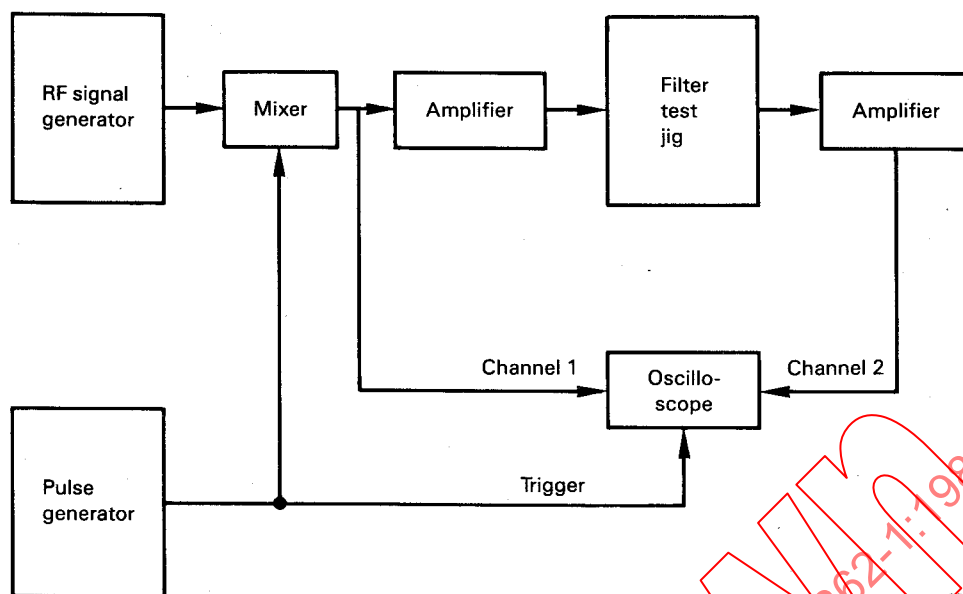


FIGURE 4. — Unwanted signal measurement.

Note. — Slow-rise and slow-fall pulse signals are desired in order to avoid excess broadening of the frequency bandwidth.

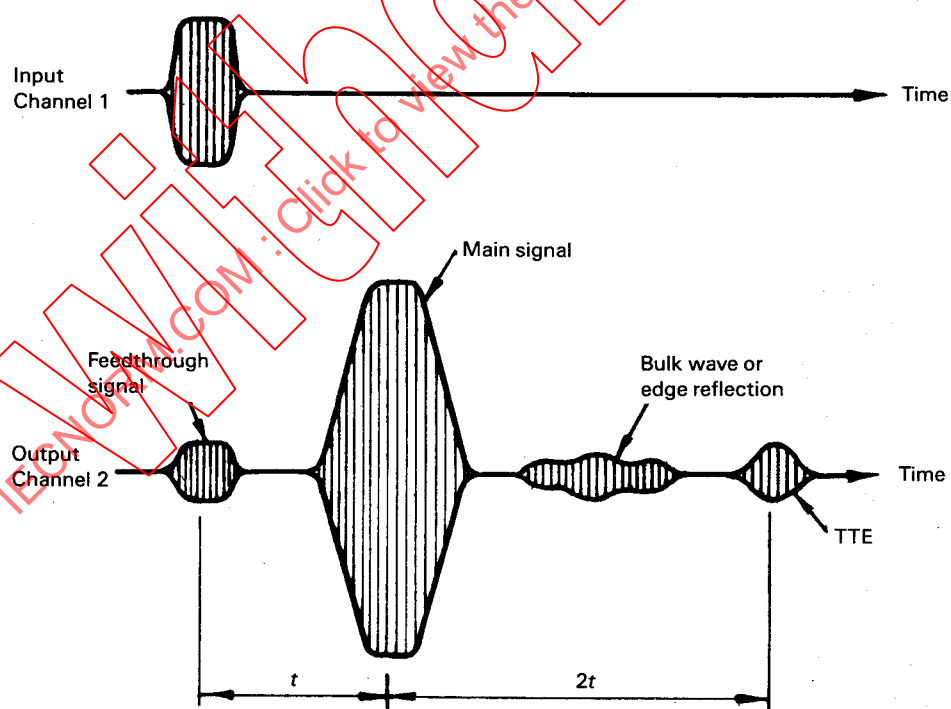


FIGURE 5. — Unwanted signals on an oscilloscope.

Note. — The time domain response can also be computed from frequency domain data.

4.2 Conditions de mesure

4.2.1 Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique de retard de groupe aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales

- a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit au paragraphe 4.1.2, avec les impédances de charge spécifiées données dans la spécification particulière correspondante.
- b) L'affaiblissement d'insertion, la caractéristique de phase et celle de retard de groupe doivent être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

4.2.2 Mesure de l'affaiblissement d'insertion, de la caractéristique de phase et de la caractéristique de retard de groupe en fonction de la température

- a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit au paragraphe 4.1.2, avec l'affaiblissement d'insertion et les caractéristiques de phase mesurés dans la gamme de températures spécifiée, au niveau d'excitation nominal et avec l'impédance de charge spécifiée.
- b) L'affaiblissement d'insertion, la caractéristique de phase et celle de retard de groupe doivent être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

4.2.3 Mesure de l'affaiblissement d'écho aux impédances de charge spécifiées et dans des conditions atmosphériques normales

- a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit au paragraphe 4.1.5, avec l'impédance de charge donnée dans la spécification particulière correspondante.
- b) L'affaiblissement d'écho doit être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

4.2.4 Mesure des signaux indésirables dans des conditions atmosphériques normales

- a) Le filtre doit être inséré dans le circuit d'essai décrit au paragraphe 4.1.6, avec l'impédance de charge spécifiée donnée dans la spécification particulière correspondante.
- b) Les signaux indésirables doivent être dans les limites spécifiées dans la spécification particulière correspondante.

5 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement doit être mesurée sous la tension continue spécifiée dans la spécification particulière. Cette tension est appliquée:

- a) entre les sorties;
- b) entre les sorties reliées entre elles et la portion métallique du corps.

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à la valeur spécifiée dans la spécification particulière correspondante.

6 Essai de rigidité diélectrique

Le filtre doit passer l'essai suivant sans amorçage d'arc, contournement, claquage d'isolation ou autre dommage.

Une tension alternative de valeur spécifiée doit être appliquée pendant une période de 5 s:

- a) entre les sorties;
- b) entre les sorties reliées entre elles et la partie métallique du corps.

4.2 Measurement conditions

4.2.1 Measurement of insertion attenuation, phase, and group delay characteristics at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of Sub-clause 4.1.2 with the specified terminating impedance given in the relevant detail specification.
- b) Insertion attenuation, phase, and group delay characteristics shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

4.2.2 Measurement of insertion attenuation, phase, and group delay characteristics as a function of temperature

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of Sub-clause 4.1.2 with the insertion attenuation and phase characteristics measured over the specified temperature range, at the nominal level of drive and with the specified terminating impedance.
- b) Insertion attenuation, phase, and group delay characteristics shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

4.2.3 Measurement of return attenuation at specified terminating impedances and at standard atmospheric conditions

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of Sub-clause 4.1.5 with the specified terminating impedance given in the relevant detail specification.
- b) Return attenuation shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

4.2.4 Measurement of unwanted signals at standard atmospheric conditions

- a) The filter shall be inserted in the test circuit of Sub-clause 4.1.6 with the specified terminating impedance given in the relevant detail specification.
- b) Unwanted signals shall be within the limits stated in the relevant detail specification.

5 Insulation resistance

Insulation resistance shall be measured by means of direct voltage as specified in the detail specification. This voltage is applied between:

- a) the terminations;
- b) the terminations connected together and the metal portion of the case.

Insulation resistance shall be not less than the value specified in the relevant detail specification.

6 Voltage proof

The filter shall pass the following tests without evidence of arcing, flashover, insulation breakdown or damage.

An alternating voltage of a specified value shall be applied for a period of 5 s between:

- a) the terminations;
- b) the terminations connected together and the metal portion of the case.

7 Etanchéité

7.1 Essai A

Les filtres doivent être soumis à la méthode d'essai 1 de l'essai Qc: Etanchéité des boîtiers, fuite de gaz, de la Publication 68-2-17 de la CEI.

Les filtres doivent être immergés dans un liquide dégazé pendant une période spécifiée.

Il ne doit pas se produire de fuite se manifestant par un dégagement répétitif de bulles issues des filtres.

Après l'essai, les filtres ne doivent pas présenter de dommage visible.

Lorsque cet essai est prescrit par une spécification particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- liquide(s) d'essai(s);
- pression d'air;
- durée d'essai.

(Voir Publication 68-2-17 de la CEI, paragraphe 3.7.)

Note. — Cet essai a seulement un but qualitatif.

7.2 Essai B

Les filtres doivent être soumis à la méthode d'essai 2 de l'essai Qk: Essai d'étanchéité au gaz traceur avec spectromètre de masse, de la Publication 68-2-17 de la CEI.

Le taux de fuite ne doit pas être supérieur à la valeur prescrite par la spécification particulière.

Lorsque cet essai est prescrit par une spécification particulière, celle-ci doit spécifier les points suivants:

- type de gaz traceur ou mélange de gaz, avec les proportions;
- pression dans l'enceinte d'essai;
- durée de séjour sous pression;
- méthode de retrait du gaz traceur absorbé en surface;
- temps entre le retrait de la pression et la mesure;
- taux de fuite admissible.

(Voir Publication 68-2-17 de la CEI, paragraphe 6.6.)

Note. — Pendant tout l'essai il est recommandé que la pression dans l'enceinte d'essai soit maintenue inférieure à 200 kPa pour éviter la déformation de l'enveloppe du filtre.

8 Essai de stockage

Sauf spécification contraire, le filtre doit être stocké pendant 2 000 h sans fonctionnement à la température minimale ou maximale spécifiée de la gamme de températures assignée $\pm 3^\circ\text{C}$. A la fin de la période de stockage, avant de faire les mesures finales, le filtre est maintenu dans les conditions atmosphériques normales d'essai jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

9 Vieillessement à haute température

Le filtre est maintenu à la température de $85 \pm 3^\circ\text{C}$ sans fonctionner pendant 30 jours ou pendant la période spécifiée dans la spécification particulière correspondante. A la fin de la période d'essai, avant de faire les mesures finales, le filtre est maintenu dans les conditions atmosphériques normales d'essai jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.