

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61580-4

Première édition
First edition
1997-08

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 4:
Atténuation des guides d'ondes
et des ensembles de guides d'ondes**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 4:
Attenuation of waveguide and
waveguide assemblies**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61580-4: 1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61580-4

Première édition
First edition
1997-08

**Méthodes de mesure appliquées
aux guides d'ondes –**

**Partie 4:
Atténuation des guides d'ondes
et des ensembles de guides d'ondes**

Methods of measurement for waveguides –

**Part 4:
Attenuation of waveguide and
waveguide assemblies**

© IEC 1997 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 Varembe 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

L

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Généralités	6
3 Equipement d'essai	6
3.1 Méthode 1	8
3.2 Méthode 2	10
3.3 Méthode 3	12
3.4 Montage d'essai pour la méthode 4	14
4 Procédure.....	16
4.1 Méthode 1	16
4.2 Méthode 2	16
4.3 Méthode 3	16
4.4 Méthode 4	16
5 Précision	18
5.1 Précision des mesurages effectués avec des analyseurs de réseaux.....	18
6 Exigences.....	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61580-4:1997

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object.....	7
2 General	7
3 Test equipment.....	7
3.1 Method 1	9
3.2 Method 2	11
3.3 Method 3	13
3.4 Test set-up for method 4.....	15
4 Procedure.....	17
4.1 Method 1	17
4.2 Method 2	17
4.3 Method 3	17
4.4 Method 4	17
5 Accuracy	19
5.1 Measurement accuracy with network analysers	19
6 Requirements	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 4: Atténuation des guides d'ondes et des ensembles de guides d'ondes

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 les 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 61580-4 a été établie par le sous-comité 46B: Guides d'ondes et dispositifs accessoires, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46B/225/FDIS	46B/228/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.

Le contenu du corrigendum de juillet 2006 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –**Part 4: Attenuation of waveguide and
waveguide assemblies**

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 co-operation 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. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61580-4 has been prepared by subcommittee 46B: Waveguides and their accessories, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors and accessories for communication and signalling.

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

FDIS	Report on voting
46B/225/FDIS	46B/228/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.

The contents of the corrigendum of July 2006 have been included in this copy.

MÉTHODES DE MESURE APPLIQUÉES AUX GUIDES D'ONDES –

Partie 4: Atténuation des guides d'ondes et des ensembles de guides d'ondes

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 61580 est applicable à l'atténuation des guides d'ondes et des ensembles de guides d'ondes. L'objectif des procédures d'essai données ci-dessous est de caractériser cette atténuation.

2 Généralités

La méthode de balayage en fréquence peut être utilisée afin de déterminer l'atténuation.

Les conditions pour les mesures d'atténuation des guides d'ondes sont caractérisées par l'accès à une seule extrémité ou bien des pertes très faibles ou encore les deux à la fois.

Quatre méthodes sont présentées ci-après de manière à couvrir tous les cas:

Méthode 1: méthode par insertion utilisant le balayage de fréquence. Elle est utilisée dans les cas généraux.

Méthode 2: méthode par réflexion utilisant le balayage en fréquence. Elle est utilisée lorsque seulement une extrémité est accessible mais il peut y avoir des limitations sur les valeurs de pertes d'insertion qui peuvent être mesurées.

Méthode 3: méthode par réflexion utilisant des fréquences discrètes. Elle est utilisée lorsque l'atténuation à mesurer est faible et qu'une seule extrémité est accessible.

Méthode 4: utilise un analyseur de réseaux automatique. L'utilisation d'un analyseur de réseau automatique requiert, pour la mesure sur de grandes longueurs de guides, qu'une attention particulière soit portée au nombre de fréquences et à la fréquence de balayage choisie. Des précautions doivent être prises pour assurer qu'aucun «pic» ou «trou» dans la réponse en amplitude ne soit effectivement lissé pour donner un résultat erroné.

3 Equipement d'essai

Des montages d'essai convenables sont représentés aux figures 1, 2 et 3. D'autres montages équivalents peuvent être utilisés après accord entre le client et le fournisseur.

a) **Générateur à balayage de fréquence:** il convient que la vitesse de balayage soit suffisamment basse pour permettre à l'enregistreur ou au traceur de reproduire fidèlement les valeurs crêtes.

b) **Isolateur:** un isolateur ou un atténuateur est inséré afin de prévenir un effet de l'onde réfléchie sur le niveau de sortie du générateur.

METHODS OF MEASUREMENT FOR WAVEGUIDES –

Part 4: Attenuation of waveguide and waveguide assemblies

1 Scope and object

This part of IEC 61580 is applicable to attenuation of waveguides and waveguides assemblies. The objective of the test procedures given below is to characterize the attenuation.

2 General

The swept frequency method may be used to determine the attenuation.

The conditions for attenuation measurements on waveguides are characterized by access to only one end or a very low loss to be measured or else by both together.

Four methods are presented hereinafter in order to cover each case:

Method 1: insertion method using swept frequency. It is used for general purposes.

Method 2: reflection method using swept frequency. It is used when only one end is available but there may be some limitations on the insertion loss values that may be measured.

Method 3: reflection method using discrete frequencies. It is used when low attenuation is to be measured and where one end only is available.

Method 4: uses an automatic network analyser. The use of an automatic network analyser requires that, for measurement on long lengths of waveguide, particular attention must be given to the number of frequencies and the frequency sweep rate selected. Care must be taken to ensure that any sharp "peaks" or "troughs" in the amplitude response are not effectively smoothed out to produce an erroneous result.

3 Test equipment

Suitable test set-ups are shown in figures 1, 2 and 3. Other equivalent set-ups can be used by agreement between customer and supplier.

- a) **Sweep RF generator:** the sweep rate should be slow enough to allow the chart recorder or plotter to reproduce the peak values faithfully.
- b) **Isolator:** an isolator or an attenuator is included to prevent reflected waves affecting the output level of the generator.

c) **Filtre passe-bas:** un filtre passe-bas ou passe-bande est inséré afin d'éliminer les fréquences harmoniques parasites. Dans le cas où les pertes de réflexion du filtre passe-bas ne seraient pas assez bonnes il conviendrait de le placer avant l'isolateur pour autant que le générateur R.F. n'en soit pas adversément affecté. En alternative, si la puissance R.F. disponible est suffisante, l'adaptation du filtre peut être améliorée en utilisant un atténuateur adéquat et bien adapté.

d) **Coupleur:** le signal d'erreur aux accès de(s) coupleur(s) doit être insignifiant comparé au niveau du signal à mesurer. Le signal d'erreur peut être réduit en s'assurant que les accès du coupleur (en tenant compte des adaptateurs) sont bien adaptés et que le coupleur a une haute directivité (typiquement meilleure que 45 dB). Les valeurs de couplage sont d'habitude de 10 dB à 20 dB avec une réponse plate sur la bande de fréquence requise.

e) **Atténuateurs étalonnés:** les atténuateurs doivent être étalonnés dans la bande de fréquence de l'essai.

3.1 Méthode 1

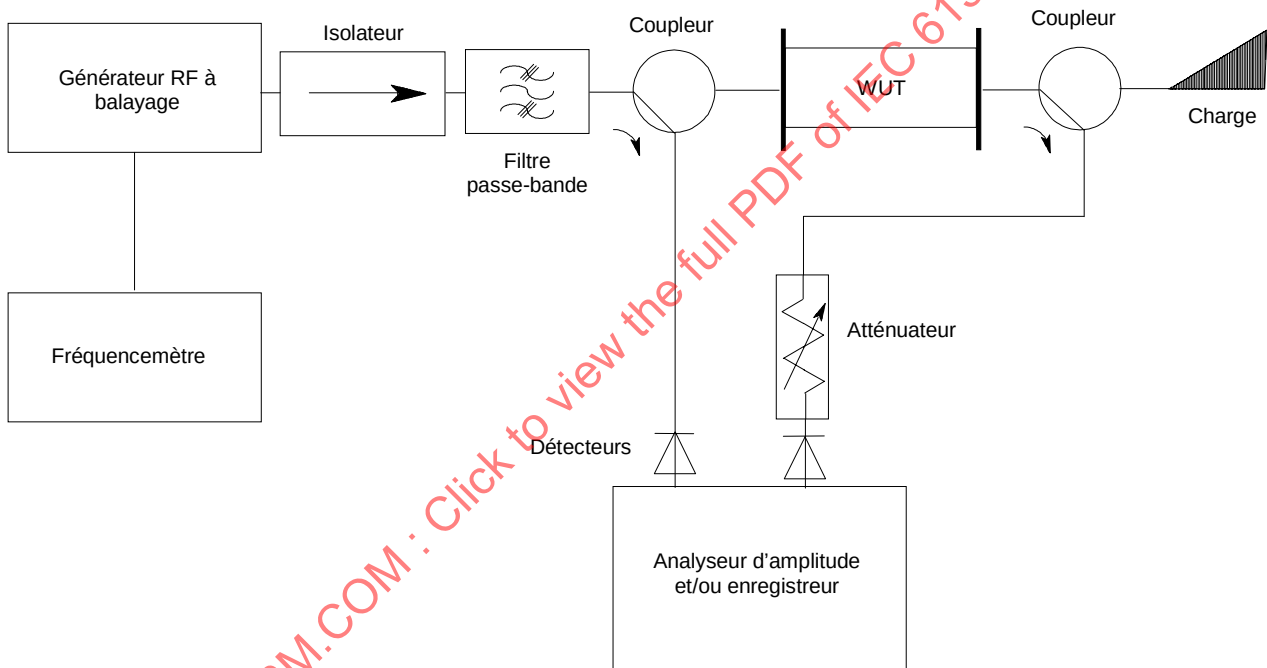


Figure 1 – Montage d'essai 1

c) **Low-pass filter:** a low-pass filter or a band-pass filter is included to eliminate spurious harmonic frequencies. In the case where the return loss of the low-pass filter is not good enough, it should be connected before the isolator providing the RF source is not adversely affected. Alternatively, if enough RF power is available, the filter match could be improved by using a suitable well-matched attenuator.

d) **Coupler:** the error signal at the coupler(s) detector ports shall be insignificant compared to the signal level being measured. The error signal can be reduced by ensuring that the coupler ports (including adaptors) are well-matched and that the coupler has a high value of directivity (typically better than 45 dB). Coupling values are usually 10 dB to 20 dB with a flat response across the required frequency band.

e) **Calibrated attenuators:** attenuators shall be calibrated in the frequency band of the test.

3.1 Method 1

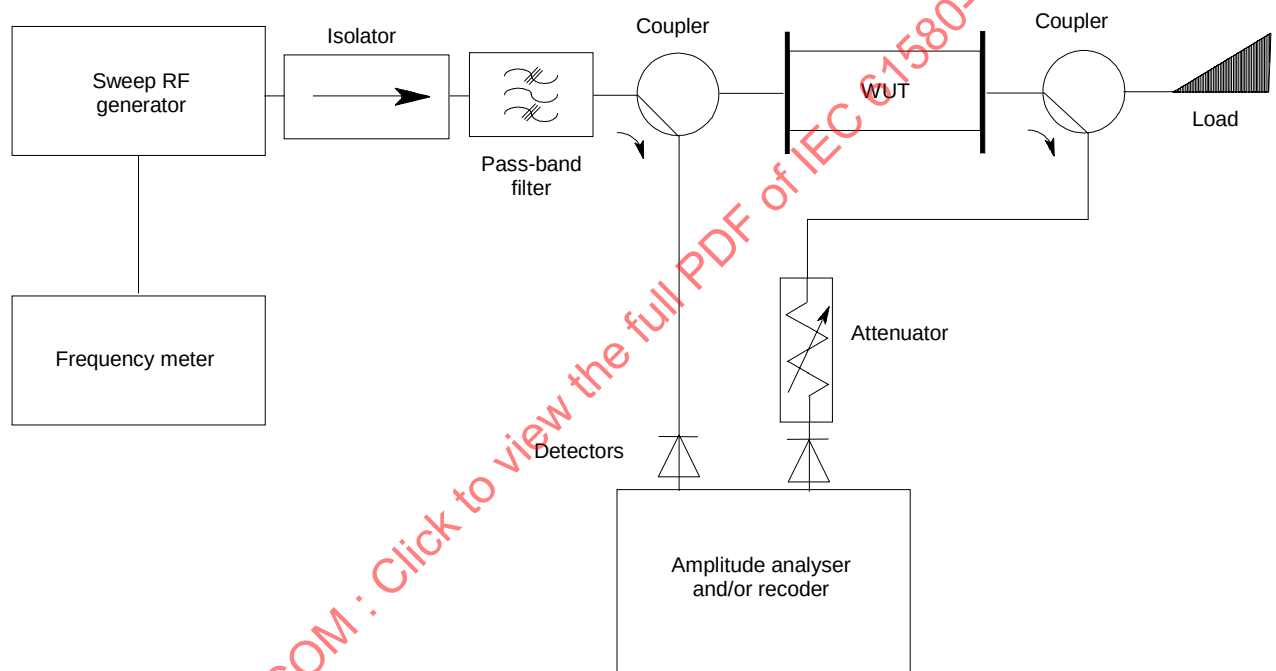


Figure 1 – Test set-up 1

3.2 Méthode 2

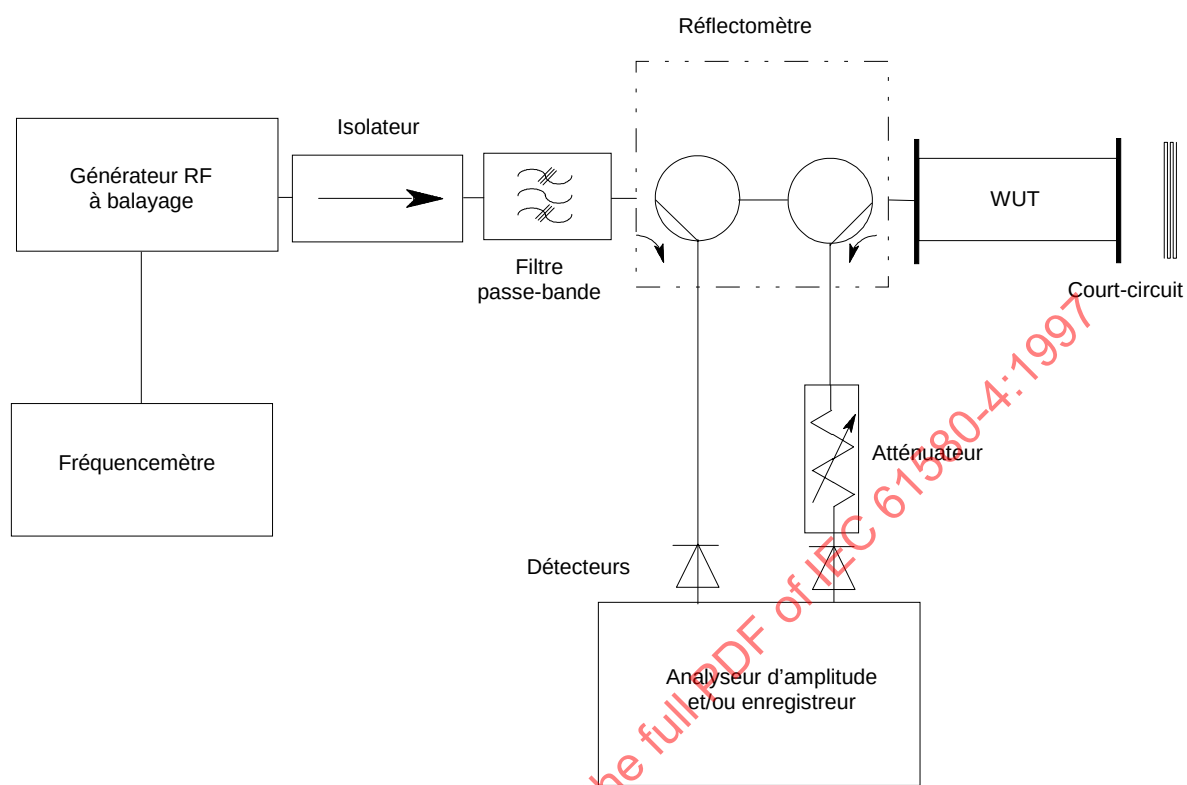


Figure 2 – Montage d'essai 2

3.2 Method 2

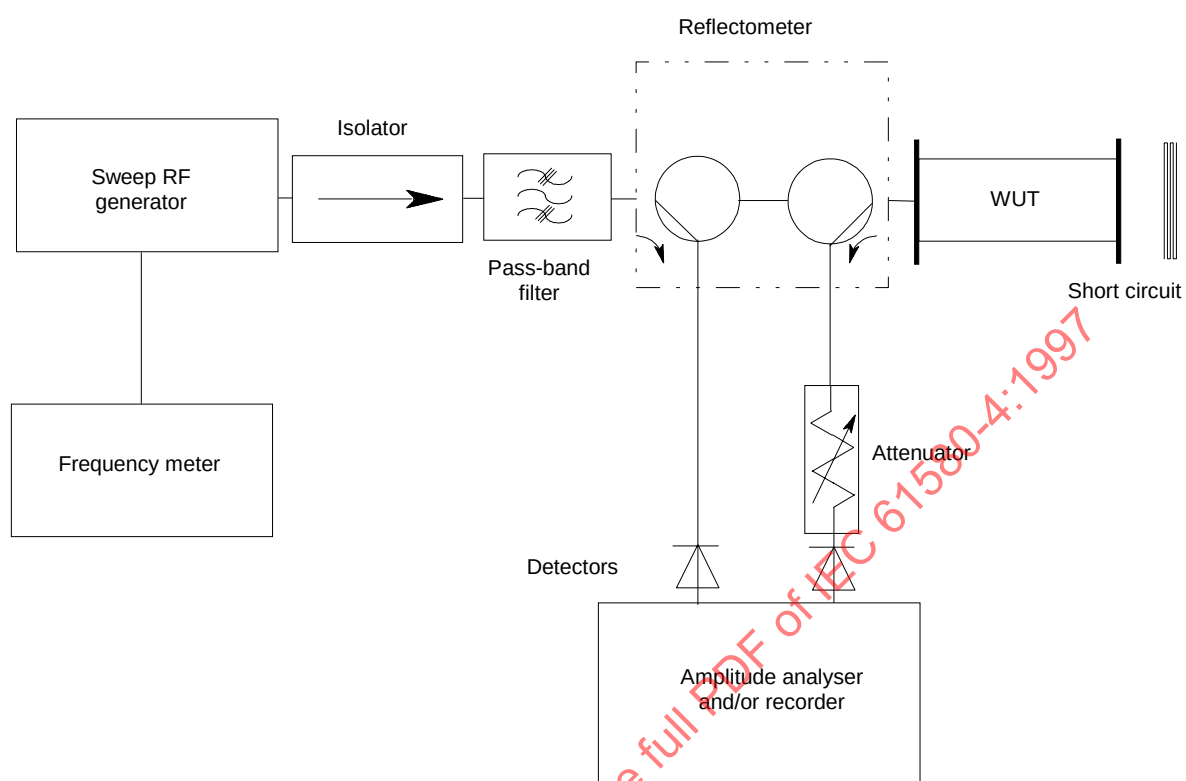


Figure 2 – Test set-up 2

3.3 Méthode 3

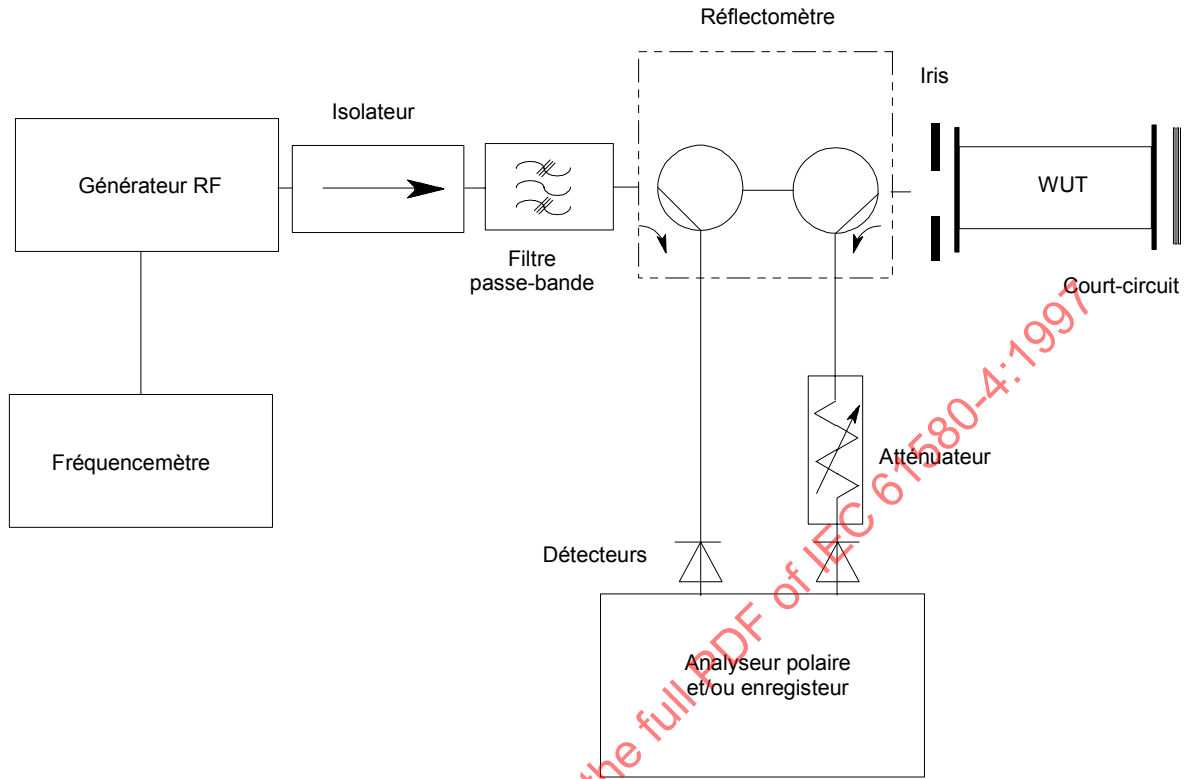


Figure 3 – Montage d'essai 3

3.3.1 Principe

Le principe de cette méthode est de mesurer le facteur de Qualité (Q) d'une cavité à une porte.

En considérant le guide d'onde comme une ligne de transmission, de longueur l , avec l'admittance équivalente du guide d'ondes, (choisir un iris avec environ 10 dB de couplage), Y_e dans le plan de l'inductance (iris)

$$Y_e = \coth(\gamma \times \ell) \quad (1)$$

où γ est la constante de propagation: ($\gamma = \alpha + j\beta$)

Si Y_s est la susceptance de l'inductance, l'admittance résultante est:

$$Y_{tot} = jY_s + \coth(\gamma \times \ell) \quad (2)$$

où

$$Y_{tot} = jY_s + \frac{1 + j(\tan \beta l \times \tanh \alpha l)}{\tanh \alpha l + j \tan \beta l}$$

3.3 Method 3

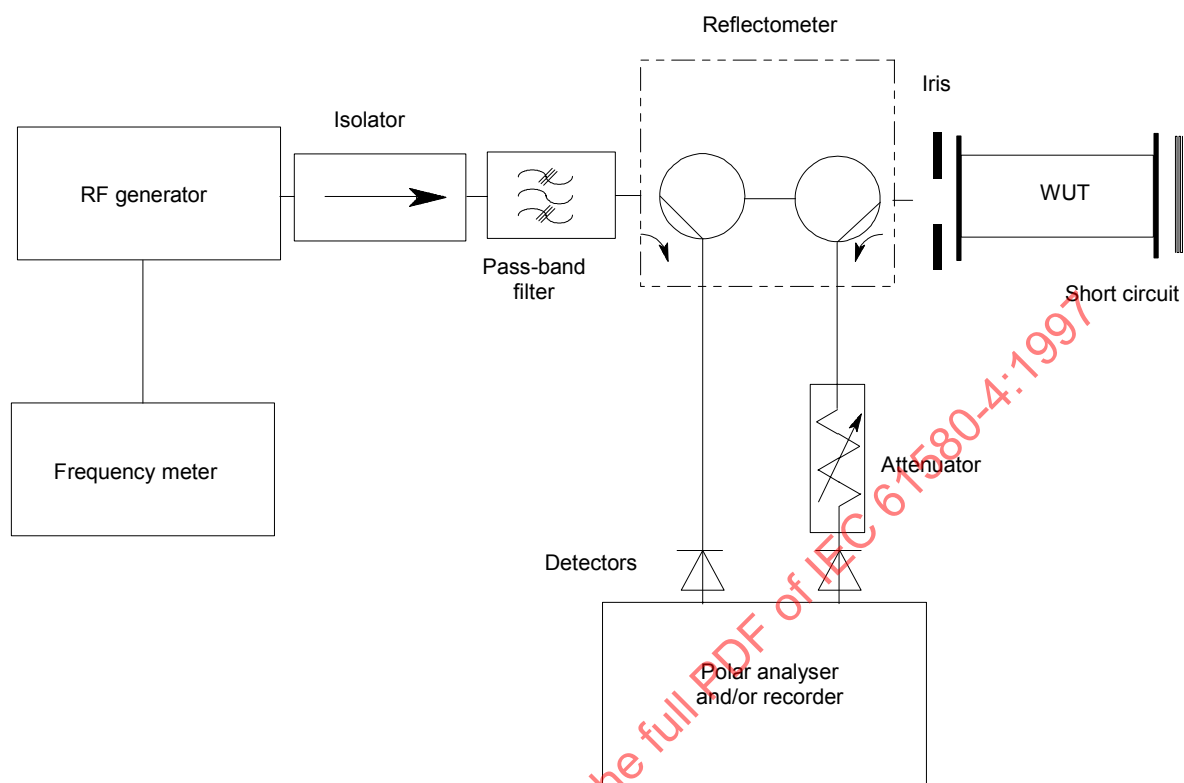


Figure 3 – Test set-up 3

3.3.1 Principle

The principle of this method is measuring the Q factor of a one-port cavity.

Assuming the waveguide under test is a transmission line with a length l ; with the waveguide equivalent admittance (choose an iris with about 10 dB coupling ratio), Y_e , in the same plane as the inductance (iris).

$$Y_e = \coth(\gamma \times \ell) \quad (1)$$

where γ is the propagation constant: ($\gamma = \alpha + j\beta$)

If Y_s is the susceptance of the inductance, the resulting admittance is:

$$Y_{tot} = jY_s + \coth(\gamma \times \ell) \quad (2)$$

or

$$Y_{tot} = jY_s + \frac{1 + j(\tan \beta l \times \tanh \alpha l)}{\tanh \alpha l + j \tan \beta l}$$

Lorsque la fréquence varie, Y_e décrit un cercle sur le diagramme polaire. Pour f_0 , à la résonance:

$$\operatorname{Re}(Y_{tot}) = \frac{(\tan^2 \beta \ell + 1) \times \tanh \alpha \ell}{\tanh^2 \alpha \ell + \tan^2 \beta \ell} = Y_0 \quad (3)$$

et

$$Y_s = - \frac{(\tan \beta l) \times (\tanh^2 \alpha l - 1)}{\tanh^2 \alpha l + \tan^2 \beta l}$$

Après simplification et avec $A = \tanh \alpha \ell$

$$Y_s^2 = \frac{(1 - \operatorname{Re}(Y_{tot}) \times A)(\operatorname{Re}(Y_{tot}) - A)}{A} \quad (4)$$

Ainsi, si nous notons le facteur de surtension Q_0 comme:

$$Q_0 = \frac{f_0}{2Y_0} \times \frac{\delta B}{\delta f} \quad (5)$$

où δB est la variation de susceptance pour δf variation de fréquence ($B = \operatorname{Im}(Y_{tot})$).

Après différentiation et simplification par $A^2 \ll 1$ et

$$\frac{\delta Y_s}{\delta f} \ll \frac{d[\operatorname{Im}(Y_e)]}{df}$$

$$A = \frac{\pi}{Q_0} \times \frac{\ell}{\lambda_g} \times \left(\frac{\lambda_g}{\lambda_0}\right)^2 \quad \text{en Neper par unité de longueur} \quad (6)$$

où λ_g est la longueur d'onde dans le guide et λ_0 la longueur d'onde en espace libre.

Nous pouvons calculer l'atténuation à la fréquence f_0 comme:

$$\alpha = - \frac{1}{2l} \ln \frac{1 - A}{1 + A} \quad (7)$$

3.4 Montage d'essai pour la méthode 4

Selon l'application, un montage comme celui de la figure 1 ou 2 peut être utilisé lorsque l'analyseur de réseaux remplace le coupleur, le générateur, l'isolateur, le filtre et l'atténuateur. La précision de l'impédance du système, la directivité et l'adaptation de la source d'un analyseur de réseaux automatique dépend principalement des étalons externes qui y sont connectés durant la procédure de calibrage.

De plus, si des câbles sont utilisés entre l'analyseur de réseaux automatique et le WUT, des variations de phase dues aux pliages peuvent sérieusement dégrader le calibrage.

When the frequency shifts Y_e describes a circle on polar chart. For f_0 at the resonance:

$$\operatorname{Re}(Y_{tot}) = \frac{(\tan^2 \beta \ell + 1) \times \tanh \alpha \ell}{\tanh^2 \alpha \ell + \tan^2 \beta \ell} = Y_0 \quad (3)$$

and

$$Y_s = -\frac{(\tan \beta l) \times (\tanh^2 \alpha l - 1)}{\tanh^2 \alpha l + \tan^2 \beta l}$$

After simplifying and with $A = \tanh \alpha \ell$

$$Y_s^2 = \frac{(1 - \operatorname{Re}(Y_{tot}) \times A)(\operatorname{Re}(Y_{tot}) - A)}{A} \quad (4)$$

So, if we note the overvoltage factor Q_0 as:

$$Q_0 = \frac{f_0}{2Y_0} \times \frac{\delta B}{\delta f} \quad (5)$$

where δB is the change of susceptance for δf the change of frequency ($B = \operatorname{Im}(Y_{tot})$).

After differentiation and simplifying by $A^2 \ll 1$ and

$$\frac{\delta Y_s}{df} \ll \frac{d[\operatorname{Im}(Y_e)]}{df}$$

$$A = \frac{\pi}{Q_0} \times \frac{\ell}{\lambda_g} \times \left(\frac{\lambda_g}{\lambda_0}\right)^2 \quad \text{in Neper/unit length} \quad (6)$$

where λ_g is the wave length in the waveguide and λ_0 the wave length in free space.

We can compute the attenuation at frequency f_0 as:

$$\alpha = -\frac{1}{2l} \ln \frac{1 - A}{1 + A} \quad (7)$$

3.4 Test set-up for method 4

According to the application, a set-up like figure 1 or 2 can be used where the network analyser replaces the coupler, generator, isolator, filter and attenuator. The accuracy of system impedance, directivity and source match of Automatic Network Analysers mainly depend on external reference standards connected to it during a calibration routine.

In addition, if cables between the Automatic Network Analyser and the WUT are used, phase variations in these cables caused by bending may seriously degrade the calibration.

4 Procédure

4.1 Méthode 1

Durant l'étalonnage, les sorties mesures de l'équipement sont connectées ensemble. Si nécessaire pour la mesure du guide d'onde des adaptateurs de standard doivent être insérés entre les deux sorties.

De manière à obtenir des niveaux d'étalonnage correspondants à de petits facteurs de réflexion (c-à-d de grandes pertes de réflexion), un diagramme doit être établi avec des courbes de niveaux d'étalonnage enregistrées en fonction de la fréquence dans toute la gamme spécifiée de fréquences. Les différents niveaux doivent être obtenus par un atténuateur variable ou l'unité de traitement du signal si elle contient un atténuateur pas à pas.

4.2 Méthode 2

Durant l'étalonnage, la sortie du réflectomètre doit être court-circuitée. Le signal réfléchi correspond alors à une réflexion de 100 % ou 0 dB d'atténuation.

De manière à obtenir des niveaux d'étalonnage correspondants à de petits facteurs de réflexion (c-à-d de grandes pertes de réflexion), un diagramme doit être établi avec des courbes de niveaux d'étalonnage enregistrées en fonction de la fréquence dans toute la gamme spécifiée de fréquences. Les différents niveaux doivent être obtenus par un atténuateur variable ou l'unité de traitement du signal si elle contient un atténuateur pas à pas.

4.3 Méthode 3

Durant l'étalonnage, la sortie du réflectomètre doit être court-circuitée. L'unité de traitement doit être ajustée de manière à considérer le court-circuit comme le plan de référence sur le diagramme polaire.

Après avoir inséré l'inductance (iris) et connecté le guide d'ondes, Q_0 sera déterminé par la mesure de f_0 , Y_0 , δB , δf .

4.4 Méthode 4

La séquence d'étalonnage typique consiste à utiliser un circuit ouvert, un court-circuit, une charge et une traversée. Pour les guides d'ondes, un court-circuit décalé est exigé à la place du circuit ouvert.

Si les étalons étaient parfaits, les seules erreurs seraient dues à l'analyseur de réseaux. Malheureusement, il y a de nombreuses erreurs qui peuvent potentiellement causer des difficultés. Beaucoup de celles-ci sont dues à des phénomènes mécaniques mettant en jeu des tolérances serrées:

- tolérances dimensionnelles;
- stabilité de la phase des câbles;
- répétabilité des connecteurs;
- interstices à l'interface des connecteurs.

Etant donné les difficultés pour avoir des étalons parfaits comme pour avoir des transitions guides/coax bien adaptées, la méthode d'étalonnage TRL est recommandée pour les mesures des guides d'ondes.

4 Procedure

4.1 Method 1

During calibration, test ports of the equipment are connected together. If needed for waveguide measurement, standard adapters shall be included between the two ports.

In order to obtain calibration levels corresponding to small reflection coefficients (i.e. large return losses values), a chart shall be established with calibration level curves recorded against frequency over the specified frequency range. The different levels shall be achieved by either a variable attenuator or by the signal processing unit if it contains a step attenuator.

4.2 Method 2

During calibration the test port of the reflectometer device shall be short-circuited. The reflected signal corresponds to a reflection of 100 % or 0 dB attenuation.

In order to obtain calibration levels corresponding to small reflection coefficients (i.e. large return losses values), a chart shall be established with calibration level curves recorded against frequency over the specified frequency range. The different levels shall be achieved by either a variable attenuator or by the signal processing unit if it contains a step attenuator.

4.3 Method 3

During calibration the test port of the reflectometer device shall be short-circuited. The signal processing unit shall be adjusted in order to consider the short circuit as the reference plane on the polar chart.

After inserting the inductance (iris) and connecting the waveguide Q_0 shall be determined by the measurement of f_0 , Y_0 , δB , δf .

4.4 Method 4

The typical calibration sequence consists of using an open, short, load and offset load. For waveguide a precision air-filled waveguide and a short is required in place of the open.

If the standards were perfect, the only errors would be due to the network analyser. Unfortunately, there are numerous errors that potentially can cause difficulties. Many of these are due to mechanical issues involving tight tolerances:

- dimensional tolerances;
- stability of phase cable;
- connector repeatability;
- gaps at connector interface.

Due to difficulties in achieving perfect standards and well-matched waveguides to coax transitions, the TRL calibration method is recommended for waveguide measurements.