

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-719: Test methods for materials for interconnection structures – Relative permittivity and loss tangent (500 MHz to 10 GHz)

Méthode d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2-719: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion – Permittivité relative et tangente de perte (500 MHz à 10 GHz)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 2-719: Test methods for materials for interconnection structures – Relative permittivity and loss tangent (500 MHz to 10 GHz)

Méthode d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles –

Partie 2-719: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion – Permittivité relative et tangente de perte (500 MHz à 10 GHz)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.180

ISBN 978-2-8322-3520-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Test methods.....	6
4.1 Test specimens.....	6
4.1.1 General	6
4.1.2 Size	6
4.1.3 Thickness of dielectric.....	6
4.1.4 Thickness of copper foil	6
4.2 Test set	7
4.3 Test fixture.....	9
4.4 Test equipment	11
4.5 Procedure	11
4.5.1 Measurements	11
4.5.2 Calculations.....	12
5 Report.....	14
6 Additional information	14
6.1 Accuracy.....	14
6.2 Additional information concerning fixtures and results	14
Annex A (informative) Example of test fixture and test results	15
A.1 Dimension example of a test fixture	15
A.2 Example of test results	19
Figure 1 – One side of board A	7
Figure 2 – Another side of board A.....	7
Figure 3 – Cross section between X1 and X2 of board A.....	8
Figure 4 – Cross section between Y1 and Y2 of board A.....	8
Figure 5 – One side of board B	8
Figure 6 – Another side of board B.....	9
Figure 7 – Cross-section between X1 and X2 of board B.....	9
Figure 8 – Cross section between Y1 and Y2 of board B.....	9
Figure 9 – Top view of test fixture	10
Figure 10 – Horizontal cross section of test fixture with test set	10
Figure 11 – Side view of test fixture	10
Figure 12 – Vertical cross-section of test fixture with test set	11
Figure 13 – Example of VNA raw data	12
Figure 14 – Envelopes of raw data from VNA measurement.....	14
Figure A.1 – Parts of test fixture.....	17
Figure A.2 – Construction of parts	18
Figure A.3 – Part for connector attachment	18
Figure A.4 – Attachment with connector	19
Figure A.5 – An example of measured ϵ_r data, PTFE CCL	19

Figure A.6 – An example of measured $\tan\delta$ data, PTFE CCL.....	20
--	----

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARDS AND
OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –****Part 2-719: Test methods for materials for interconnection structures –
Relative permittivity and loss tangent (500 MHz to 10 GHz)**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61189-2-719 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

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

FDIS	Report on voting
91/1366/FDIS	91/1380/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 61189 series, published under the general title *Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

TEST METHODS FOR ELECTRICAL MATERIALS, PRINTED BOARDS AND OTHER INTERCONNECTION STRUCTURES AND ASSEMBLIES –

Part 2-719: Test methods for materials for interconnection structures – Relative permittivity and loss tangent (500 MHz to 10 GHz)

1 Scope

This part of IEC 61189 specifies a test method of relative permittivity and loss tangent of printed board and assembly materials, expected to be determined 2 to 10 of relative permittivity and 0,001 to 0,050 of loss tangent at 500 MHz to 10 GHz.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60194 apply.

4 Test methods

4.1 Test specimens

4.1.1 General

The requirements with respect to test specimens are as follows.

- a) Specimens shall be copper clad laminate.
- b) Specimens shall be cut not less than 25 mm from the edge of the sheet.
- c) A minimum of four specimens shall be tested.

4.1.2 Size

The size of each specimen shall be $((200 \pm 0,5) \times (50 \pm 1))$ mm.

4.1.3 Thickness of dielectric

The dielectric thickness of each specimen shall be 0,6 mm to 1,6 mm. Typically 0,8 mm is suitable.

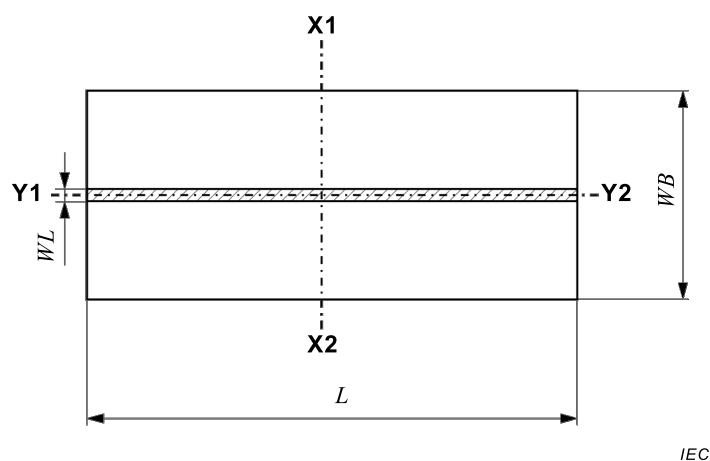
4.1.4 Thickness of copper foil

The copper foil thickness of each specimen should be 0,010 mm to 0,040 mm.

4.2 Test set

The setup of the test shall be as follows.

- The test set consists of two boards. Board A shall be a board with a conductive line on one side and with a copper foil on another side. The width of conductive line shall be $0,9 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Board B shall be a board without copper foil on one side and with a copper foil on another side. These boards shall be shown in Figure 1, Figure 2, Figure 3, Figure 4, Figure 5, Figure 6, Figure 7 and Figure 8.
- Board A and board B are produced from test specimens. Copper foil on copper clad laminate shall be etched for the test set design.
- After etching, the test set shall be etched laminate.
- The test set shall be dried 1 h in the oven with $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, and kept 96 h in $20 \text{ }^{\circ}\text{C} / 65 \text{ \%RH}$.

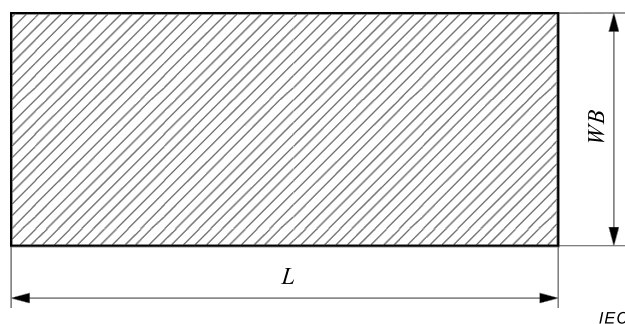


Key

WL is the width of the conductor line, in m

WB is the width of the test vehicle, in m

Figure 1 – One side of board A

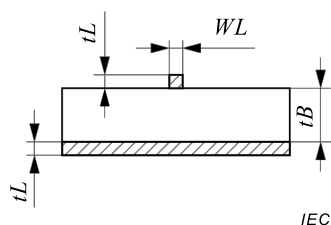


Key

L is the length of the test vehicle, in m

WB is the width of the test vehicle, in m

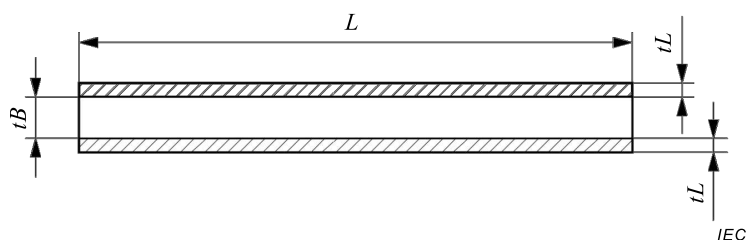
Figure 2 – Another side of board A



Key

- WL is the width of the conductor line, in m
- tL is the thickness of the conductor line, in m
- tB is the thickness of the test vehicle, in m

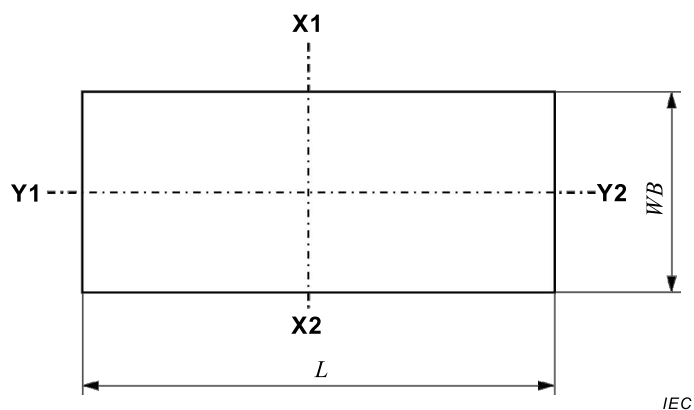
Figure 3 – Cross section between X1 and X2 of board A



Key

- L is the length of the test vehicle, in m
- tB is the thickness of the test vehicle, in m
- tL is the thickness of the conductor line, in m

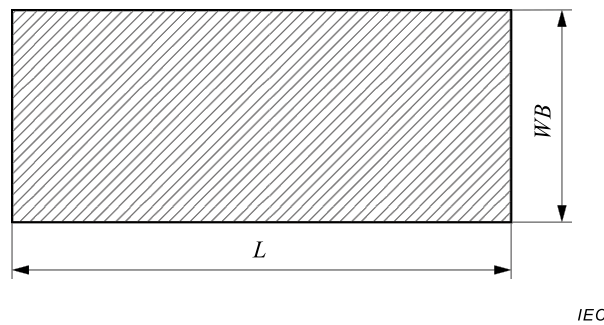
Figure 4 – Cross section between Y1 and Y2 of board A



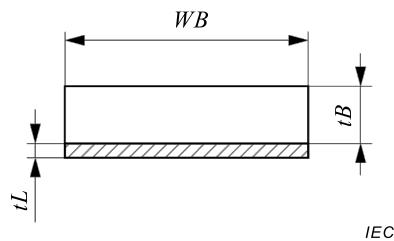
Key

- L is the length of the test vehicle, in m
- WB is the width of the test vehicle, in m

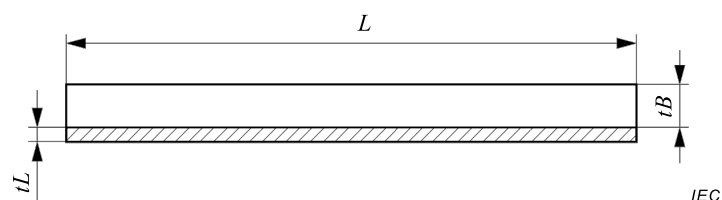
Figure 5 – One side of board B

**Key**

- L is the length of the test vehicle, in m
 WB is the width of the test vehicle, in m

Figure 6 – Another side of board B**Key**

- WB is the width of the test vehicle, in m
 tL is the thickness of the conductor line, in m
 tB is the thickness of the test vehicle, in m

Figure 7 – Cross-section between X1 and X2 of board B**Key**

- L is the length of the test vehicle, in m
 tL is the thickness of the conductor line, in m
 tB is the thickness of the test vehicle, in m

Figure 8 – Cross section between Y1 and Y2 of board B**4.3 Test fixture**

Test fixture shall be set up as follows and is shown in Figure 9, Figure 10, Figure 11 and Figure 12.

- The test fixture consists of two coaxial connectors and a metallic box made of SUS (Stainless steel), etc.
- Coaxial connectors shall be the type permitting high frequency measurement. The suitable types of connectors should be "SMA (Sub Miniature A), APC3.5 (Amphenol Precision Connector, 3,5 mm), APC7 (7 mm) or Type-N (Navy) or equivalent.

- c) The thickness of the metallic board for the metallic box shall be more than 0,6 mm.
- d) The distance of the gap shall be from 0,01 mm to 0,5 mm.

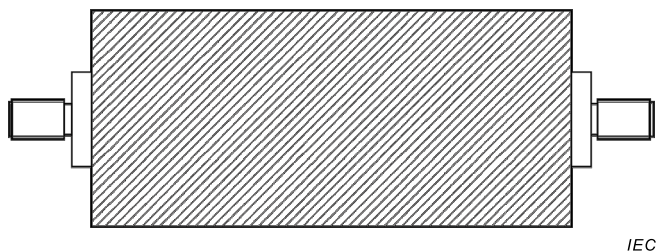
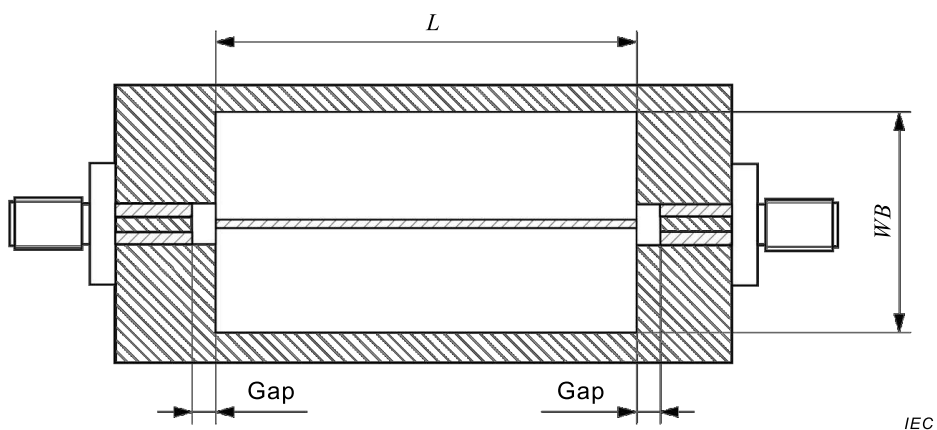


Figure 9 – Top view of test fixture



Key

- L is the length of test vehicle, in m
- WB is the width of test vehicle, in m

Figure 10 – Horizontal cross section of test fixture with test set

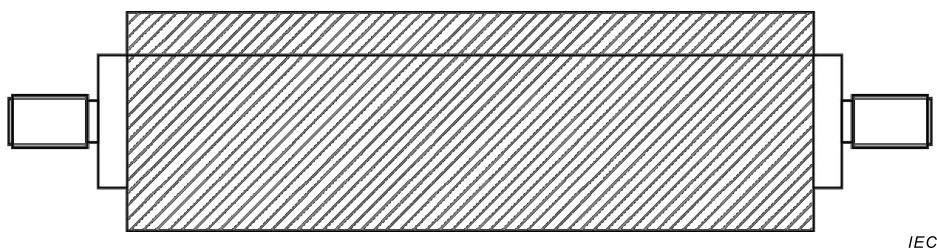
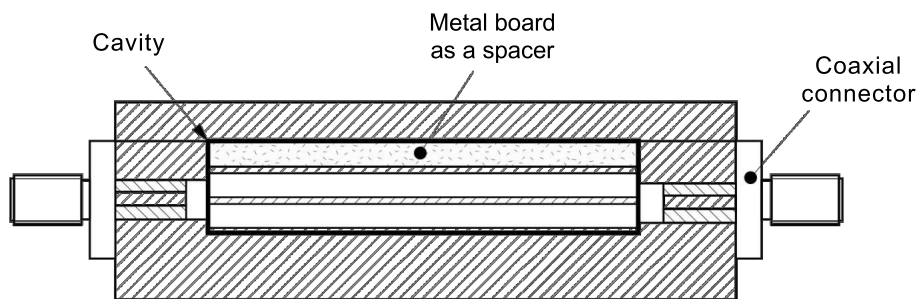


Figure 11 – Side view of test fixture



IEC

Figure 12 – Vertical cross-section of test fixture with test set

4.4 Test equipment

The test equipment includes the following.

- A vector network analyser (VNA) shall be used.
- The dynamic range of the VNA shall be more than 50 dB.
- The frequency range of the VNA shall be from 100 MHz to over 10 GHz.

4.5 Procedure

4.5.1 Measurements

4.5.1.1 Electrical measurements

The following requirements apply to electrical measurements.

- Electrical measurements shall be carried out by using VNA and fixture.
- Measurement conditions shall be set in VNA, such as frequency, measurement point, averaging number and smoothing level. On the VNA, measurement conditions should be set as follows. Smoothing should be turned off. The number of the data points used should be enough to capture the amplitude of the peaks of the resonances accurately. Averaging may be set to improve signal to noise.
- VNA shall be calibrated with coaxial cables in the range of the measurement frequency. A full two-port calibration is needed.
- Coaxial connectors of the test fixture shall be connected with coaxial cables.
- The test set shall be set facing the conductive line side of board A and the dielectric side of board B in the test fixture box.
- The dummy board and top board of the test fixture shall be set on the test set. The dummy board is tightened to the cavity with screws by typically 0,90 Nm, which is also a typical torque to tighten coaxial cables, so that board A and B are in contact with each other.
- The resonance figure of S₂₁ shall be checked on the monitor of VNA. The example is shown in Figure 13. The S₂₁ response should be inspected on the display of the VNA (see Figure 13) to ensure that all relevant information is captured across the required frequency range. In particular, faithful capture of the amplitude of the peaks of the resonances should be checked.
- The data of S₂₁ should be stored in a suitable digital device and should be used for calibration.

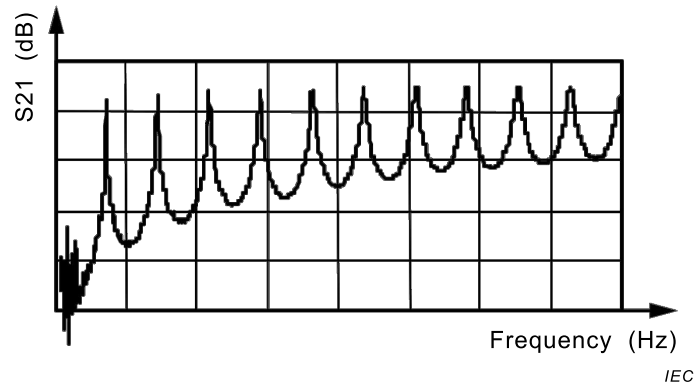


Figure 13 – Example of VNA raw data

4.5.1.2 Measurements of line length

The line length should be measured with an uncertainty of $\pm 0,1$ mm.

4.5.1.3 Measurements of thickness

The thickness of the dielectric and conductor of test specimens shall be measured with a $\pm 0,001$ mm tolerance.

4.5.2 Calculations

4.5.2.1 Relative permittivity

Relative permittivity (ϵ_r) shall be calculated as follows:

$$\epsilon_r = \left[\frac{\lambda_0}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{c}{f_m} \cdot \frac{m}{2(L + \Delta L)} \right]^2 \quad m = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

where

λ_0 is the wavelength in vacuum;

λ is the wavelength of the dielectric when it is tested;

c is the speed of light ($2,997\,8 \times 10^9$ m/s);

m is a number (1, 2, 3...);

f_m is the resonant frequency at number m in Hz;

L is the line length of test set in m;

ΔL is the total effective increase length of the resonator in m (negligible).

4.5.2.2 Loss tangent

The following requirements apply to the loss tangent.

- The maximal and minimal envelope shall be calculated from raw data.
- Attenuation factor (α) shall be calculated as follows:

$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{1+U}{1-U} \right] \frac{1}{L + \Delta L} \times 8,686 \quad (\text{dB/m}) \quad (2)$$

$$U = 10^{\frac{P}{20}} \quad (3)$$

where

P is the difference of maximal envelope and minimal envelope in dB.

An example of P data is shown in Figure 14.

- c) Because α is the sum of the conductive loss factor (α_c) and the dielectric loss factor (α_d), α_d shall be calculated as follows:

$$\alpha_d = \alpha - \alpha_c \quad (\text{dB/m}) \quad (4)$$

α_c shall be calculated as follows:

$$\alpha_c = \frac{0,0231 R_s \varepsilon_r Z_0}{30\pi (tB - tL)} \left[1 + \frac{2WL}{tB - tL} + \frac{1}{\pi} \cdot \frac{tB + tL}{tB - tL} \ln \left[\frac{2tB - tL}{tL} \right] \right] \quad (\text{dB/m}) \quad (5)$$

$$R_s = \sqrt{\pi \mu_0 f_m \rho} \quad (\Omega) \quad (6)$$

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \frac{1 - tL / tB}{WL / tB + C_f / \pi} \quad (\Omega) \quad (7)$$

$$C_f = 2 \ln \left[\frac{1}{1 - tL / tB} + 1 \right] - \frac{tL}{tB} \ln \left[\frac{1}{(1 - tL / tB)^2} - 1 \right] \quad (8)$$

where

R_s is the surface resistance in Ω ;

Z_0 is the characteristic impedance of test set in Ω ;

tB is the thickness of the dielectric in m;

tL is the thickness of the conductor line in m;

WL is the width of the conductor line in m;

μ_0 is the magnetic permeability in vacuum, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m;

ρ is the resistivity of copper, $1,72 \times 10^{-8}$ Ωm . In the case of special copper foil, ρ shall be the specific value used.

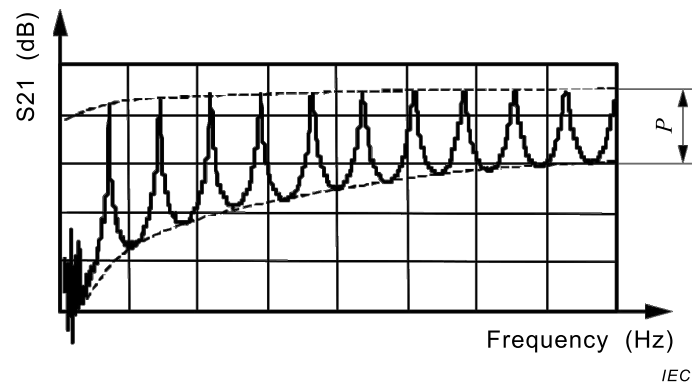
- d) α_d shall be calculated as follows:

$$\alpha_d = \frac{8,686 \pi f_m \sqrt{\varepsilon_r}}{c} \tan \delta \quad (\text{dB/m}) \quad (9)$$

$\tan \delta$ is the loss tangent.

- e) $\tan \delta$ shall be calculated as follows:

$$\tan \delta = \frac{(\alpha - \alpha_c)c}{8,686 \pi f_m \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (10)$$



Key

P is the actual data acquired from VNA raw data as shown in this figure.

Figure 14 – Envelopes of raw data from VNA measurement

5 Report

The report shall include:

- a) the test number and revision;
- b) the identification and description of the material tested;
- c) the relative permittivity and the average in each frequency;
- d) the loss tangent and the average in each frequency;
- e) the date of the test;
- f) temperature and humidity under test (for reference);
- g) any deviation from the test method;
- h) the name of the person conducting the test.

6 Additional information

6.1 Accuracy

Relative permittivity: $\Delta\epsilon/\epsilon = \pm 0,05$

Loss tangent: $\Delta\tan\delta/\tan\delta = \pm 0,1$

6.2 Additional information concerning fixtures and results

An example of a test fixture and test result is shown in Annex A.

Annex A

(informative)

Example of test fixture and test results

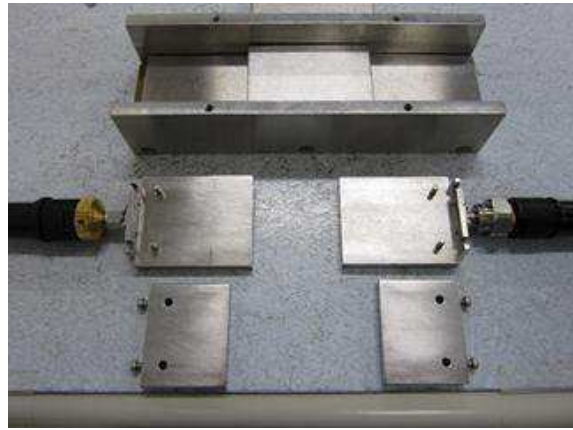
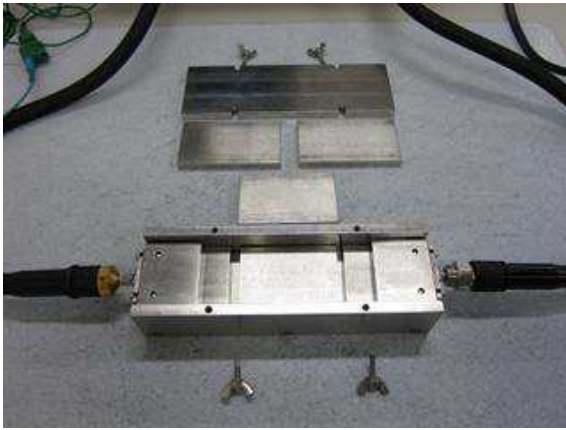
A.1 Dimension example of a test fixture

Figure A.1 shows an example of dimensions in detail for each part of the test fixture.

Figure A.2 shows the construction of the test fixture that is using the parts shown in Figure A.1.

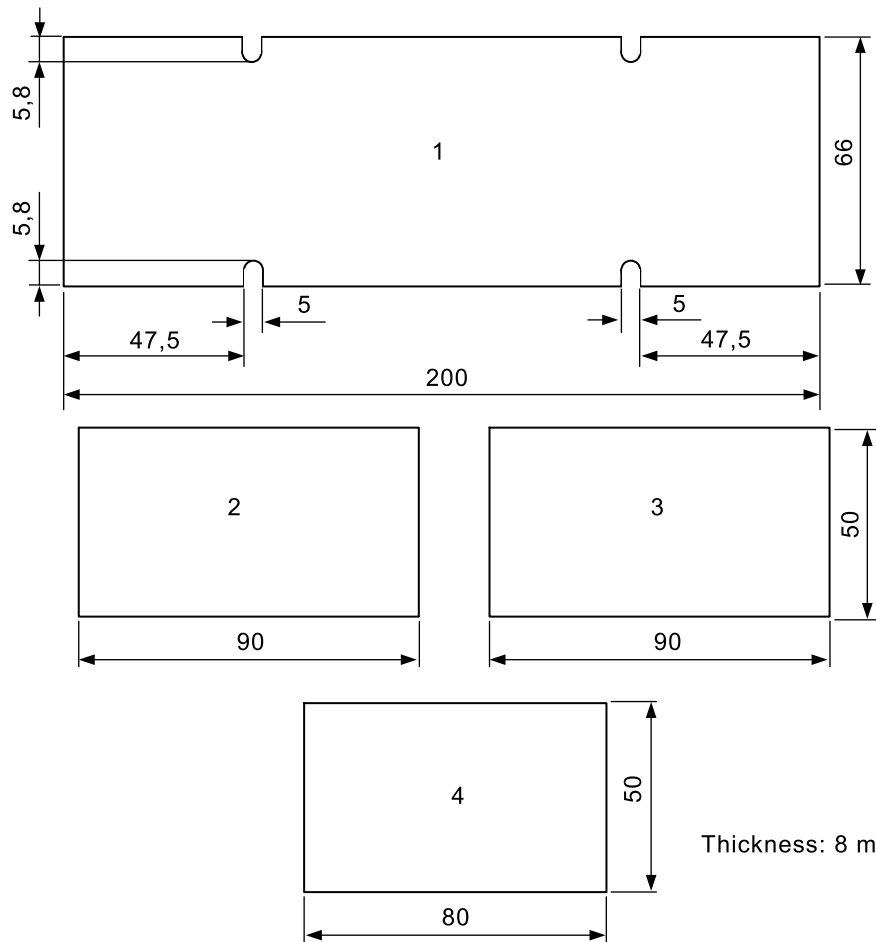
Figure A.3 shows the connector attachments. The hole sizes of the connector attachments depend on the selected connector.

Figure A.4 shows an attachment with a connector.

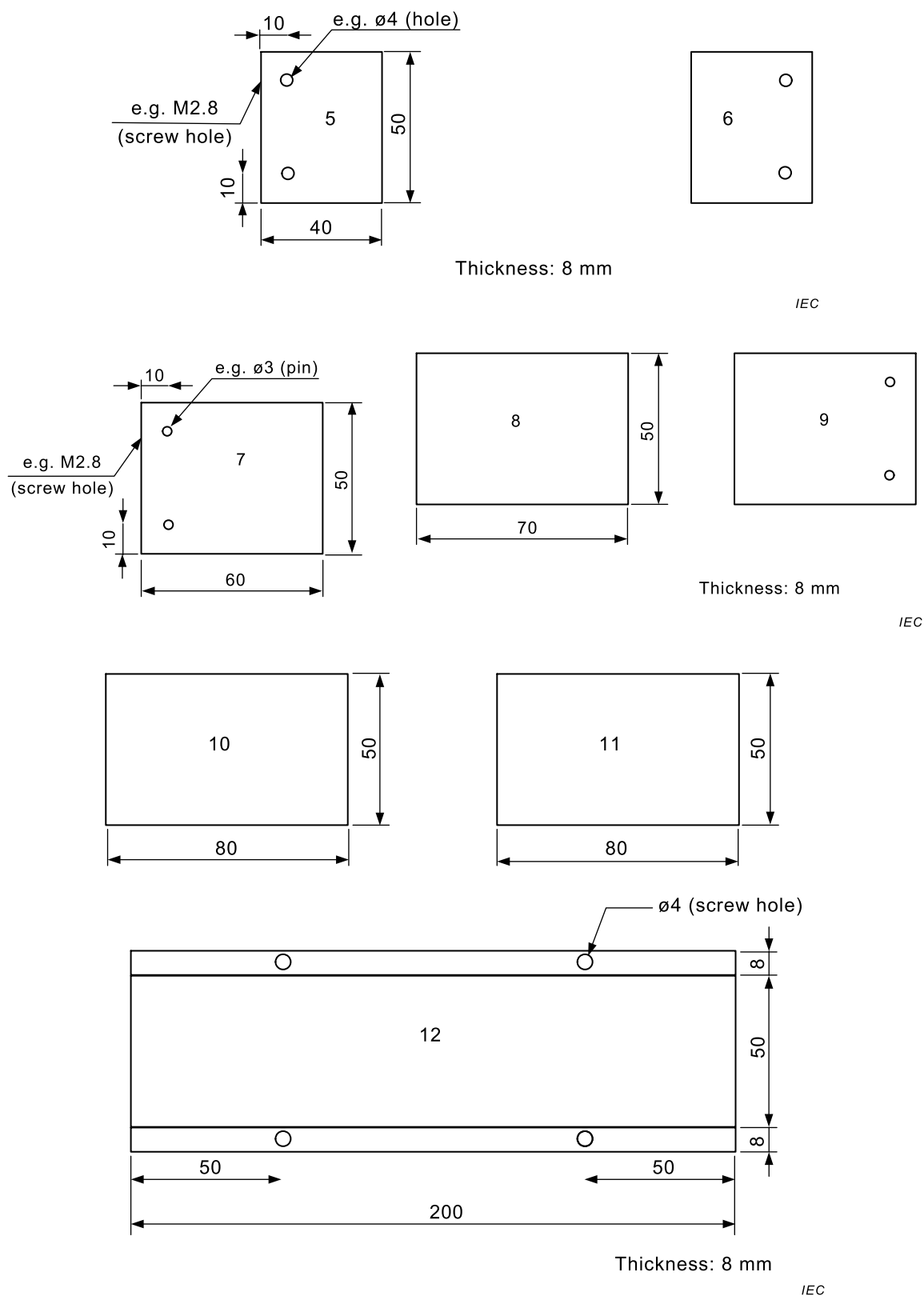


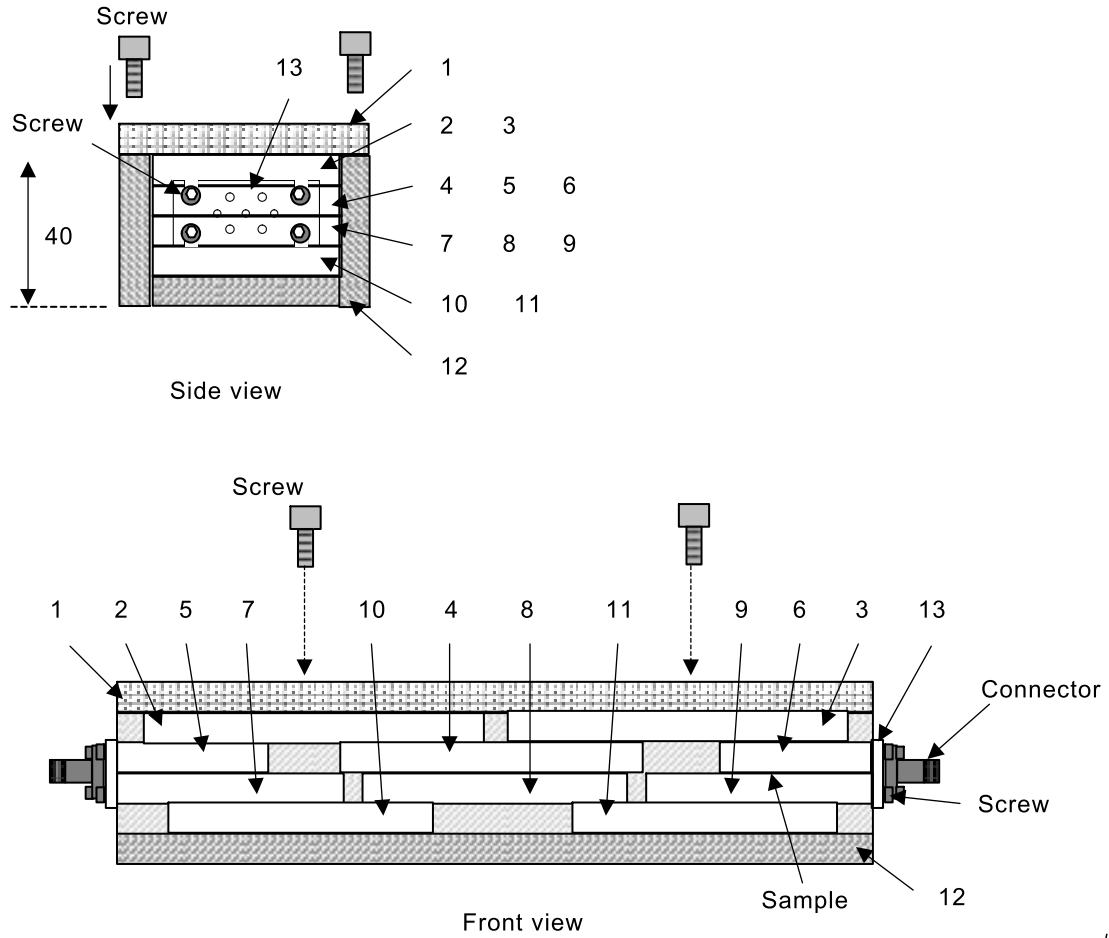
IEC

Dimensions in millimetres



IEC

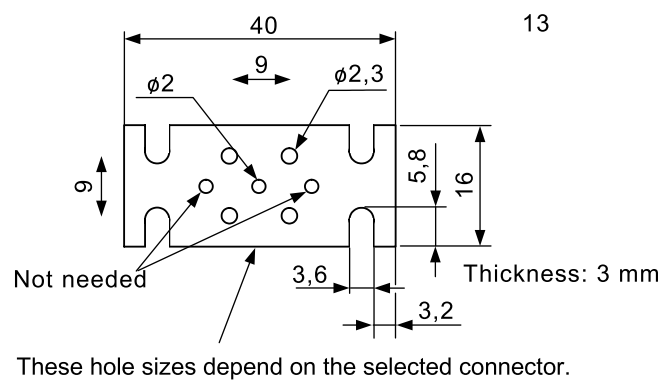
Dimensions in millimetres**Figure A.1 – Parts of test fixture**



IEC

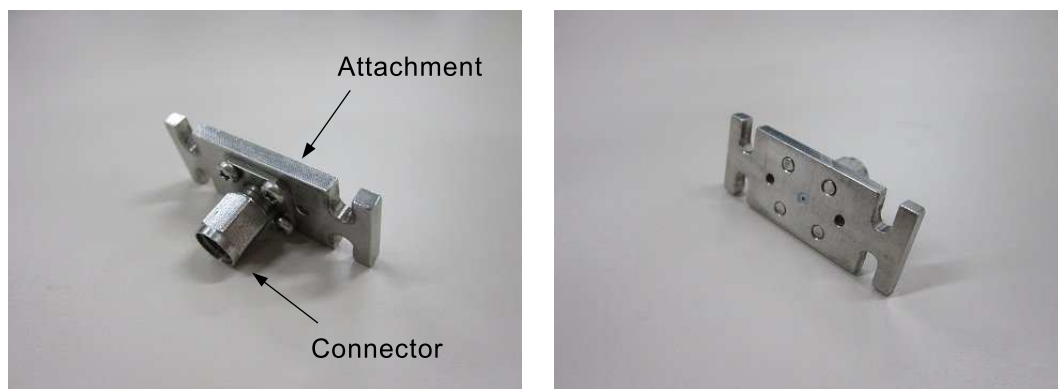
Figure A.2 – Construction of parts

Dimensions in millimetres



IEC

Figure A.3 – Part for connector attachment



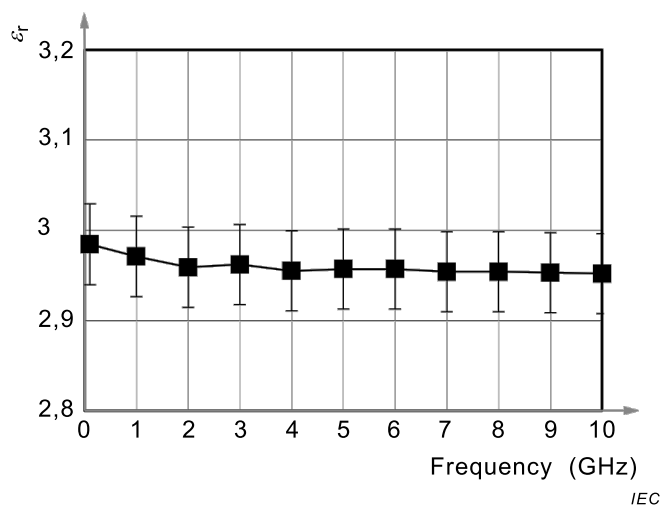
IEC

e.g. SGMIC Microwave: 311-32-00-000 (2,4 mm MALE (4) HOLE FLANGE RECEPTACLE)

Figure A.4 – Attachment with connector

A.2 Example of test results

Figure A.5 and Figure A.6 show typical measurement result of 0,8 mm thickness of PTFE CCL with 35 μm of copper thickness.



IEC

Figure A.5 – An example of measured ϵ_r data, PTFE CCL

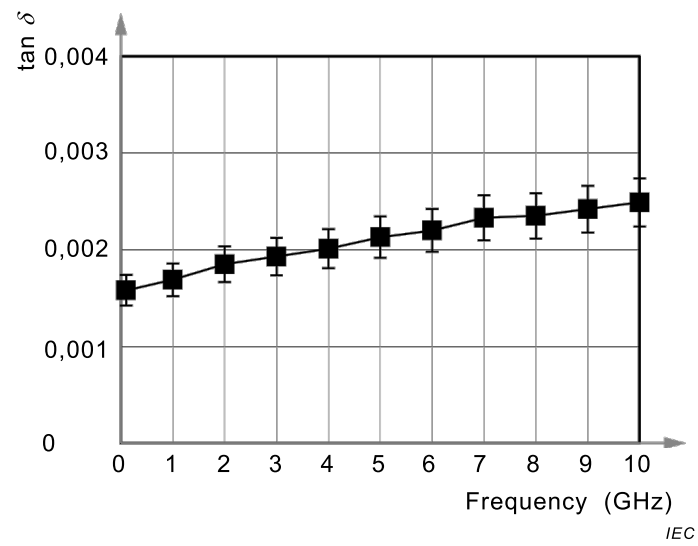


Figure A.6 – An example of measured $\tan \delta$ data, PTFE CCL

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Domaine d'application.....	26
2 Références normatives	26
3 Termes et définitions	26
4 Méthodes d'essai.....	26
4.1 Epreuves	26
4.1.1 Généralités	26
4.1.2 Taille	26
4.1.3 Epaisseur du diélectrique	26
4.1.4 Epaisseur de la feuille de cuivre	27
4.2 Ensemble d'essai	27
4.3 Appareil d'essai.....	29
4.4 Equipement d'essai	31
4.5 Procédure	31
4.5.1 Mesures.....	31
4.5.2 Calculs	32
5 Rapport.....	34
6 Informations complémentaires	34
6.1 Précision.....	34
6.2 Informations complémentaires relatives aux appareils et aux résultats	34
Annexe A (informative) Exemple d'appareil d'essai et de résultats d'essai.....	35
A.1 Exemple de dimensions d'un appareil d'essai	35
A.2 Exemple de résultats d'essai	39
Figure 1 – Un côté de la carte A.....	27
Figure 2 – Autre côté de la carte A.....	27
Figure 3 – Vue en coupe de la carte A entre X1 et X2.....	28
Figure 4 – Vue en coupe de la carte A entre Y1 et Y2.....	28
Figure 5 – Un côté de la carte B.....	28
Figure 6 – Autre côté de la carte B.....	29
Figure 7 – Vue en coupe de la carte B entre X1 et X2.....	29
Figure 8 – Vue en coupe de la carte B entre Y1 et Y2.....	29
Figure 9 – Appareil d'essai – Vue de dessus	30
Figure 10 – Vue en coupe horizontale de l'appareil d'essai avec l'ensemble d'essai	30
Figure 11 – Appareil d'essai – Vue latérale.....	30
Figure 12 – Vue en coupe verticale de l'appareil d'essai avec l'ensemble d'essai	31
Figure 13 – Exemple de données brutes du VNA	32
Figure 14 – Enveloppes de données brutes provenant de la mesure du VNA.....	34
Figure A.1 – Parties de l'appareil d'essai.....	37
Figure A.2 – Construction des parties.....	38
Figure A.3 – Parties de fixation du connecteur.....	38
Figure A.4 – Fixation d'un connecteur	39
Figure A.5 – Exemple de données ϵ_r mesurées, CCL en polytétrafluoroéthylène	39

Figure A.6 – Exemple de données $\tan \delta$ mesurées, CCL en polytétrafluoroéthylène40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODE D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES,
LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES
D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –****Partie 2-719: Méthodes d'essai des matériaux pour
structures d'interconnexion – Permittivité relative
et tangente de perte (500 MHz à 10 GHz)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61189-2-719 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/1366/FDIS	91/1380/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61189, publiées sous le titre général *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MÉTHODE D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX ÉLECTRIQUES, LES CARTES IMPRIMÉES ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION ET ENSEMBLES –

Partie 2-719: Méthodes d'essai des matériaux pour structures d'interconnexion – Permittivité relative et tangente de perte (500 MHz à 10 GHz)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61189 spécifie une méthode d'essai de la permittivité relative et de la tangente de perte des cartes imprimées et des matériaux d'assemblage, les valeurs prévues étant comprises entre 2 et 10 pour la permittivité relative et entre 0,001 et 0,050 pour la tangente de perte entre 500 MHz et 10 GHz.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60194, *Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées – Termes et définitions*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60194 s'appliquent.

4 Méthodes d'essai

4.1 Epreuves

4.1.1 Généralités

Les exigences concernant les épreuves sont les suivantes.

- a) Les épreuves doivent être en stratifié plaqué cuivre.
- b) Les épreuves doivent être coupées à 25 mm au moins du bord de la feuille.
- c) Au moins quatre épreuves doivent être soumises à essai.

4.1.2 Taille

La taille de chaque épreuve doit être de $((200 \pm 0,5) \times (50 \pm 1))$ mm.

4.1.3 Épaisseur du diélectrique

L'épaisseur du diélectrique de chaque épreuve doit être comprise entre 0,6 mm et 1,6 mm. Généralement, elle est de 0,8 mm.

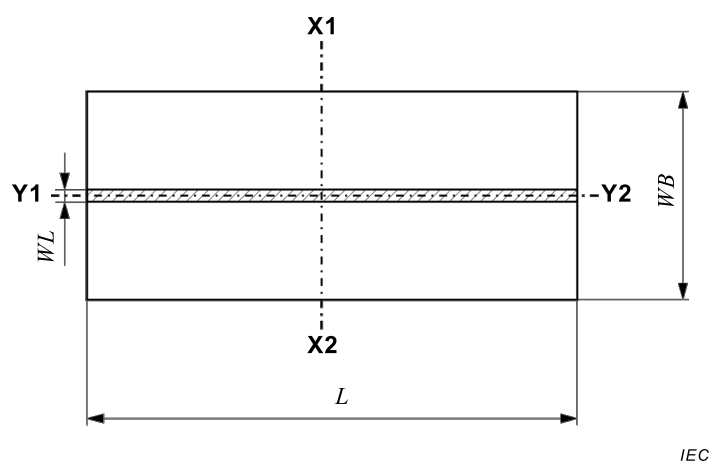
4.1.4 Epaisseur de la feuille de cuivre

Il convient que l'épaisseur de la feuille de cuivre de chaque éprouvette soit comprise entre 0 010 mm et 0 040 mm.

4.2 Ensemble d'essai

La configuration de l'essai doit être la suivante.

- L'ensemble d'essai est composé de deux cartes. L'un des côtés de la carte A doit être doté d'une ligne conductrice et l'autre d'une feuille de cuivre. La ligne conductrice doit présenter une largeur de $(0,9 \pm 0,2)$ mm. L'un des côtés de la carte B doit être doté d'une feuille de cuivre et l'autre non. Ces cartes doivent être représentées à la Figure 1, la Figure 2, la Figure 3, la Figure 4, la Figure 5, la Figure 6, la Figure 7 et la Figure 8.
- La carte A et la carte B sont créées à partir des éprouvettes. La feuille de cuivre sur le stratifié plaqué cuivre doit être gravée pour la conception de l'ensemble d'essai.
- Après la gravure, le stratifié de l'ensemble d'essai doit être gravé.
- L'ensemble d'essai doit être séché au four à (105 ± 2) °C pendant 1 h, et maintenu à 20 °C et 65 % d'humidité relative pendant 96 h.

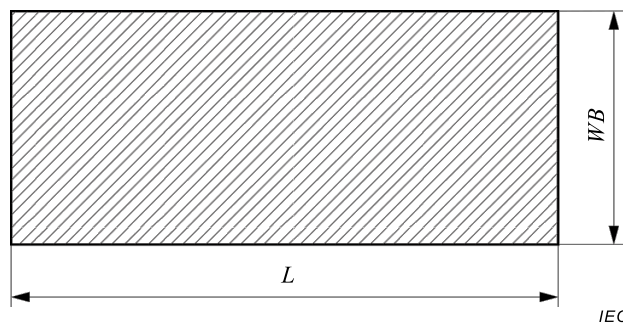


Légende

WL est la largeur de la ligne conductrice, en m

WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

Figure 1 – Un côté de la carte A

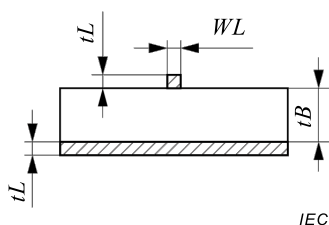


Légende

L est la longueur du véhicule d'essai, en m

WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

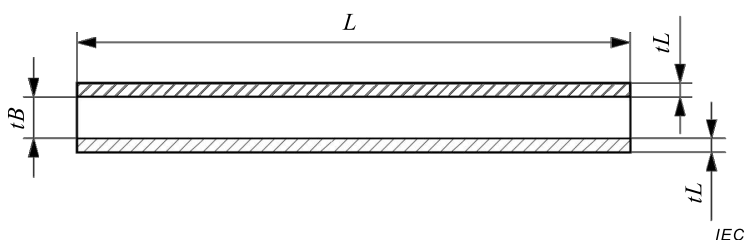
Figure 2 – Autre côté de la carte A



Légende

- WL est la largeur de la ligne conductrice, en m
- tL est l'épaisseur de la ligne conductrice, en m
- tB est l'épaisseur du véhicule d'essai, en m

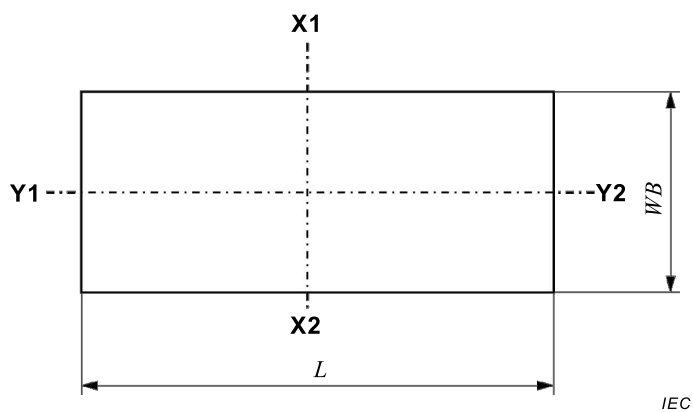
Figure 3 – Vue en coupe de la carte A entre X1 et X2



Légende

- L est la longueur du véhicule d'essai, en m
- tB est l'épaisseur du véhicule d'essai, en m
- tL est l'épaisseur de la ligne conductrice, en m

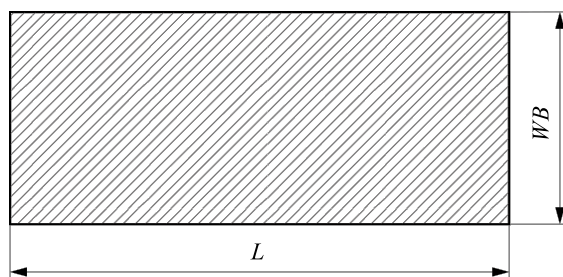
Figure 4 – Vue en coupe de la carte A entre Y1 et Y2



Légende

- L est la longueur du véhicule d'essai, en m
- WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

Figure 5 – Un côté de la carte B

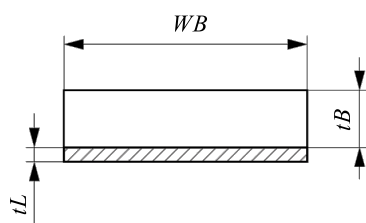


IEC

Légende

L est la longueur du véhicule d'essai, en m

WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

Figure 6 – Autre côté de la carte B

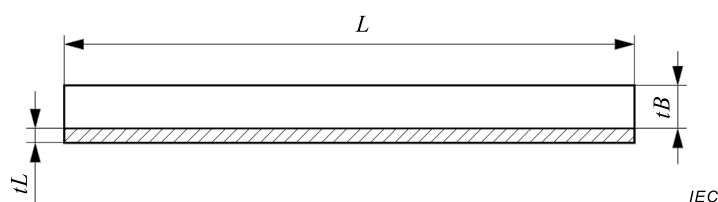
IEC

Légende

WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

tL est l'épaisseur de la ligne conductrice, en m

tB est l'épaisseur du véhicule d'essai, en m

Figure 7 – Vue en coupe de la carte B entre X1 et X2

IEC

Légende

L est la longueur du véhicule d'essai, en m

tL est l'épaisseur de la ligne conductrice, en m

tB est l'épaisseur du véhicule d'essai, en m

Figure 8 – Vue en coupe de la carte B entre Y1 et Y2**4.3 Appareil d'essai**

L'appareil d'essai doit être configuré comme suit. Il est représenté à la Figure 9, la Figure 10, la Figure 11 et la Figure 12.

- L'appareil d'essai est composé de deux connecteurs coaxiaux et d'une boîte en métal en acier inoxydable SUS, etc.
- Le type de connecteurs coaxiaux utilisé doit permettre de procéder à des mesures à haute fréquence. Il convient que les connecteurs soient de type SMA (sous-miniature de type A),

APC-3.5 (connecteur de précision Amphenol 3,5 mm), APC-7 (7 mm) ou N (pour Navy, marine) ou équivalent.

- c) L'épaisseur de la carte métallique pour la boîte en métal doit être supérieure à 0,6 mm.
- d) L'interstice doit être compris entre 0,01 mm et 0,5 mm.

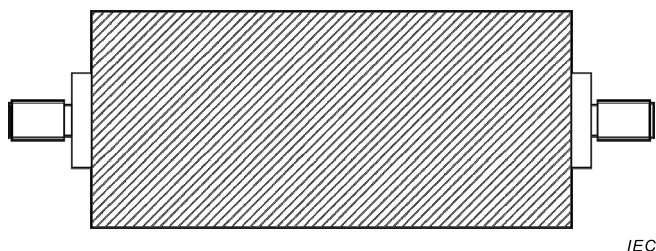
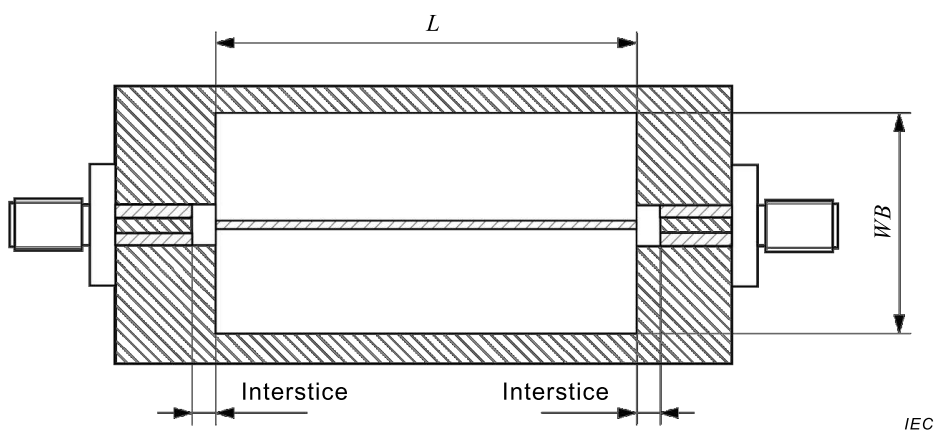


Figure 9 – Appareil d'essai – Vue de dessus



Légende

L est la longueur du véhicule d'essai, en m

WB est la largeur du véhicule d'essai, en m

Figure 10 – Vue en coupe horizontale de l'appareil d'essai avec l'ensemble d'essai

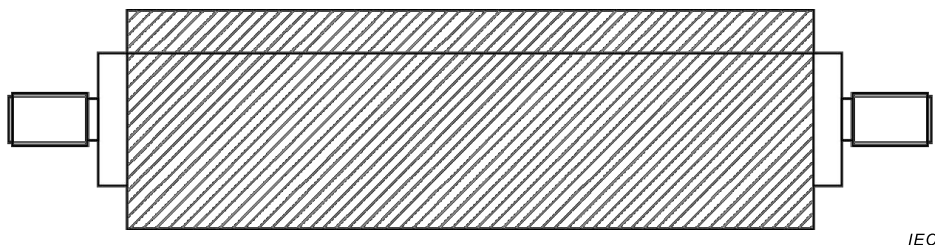
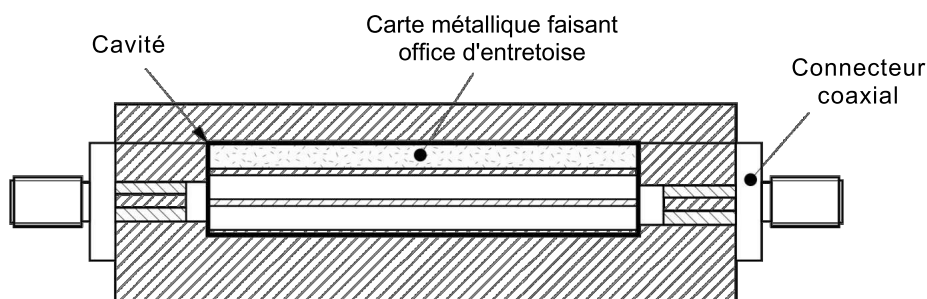


Figure 11 – Appareil d'essai – Vue latérale



IEC

Figure 12 – Vue en coupe verticale de l'appareil d'essai avec l'ensemble d'essai

4.4 Equipement d'essai

L'équipement d'essai comprend les éléments suivants.

- Un analyseur de réseau vectoriel (VNA, *vector network analyser*) doit être utilisé.
- La plage dynamique du VNA doit être supérieure à 50 dB.
- La plage de fréquences du VNA doit être comprise entre 100 MHz et plus de 10 GHz.

4.5 Procédure

4.5.1 Mesures

4.5.1.1 Mesures électriques

Les exigences suivantes s'appliquent aux mesures électriques.

- Les mesures électriques doivent être réalisées à l'aide d'un VNA et d'un appareil.
- Les conditions de mesure doivent être définies dans le VNA (la fréquence, le point de mesure, le nombre moyen et le niveau de lissage, par exemple). Sur le VNA, il convient de définir les conditions de mesure ci-dessous. Il convient de désactiver le lissage. Il convient d'utiliser un nombre suffisant de points de données pour déterminer précisément l'amplitude des crêtes des résonances. Le moyennage peut être défini afin d'améliorer le rapport bruit sur signal.
- Le VNA doit être étalonné avec les câbles coaxiaux dans la plage de fréquences de mesure. Un étalonnage complet à deux accès est nécessaire.
- Les connecteurs coaxiaux de l'appareil d'essai doivent être connectés avec les câbles coaxiaux.
- L'ensemble d'essai doit être placé face au côté ligne conductrice de la carte A et au côté diélectrique de la carte B dans le boîtier de l'appareil d'essai.
- La carte fictive et la carte supérieure de l'appareil d'essai doivent être placées sur l'ensemble d'essai. La carte fictive est fixée à la cavité par des vis généralement serrées à un couple de 0,90 Nm, qui est également le couple généralement utilisé pour les câbles de serrage, de sorte que la carte A et la carte B soient en contact.
- La valeur de résonance de S_{21} doit être vérifiée sur l'écran du VNA. L'exemple est présenté à la Figure 13. Il convient d'examiner la réponse de S_{21} sur l'écran du VNA (voir Figure 13) pour s'assurer que toutes les informations pertinentes ont été obtenues sur la plage de fréquences exigée. En particulier, il convient de vérifier la capture exacte de l'amplitude des crêtes des résonances.
- Il convient d'enregistrer les données de S_{21} sur un appareil numérique adapté et de les utiliser pour l'étalonnage.

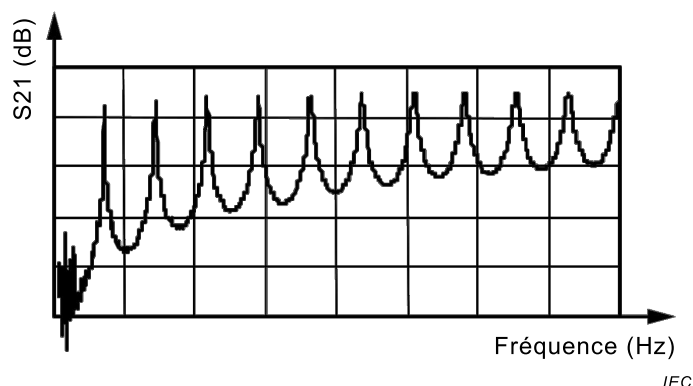


Figure 13 – Exemple de données brutes du VNA

4.5.1.2 Mesures de la longueur de ligne

Il convient de mesurer la longueur de ligne avec une incertitude de $\pm 0,1$ mm.

4.5.1.3 Mesures de l'épaisseur

L'épaisseur du diélectrique et du conducteur des éprouvettes doit être mesurée avec une tolérance de $\pm 0,001$ mm.

4.5.2 Calculs

4.5.2.1 Permittivité relative

La permittivité relative (ϵ_r) doit être calculée comme suit:

$$\epsilon_r = \left[\frac{\lambda_0}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{c}{f_m} \cdot \frac{m}{2(L + \Delta L)} \right]^2 \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

où

λ_0 est la longueur d'onde dans le vide;

λ est la longueur d'onde du diélectrique lorsqu'il est en essai;

c est la vitesse de la lumière ($2,997\,8 \times 10^9$ m/s);

m est un nombre (1, 2, 3...);

f_m est la fréquence de résonance à un certain nombre de m , en Hz;

L est la longueur de ligne de l'ensemble d'essai, en m;

ΔL est la longueur totale d'augmentation efficace du résonateur, en m (négligeable).

4.5.2.2 Tangente de perte

Les exigences suivantes s'appliquent à la tangente de perte.

a) L'enveloppe maximale et l'enveloppe minimale doivent être calculées à partir des données brutes.

b) Le facteur d'atténuation (α) doit être calculé comme suit:

$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{1+U}{1-U} \right] \frac{1}{L + \Delta L} \times 8,686 \quad (\text{dB/m}) \quad (2)$$

$$U = 10^{\frac{P}{20}} \quad (3)$$

où

P est la différence entre l'enveloppe maximale et l'enveloppe minimale, en dB.

Un exemple de données P est présenté à la Figure 14.

- c) Etant donné que α est la somme du facteur de perte par conduction (α_c) et du facteur de perte diélectrique (δ), δ doit être calculé comme suit:

$$\alpha_d = \alpha - \alpha_c \quad (\text{dB/m}) \quad (4)$$

α_c doit être calculé comme suit:

$$\alpha_c = \frac{0,0231 R_s \varepsilon_r Z_0}{30\pi (tB - tL)} \left[1 + \frac{2WL}{tB - tL} + \frac{1}{\pi} \cdot \frac{tB + tL}{tB - tL} \ln \left[\frac{2tB - tL}{tL} \right] \right] \quad (\text{dB/m}) \quad (5)$$

$$R_s = \sqrt{\pi \mu_0 f_m \rho} \quad (\Omega) \quad (6)$$

$$Z_0 = \frac{30\pi}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot \frac{1 - tL / tB}{WL / tB + C_f / \pi} \quad (\Omega) \quad (7)$$

$$C_f = 2 \ln \left[\frac{1}{1 - tL / tB} + 1 \right] - \frac{tL}{tB} \ln \left[\frac{1}{(1 - tL / tB)^2} - 1 \right] \quad (8)$$

où

R_s est la résistance superficielle, en Ω ;

Z_0 est l'impédance caractéristique de l'ensemble d'essai, en Ω ;

tB est l'épaisseur du diélectrique, en m;

tL est l'épaisseur de la ligne conductrice, en m;

WL est la largeur de la ligne conductrice, en m;

μ_0 est la perméabilité magnétique dans le vide, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m;

ρ est la résistivité du cuivre, $1,72 \times 10^{-8}$ Ωm . Dans le cas d'une feuille de cuivre particulière, ρ doit être la valeur spécifique utilisée.

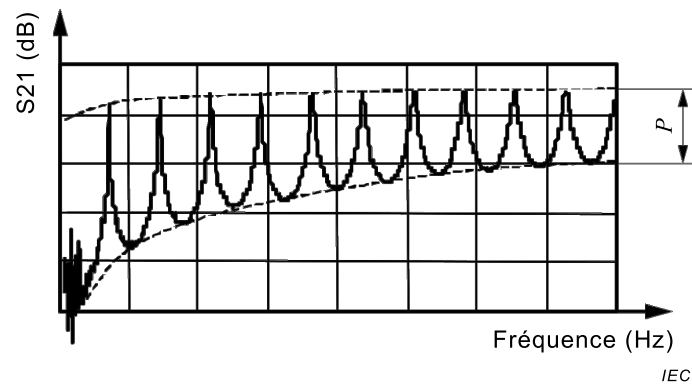
- d) α_d doit être calculé comme suit:

$$\alpha_d = \frac{8,686 \pi f_m \sqrt{\varepsilon_r}}{c} \tan \delta \quad (\text{dB/m}) \quad (9)$$

$\tan \delta$ est la tangente de perte.

- e) $\tan \delta$ doit être calculée comme suit:

$$\tan \delta = \frac{(\alpha - \alpha_c)c}{8,686 \pi f_m \sqrt{\varepsilon_r}} \quad (10)$$



Légende

P sont les données réellement acquises à partir des données brutes provenant du VNA, comme présenté dans cette figure.

Figure 14 – Enveloppes de données brutes provenant de la mesure du VNA

5 Rapport

Le rapport doit comprendre les éléments suivants:

- le numéro de l'essai et la révision;
- l'identification et la description des matériaux soumis à essai;
- la permittivité relative et la moyenne de chaque fréquence;
- tangente de perte et la moyenne de chaque fréquence;
- la date de l'essai;
- la température et l'humidité au cours de l'essai (pour référence);
- tout écart par rapport à la méthode d'essai;
- le nom de la personne conduisant l'essai.

6 Informations complémentaires

6.1 Précision

Permittivité relative: $\Delta\epsilon/\epsilon = \pm 0,05$

Tangente de perte: $\Delta\tan\delta/\tan\delta = \pm 0,1$

6.2 Informations complémentaires relatives aux appareils et aux résultats

Un exemple d'appareil d'essai et de résultats d'essai est donné à l'Annexe A.

Annexe A (informative)

Exemple d'appareil d'essai et de résultats d'essai

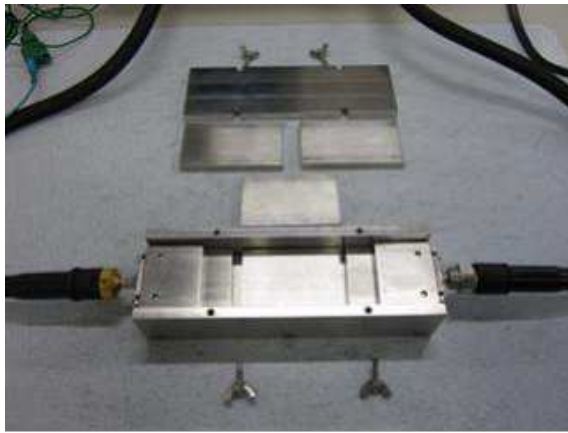
A.1 Exemple de dimensions d'un appareil d'essai

La Figure A.1 donne un exemple de dimensions détaillées de chaque partie de l'appareil d'essai.

Figure A.2 présente la construction de l'appareil d'essai qui utilise les parties représentées à la Figure A.1.

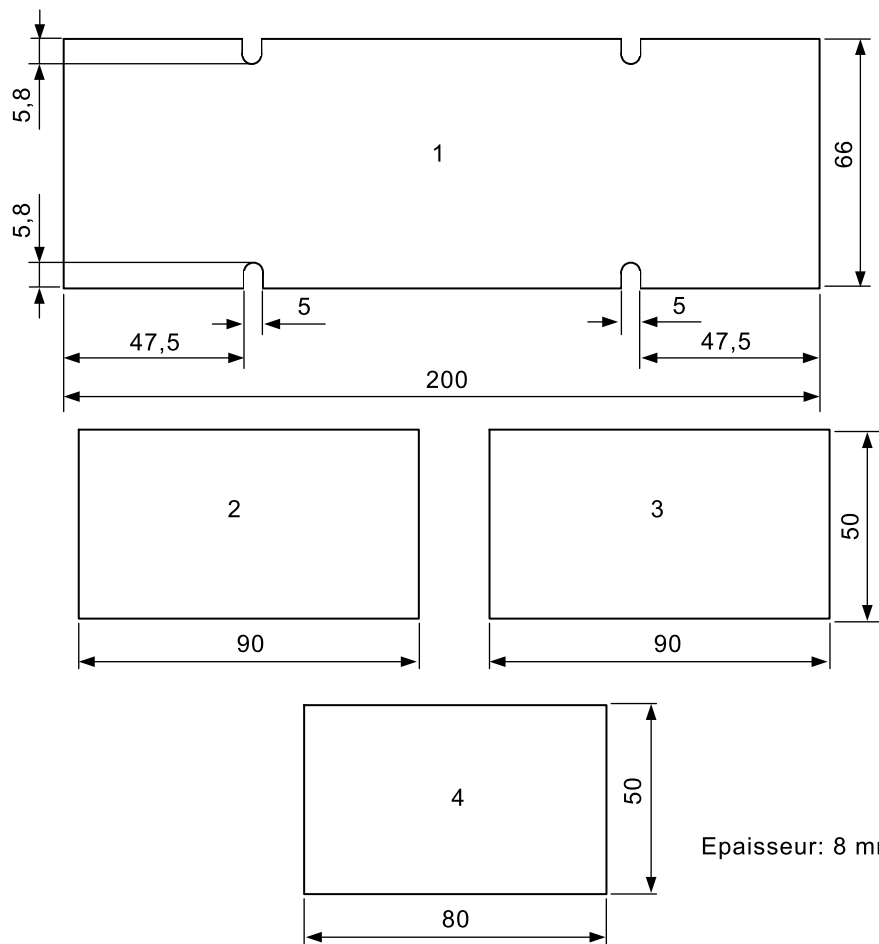
Figure A.3 présente les fixations du connecteur. La taille des trous destinés aux fixations du connecteur dépend du connecteur sélectionné.

Figure A.4 présente une fixation de connecteur.

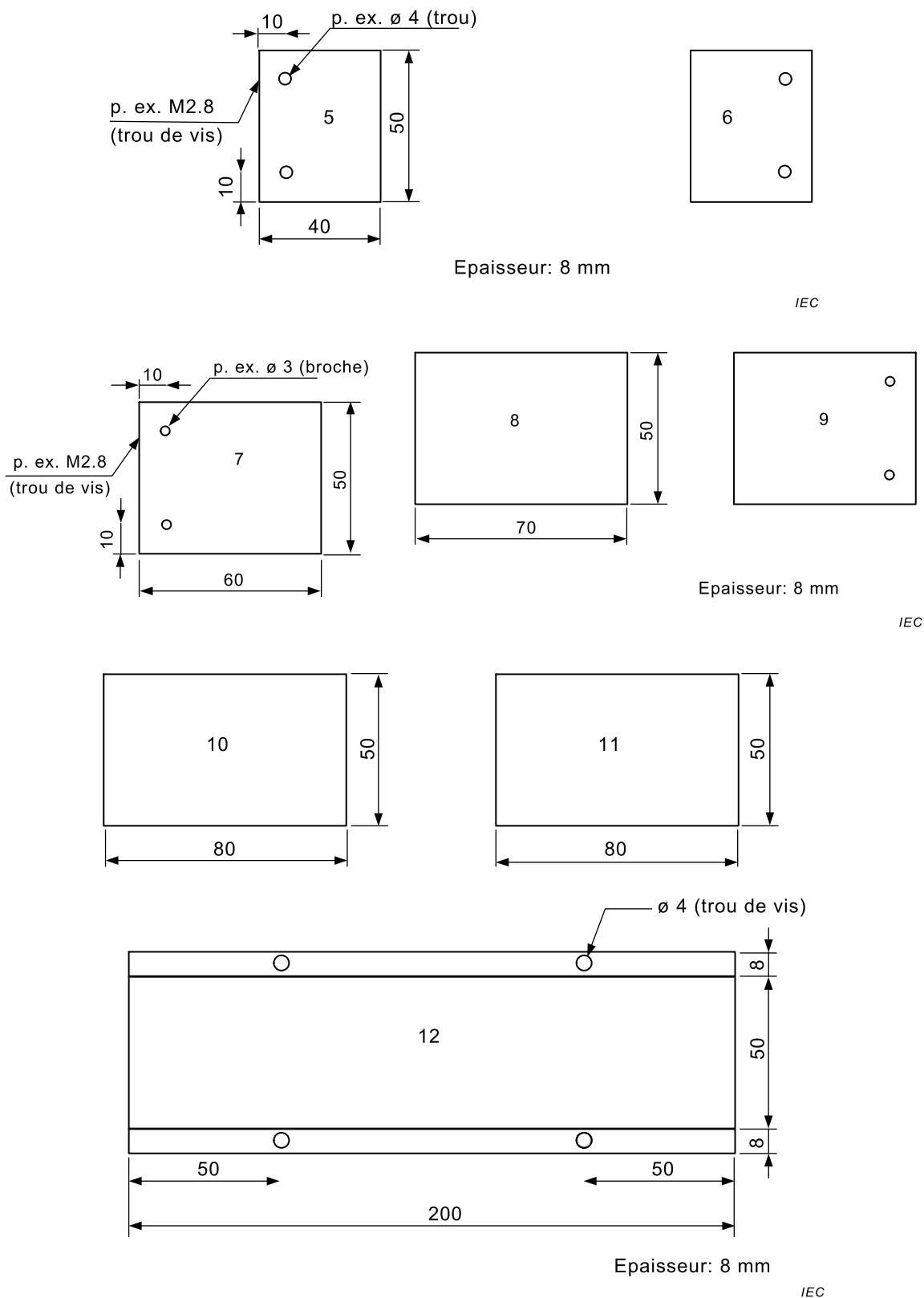


IEC

Dimensions en millimètres



IEC

Dimensions en millimètres**Figure A.1 – Parties de l'appareil d'essai**

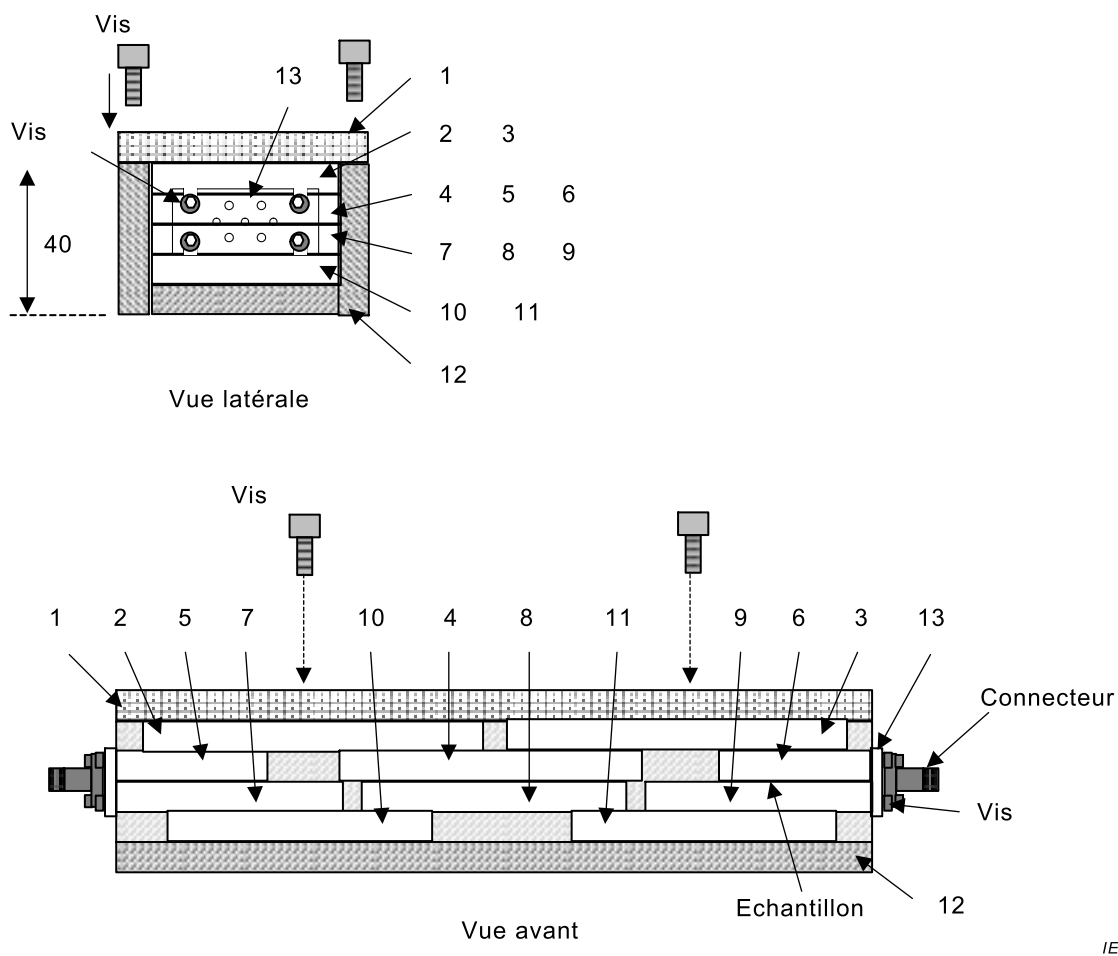


Figure A.2 – Construction des parties

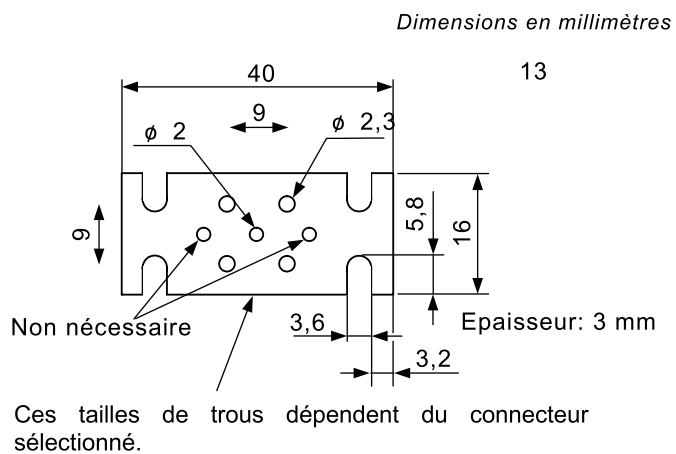
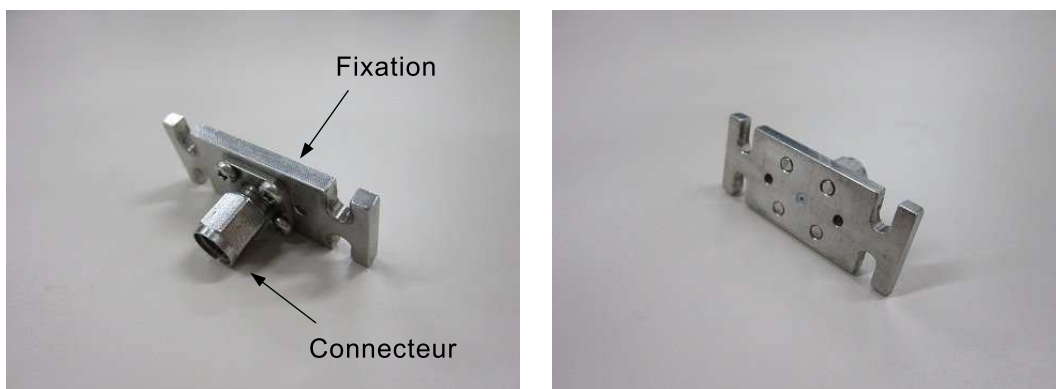


Figure A.3 – Parties de fixation du connecteur



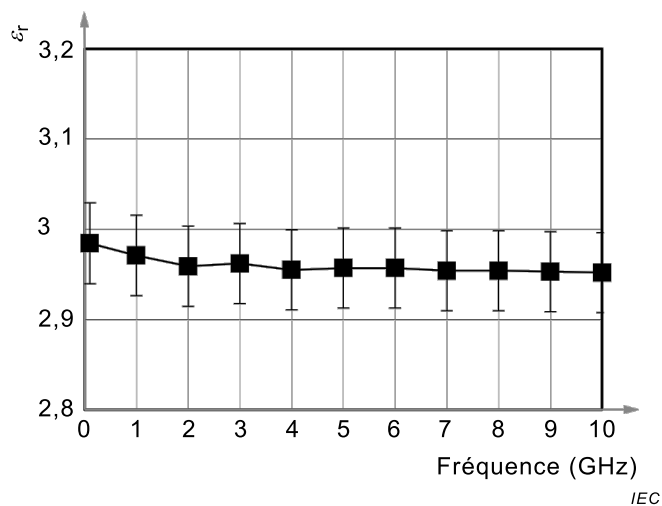
IEC

SGMC Microwave, par exemple: 311-32-00-000 (EMBASE MALE (4) A TROU 2,4 mm)

Figure A.4 – Fixation d'un connecteur

A.2 Exemple de résultats d'essai

La Figure A.5 et la Figure A.6 présentent les résultats de mesure classiques d'un CCL en polytétrafluoroéthylène de 0,8 mm d'épaisseur recouvert d'une couche de cuivre de 35 μm d'épaisseur.



IEC

Figure A.5 – Exemple de données ϵ_r mesurées, CCL en polytétrafluoroéthylène

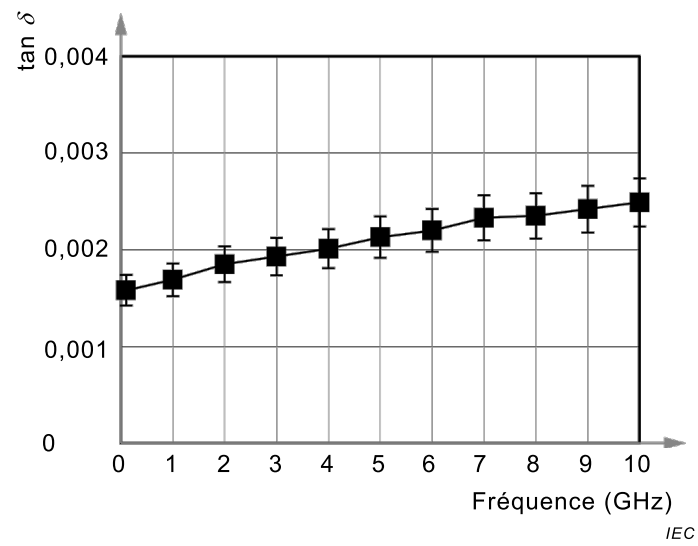


Figure A.6 – Exemple de données $\tan \delta$ mesurées, CCL en polytétrafluoroéthylène

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch