

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1141**

Première édition
First edition
1992-03

**Fréquence limite supérieure
des connecteurs coaxiaux r.f.**

**Upper frequency limit
of r.f. coaxial connectors**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61141:1992



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1141: 1992

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.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
1141**

Première édition
First edition
1992-03

**Fréquence limite supérieure
des connecteurs coaxiaux r.f.**

**Upper frequency limit
of r.f. coaxial connectors**

© CEI 1992 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION.....	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Technique de la mesure en transmission	8
3 Technique de mesure automatique en réflexion	24
4 Résumé des mesures	40
Annexe A – Bibliographie	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61141:1992

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Transmission measurement technique	9
3 Automatic reflection measurement technique	25
4 Measurement summary	41
Annex A – Bibliography	43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 61141:1992

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FRÉQUENCE LIMITE SUPÉRIEURE DES CONNECTEURS COAXIAUX R.F.

AVANT-PROPOS

- 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 voeu 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.

Le présent Rapport technique été établi par le Sous-Comité 46D: Connecteurs pour câbles pour fréquences radioélectriques, du Comité d'Etudes n° 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le Secrétaire du SC 46D/GT 5 présente ses remerciements aux PTT suisses, Division Recherche et Développement des Télécommunications, à Berne (Suisse) ainsi qu'à Hewlett Packard, Division Mesures des Réseaux, à Santa Rosa (Californie) pour le temps et l'effort consacrés à la mesure des différents types de paires de connecteurs coaxiaux pour obtenir les courbes des fréquences de résonance présentées dans ce rapport.

Le texte du présent rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
46D(BC)138	46D(BC)156

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

Ce rapport est un Rapport technique du type 3, qui est entièrement de caractère informatif.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**UPPER FREQUENCY LIMIT
OF R.F. COAXIAL CONNECTORS**

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.

This Technical Report has been prepared by Sub-Committee 46D: Connectors for r.f. cables, of IEC Technical Committee No. 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, and accessories for communication and signalling.

The Secretary of SC 46D/WG 5 wishes to thank both the Swiss PTT Telecommunications Research and Development Division (Bern, Switzerland) and the Hewlett Packard Network Measurement Division (Santa Rosa, California) for the time and effort spent in setting up and measuring the different types of coaxial connector pairs to obtain the resonant frequency plots presented in this report.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
46D(CO)138	46D(CO)156

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

This report is a Technical Report of type 3 that is entirely informative in nature.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Les connecteurs coaxiaux sont utilisés en grande quantité. Avec l'évolution des connecteurs coaxiaux et des lignes à air vers des fréquences plus élevées, les dimensions géométriques des connecteurs sont choisies de façon à empêcher la propagation de modes d'ordre supérieur. En principe l'énergie électromagnétique peut se propager dans les lignes coaxiales dans le mode TEM (*transverse electromagnetic*) à toute fréquence. Des modes d'ordre plus élevés peuvent être excités dans la ligne en plus du mode fondamental TEM du fait de discontinuité des dimensions géométriques, de la présence de supports diélectriques, de leur épaisseur, de leur constante diélectrique, ainsi que des variations de l'impédance caractéristique. Il a été jugé commode de spécifier la limite supérieure en fréquence d'une ligne coaxiale à air donnée comme étant la fréquence calculée pour laquelle le mode immédiatement supérieur au mode TEM (TE_{11})* se propage dans la ligne coaxiale à air. La présence de supports diélectriques peut provoquer l'excitation du mode TE_{11} en dessous de cette fréquence. L'influence des supports diélectriques sur la résonance des modes d'ordre supérieur dans une ligne coaxiale à air a été décrite (voir les références bibliographiques [1] à [4]**). Un modèle de résonateur qui donne une description théorique des conditions de résonance a été développé (voir la référence bibliographique [5]).

Des mesures directes des résonances du mode d'ordre supérieur dans les supports diélectriques des lignes coaxiales à air sont nécessaires pour estimer la fréquence limite supérieure des connecteurs coaxiaux r.f. L'expérience montre qu'avec des supports diélectriques parfaitement symétriques, les modes d'ordre supérieur ne sont pas systématiquement générés même si les conditions sont réunies. Pour exciter les modes d'ordre supérieur, il convient d'utiliser une vis radiale à pénétration réglable qui crée une dissymétrie perturbant le champ à proximité du support diélectrique ou de la section symétrique à étudier. Etant donné les tolérances mécaniques des supports diélectriques, certains risquent de présenter des écarts par rapport à la symétrie parfaite, il est donc prudent de mesurer plusieurs spécimens afin d'obtenir des résultats corrects et précis.

Dans ce Rapport technique, deux techniques de mesure de la fréquence d'apparition du premier mode d'ordre supérieur dans les connecteurs coaxiaux r.f. et les supports diélectriques sont décrites. La première méthode est une technique de mesure en transmission qui, au moyen d'un simple banc de mesure coaxial, permet de mesurer des résonances des modes d'ordre supérieur par la mesure des pertes en transmission dans une gamme de fréquence choisie convenablement autour de la fréquence de résonance des modes d'ordre supérieur de la ligne à air coaxiale. La seconde méthode est une technique de mesure en réflexion utilisant un analyseur automatique de réseau (ANA) pour déterminer les résonances des modes d'ordre supérieur, engendrées par le support diélectrique du connecteur et les contacts sur le conducteur central.

* TE_{11} : *transverse electric*.

** Les chiffres entre crochets se rapportent à l'annexe A (Bibliographie).

INTRODUCTION

Coaxial connectors are used in large numbers. With the extension of coaxial connectors and air lines to higher frequencies, the geometric dimensions of connectors are selected in such a manner to preclude the propagation of higher order modes. In principle, electromagnetic energy may be propagated in coaxial lines in the TEM (transverse electromagnetic) mode at any frequency. Higher order modes may be excited in the line besides the fundamental TEM mode with changes in geometric dimensions, addition of support beads, thickness of the beads and their dielectric constant along with changes in characteristic impedance. It has been common practice to specify the upper frequency limit for a given coaxial air line as the calculated frequency at which the next higher mode above the TEM mode (TE_{11})* would propagate in a coaxial air line. With the addition of dielectric bead supports, the TE_{11} mode can be excited below this frequency. Higher mode resonance effects of dielectric beads in coaxial air lines have been described (see references [1] to [4]**). A resonator model has been derived which gives a theoretical description of resonance conditions (see reference [5]).

Direct measurements of higher mode resonances in bead supported coaxial air lines are necessary to estimate the upper frequency limit of r.f. coaxial connectors. Experience shows that with dielectric bead supports having perfect symmetry, higher order modes are not readily generated even if existing conditions are such as to allow them. In order to excite the higher order modes, it is convenient to use a radial screw with adjustable penetration near the bead support or the symmetrical section under investigation as the asymmetrical device for distorting the field. Taking into account that a certain number of identical beads lie within a range of mechanical tolerances which may result in deviations from perfect symmetry, it is prudent to measure several specimens for correct and accurate results.

In this Technical Report, two measurement techniques are presented that determine the first higher possible mode of r.f. coaxial connectors and connector beads. The first method is a transmission measurement technique that enables the measurement of higher modes of coaxial connectors to be made with a simple coaxial test set-up by measuring the transmission loss over a convenient frequency range around the resonant higher modes generated in the coaxial air lines of interest. The second method is a reflection measurement technique that uses an automatic network analyzer (ANA) for determining the higher order mode resonances associated with connector beads and center conductor contacts.

* TE_{11} : transverse electric.

** The numbers in square brackets refer to annex A (Bibliography).

FRÉQUENCE LIMITE SUPÉRIEURE DES CONNECTEURS COAXIAUX R.F.

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique comporte deux méthodes de mesure pour déterminer la fréquence d'apparition du premier mode non TEM des supports diélectriques des connecteurs r.f., des connecteurs et des paires de connecteurs.

L'une des méthodes est une technique de mesure en transmission et l'autre méthode est une technique de mesure automatisée en réflexion.

Les deux techniques ont été utilisées pour déterminer les résonances de différents connecteurs coaxiaux. Des résultats sont donnés pour ces deux techniques.

Ce rapport donne les courbes de fréquence de résonance des connecteurs coaxiaux: 7 mm, 3,5 mm, 2,9 mm, 2,4 mm, 2,0 mm, SMA et type N, ainsi que des références à des articles sur le sujet.

2 Technique de la mesure en transmission

On décrit dans cet article une technique de mesure en transmission et un montage de mesure des modes d'ordre supérieur dans un système coaxial utilisant un dispositif spécial d'essai pour rechercher les conditions de résonance dans des connecteurs coaxiaux. Un facteur essentiel pour la mesure précise des modes de résonance est avant tout une bonne isolation de la source et du détecteur dans la configuration de mesure. Le circuit de mesure est un dispositif totalement coaxial avec des transitions coniques à l'entrée et à la sortie sur le détecteur. Des systèmes spéciaux d'atténuateurs sont utilisés entre les transitions coniques et les points de mesure.*

Les figures 1 et 2 montrent la ligne de mesure de transmission et un banc d'essai pour mesurer les supports diélectriques et les paires de connecteurs. Une vis jouant le rôle de réactance variable est placée près des points de mesure en tant qu'excitateur de modes. L'atténuateur utilisé dans le support d'essai (voir figure 2) est du type à éléments absorbants sur le conducteur coaxial extérieur. Le dispositif permet d'éviter tout couplage de modes entre le support diélectrique du connecteur en essai, et l'entrée et la sortie sur le détecteur.

Afin de fixer les conditions de référence, il convient de faire une mesure préalable avec des lignes à air de référence connectées aux points de mesure, la vis de réglage de la réactance étant totalement retirée. Dans ces conditions, aucun mode non TEM n'apparaît dans la ligne coaxiale. Pour une ligne de mesure de 7 mm, lorsque la vis de la réactance réglable est introduite par incréments successifs dans la ligne coaxiale, une résonance apparaît à la fréquence théorique de résonance du premier mode d'ordre supérieur (TE_{11}) qui est égale à 19,5 GHz. Une augmentation de la réactance par la vis provoque une diminution de la fréquence de résonance de la ligne à air coaxiale chargée par la réactance, ce qui est une condition nécessaire pour que les supports diélectriques ou les connecteurs en essai génèrent leurs propres résonances.

* Les PTT suisses peuvent fournir les détails.

UPPER FREQUENCY LIMIT OF R.F. COAXIAL CONNECTORS

1 Scope

This Technical Report presents two measurement methods for determining the first possible higher order mode (non TEM) of r.f. connector beads, connectors and pairs of connectors.

One method is a transmission measurement technique and the other is an automated reflection measurement technique.

Both techniques were used to determine the resonances of different coaxial connectors. Results from both techniques are included.

This report gives resonant frequency plots for 7 mm, 3,5 mm, 2,9 mm, 2,4 mm, 2,0 mm, SMA and type N coaxial connectors, plus references to applicable articles.

2 Transmission measurement technique

A transmission measurement technique and a test circuit are presented for measuring the higher order modes in a coaxial system that uses a special test set-up to investigate resonant conditions in coaxial connectors. One determining factor in measuring mode resonances accurately depends strongly on good isolation of the source and detector in the test configuration. The test circuit is an all coaxial arrangement with conical transitions at the input and detection ends. Special attenuator pads are used between the conical transitions and the test ports.*

Figures 1 and 2 show the transmission test circuit and a generalized test jig for measuring beads or connector pairs. An adjustable reactance screw is placed near the test ports as the mode exciter. The type attenuator used in the test jig (see figure 2) has absorbing elements in the outer coaxial conductor. This arrangement prevents any mode interaction between the bead/connector combination under test, and the detector and input ends.

To establish reference conditions, a pilot test should be made with reference air lines connected together at the test ports with the adjustable reactance screw fully withdrawn. In this condition, no moding (non TEM) of the coaxial line is visible. As the adjustable reactance screw is inserted in small increments into the coaxial line for a 7 mm test configuration, a resonant mode frequency appears at the theoretical first higher resonant mode (TE_{11}) frequency of the line which is 19,5 GHz. Increasing the screw reactance results in a decreasing resonant frequency of the reactance loaded coaxial air line, which is a necessary requirement to force the beads or connectors under test to generate their resonances.

* Details can be obtained from the Swiss PTT.

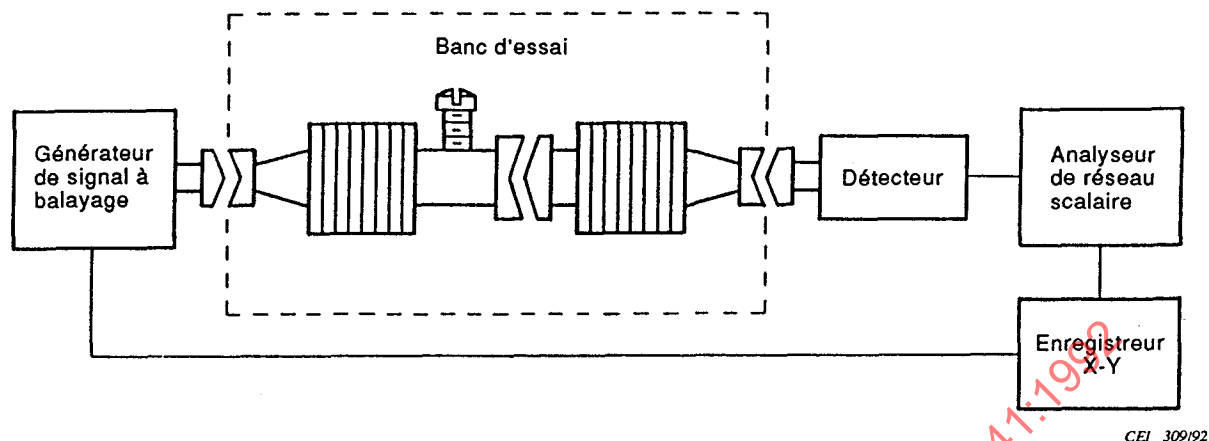


Figure 1 – Ligne de mesure de transmission

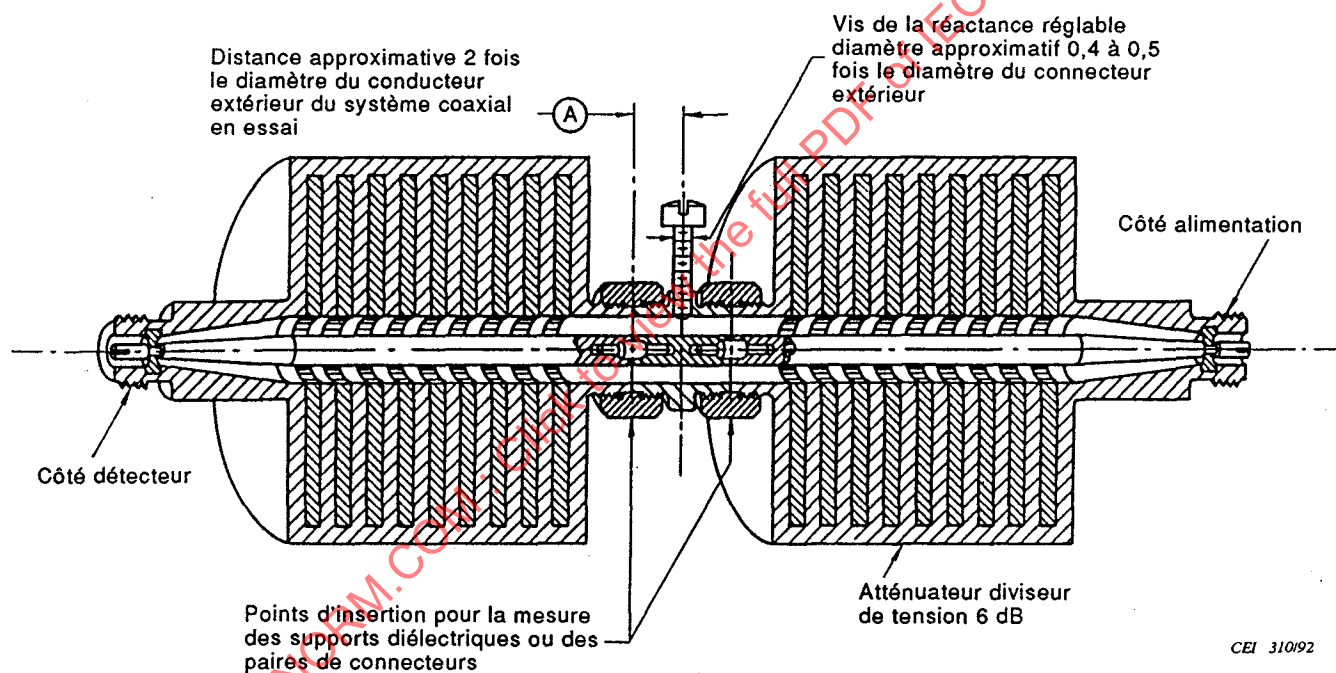


Figure 2 – Banc d'essai

Pour préciser davantage les conditions de mesure, il convient que la distance «A» entre le point d'insertion du support diélectrique en essai et la vis de la réactance soit comprise approximativement entre 1,5 et 2,5 fois le diamètre extérieur du système coaxial en essai. Dans certains cas, des vis peuvent être positionnées de chaque côté de l'entretoise en essai afin d'éliminer les interférences mécaniques avec le système de verrouillage du connecteur. Pour des connecteurs de petits diamètres, par exemple 2,4 mm, 2 mm, etc., il convient de percer des petits trous à travers l'écrou de verrouillage du corps du connecteur afin de remplir les conditions ci-dessus.

Avec le diamètre de vis conseillé, la profondeur d'insertion nécessaire pour provoquer l'apparition d'un pic de résonance de la ligne (voir courbe I, figure 3) ou du support diélectrique seul (voir courbe II, figure 3) correspond respectivement à un facteur de

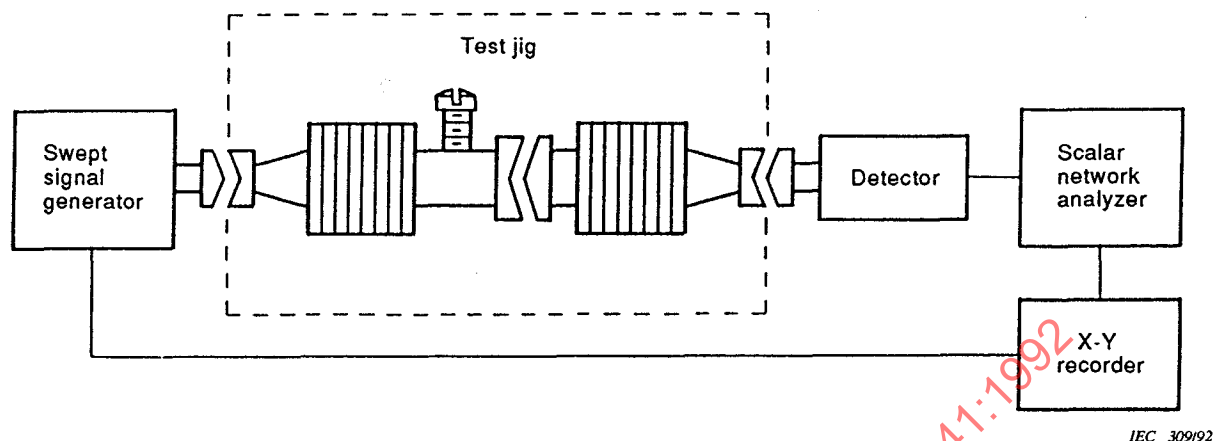


Figure 1 – Transmission test circuit

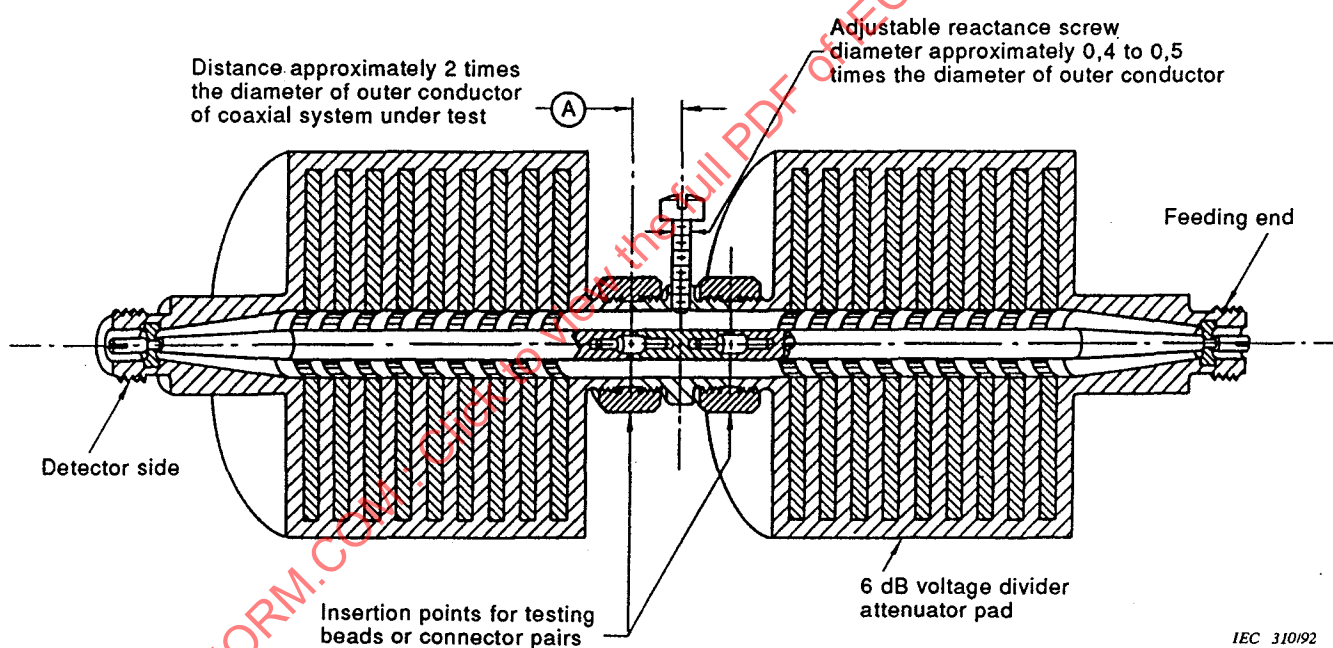


Figure 2 – General test jig

To determine the test conditions more precisely, the distance "A" between the insertion point of the bead under test and the reactance screw should be approximately 1,5 to 2,5 times the outer diameter of the coaxial system. Screws can be positioned on each side of the bead under test to eliminate mechanical interference with the connector coupling mechanism in some cases. In the case of small diameter connectors, e.g., 2,4 mm, 2 mm, etc., small holes should be drilled through the coupling nut of the connector body to fulfil the above conditions.

With the suggested screw diameter, the necessary insertion depth to produce a visible line resonance peak (curve I, figure 3) or a visible peak of the single bead (curve II, figure 3) corresponds to a reflection factor of $r \approx 0,2$ and $\approx 0,3$ respectively for a measurement

réflexion d'environ 0,2 et 0,3 pour une mesure faite sur une paire de connecteurs coaxiaux de 7 mm. Afin d'éviter d'avoir de fausses réponses, il convient que les éléments absorbants ou les atténuateurs placés soient du type à pertes de surface avec des dimensions coaxiales égales à celles du système coaxial d'essai.

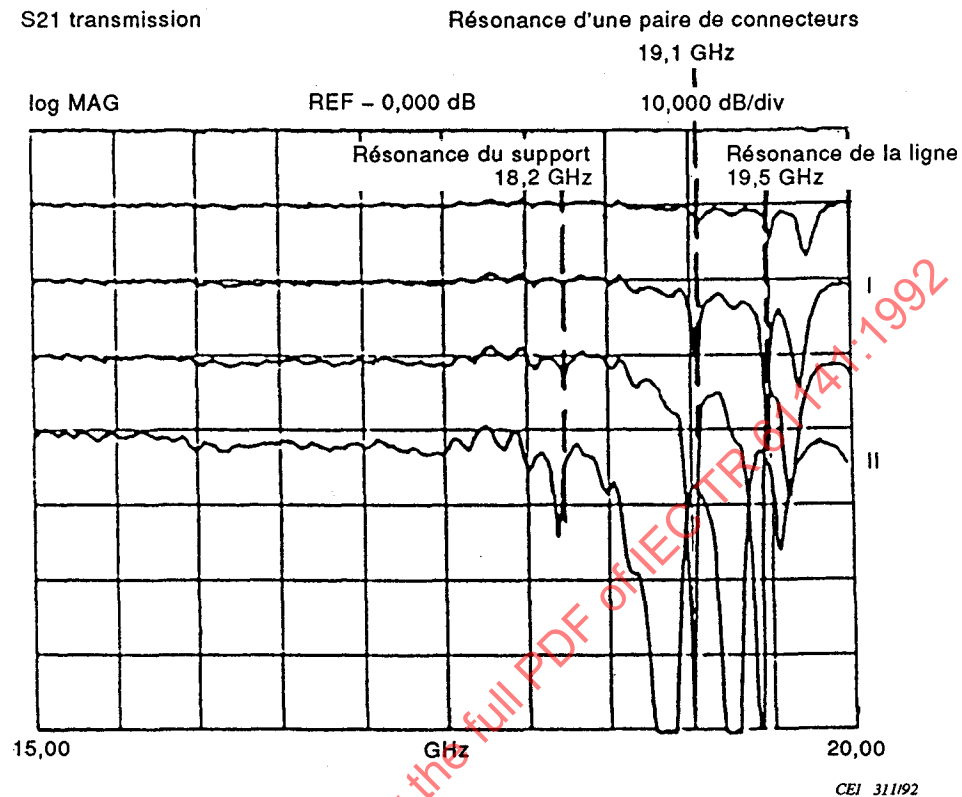


Figure 3 – Courbes de la fréquence de résonance d'une paire de connecteurs de 7 mm avec la dernière version de support diélectrique. Les courbes I et II montrent la profondeur d'insertion de la vis nécessaire pour produire un pic visible de résonance de la ligne (voir courbe I) ou un pic visible du support diélectrique seul (voir courbe II)

Pour effectuer la mesure principale, un support diélectrique, un connecteur (second connecteur sans support) ou une paire de connecteurs sont introduits dans le système de mesure et la réponse en dB est enregistrée. Sans la réactance supplémentaire de la vis d'accord, le pic de résonance du support, du connecteur ou de la paire de connecteurs, est ou n'est pas visible. Si le pic n'est pas visible, on augmente la réactance au moyen de la vis jusqu'à ce qu'apparaisse la résonance du support diélectrique ou du connecteur sous l'aspect d'un pic de résonance supplémentaire au-dessus ou en dessous de celui de la ligne coaxiale. Le pic de la fréquence de résonance du support diélectrique ou du connecteur ne sera pas modifié en changeant la fréquence de résonance de la ligne coaxiale en fonction de la profondeur de pénétration. On notera les points suivants:

- 1) La profondeur de pénétration et la perte par réflexion équivalente nécessaire pour générer des modes dans les supports des connecteurs varient depuis l'infini jusqu'à 1 dB, suivant l'asymétrie des supports diélectriques et de la géométrie du connecteur.
- 2) La valeur du pic d'atténuation varie de zéro à plusieurs dB.
- 3) La ligne de mesure de 7 mm peut fonctionner dans une bande de fréquences comprise entre 16 GHz et 22 GHz avec une fréquence de résonance du premier mode d'ordre supérieur égale à 19,5 GHz. D'autres fréquences limites sont possibles.

taken on a pair of 7 mm coaxial connectors. To avoid false responses, the adjacent absorbers or attenuators should be of the lossy wall type with coaxial dimensions equal to the coaxial system being tested.

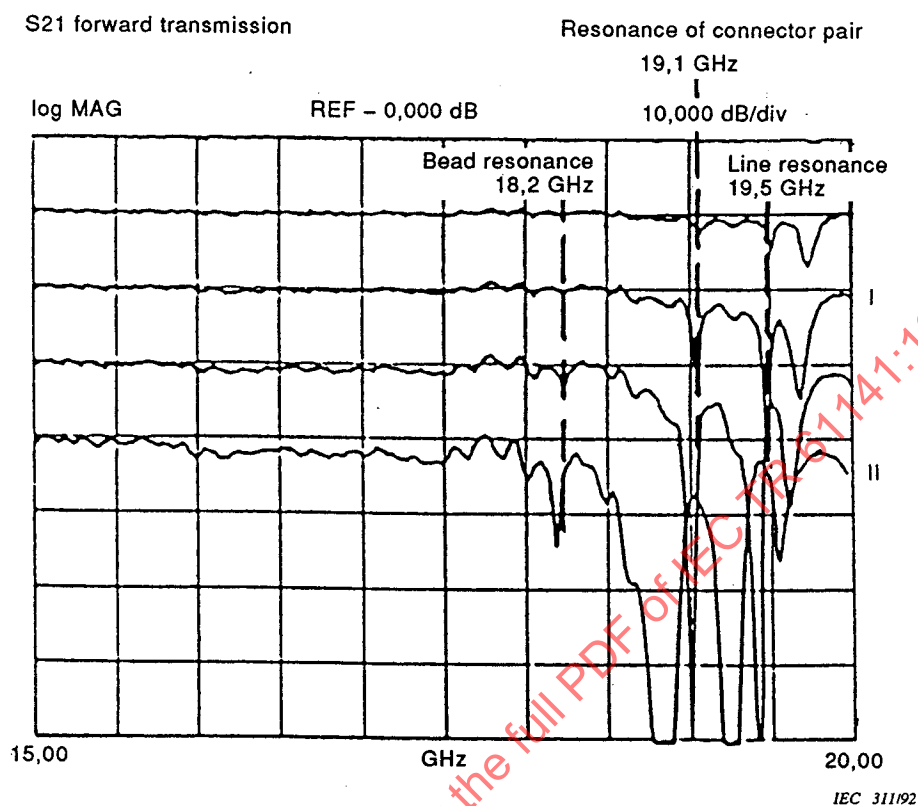


Figure 3 – Resonant frequency plots of a 7 mm connector pair with latest version dielectric beads. Curves I and II show the necessary screw insertion depth required to produce a visible line resonance peak (curve I) or a visible peak of the single bead (curve II)

In performing the main test, one bead, one connector (second connector beadless) or a connector pair is introduced within the test ports and the dB response is recorded. Without additional reactance of the tuning screw, the resonance peak of the bead, connector or connector pair may or may not be visible. If no peak is visible, the reactance of the tuning screw is increased until the connector or bead resonance appears as an additional resonance peak response below or above the coaxial line resonance. This bead or connector resonant frequency peak will not be affected by changing (as a function of penetration depth) the resonant frequency of the coaxial line. Several other notes of interest include the following points:

- 1) The penetration depth and equivalent return loss required to generate connector bead modes vary from about infinite dB down to 1 dB, depending on the asymmetry of the beads and the connector geometry.
- 2) The peak attenuation value varies from zero to several dB.
- 3) The 7 mm test circuit has a frequency range from 16 GHz to 22 GHz with a coaxial first higher mode resonant frequency of 19,5 GHz. Other frequency limits are possible.

2.1 Résultats des mesures

Les figures 4 à 8 sont des courbes de la variation de l'affaiblissement de la ligne en fonction de la fréquence qui représentent les phénomènes de résonance dus aux dimensions de la ligne à air, aux supports diélectriques et dispositifs de couplage pour les mesures faites sur des systèmes coaxiaux de 7 mm, 3,5 mm, 2,9 mm, 2,4 mm et 2 mm, utilisant la technique de la mesure de transmission.

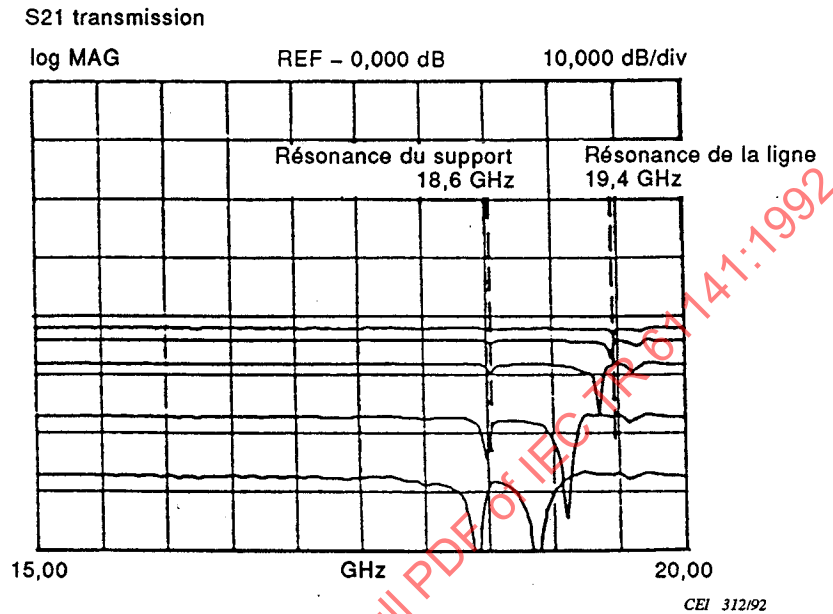


Figure 4a – Résonance d'une ligne à air de 7 mm et d'un support diélectrique seul lorsque la distance «A» est de 14 mm

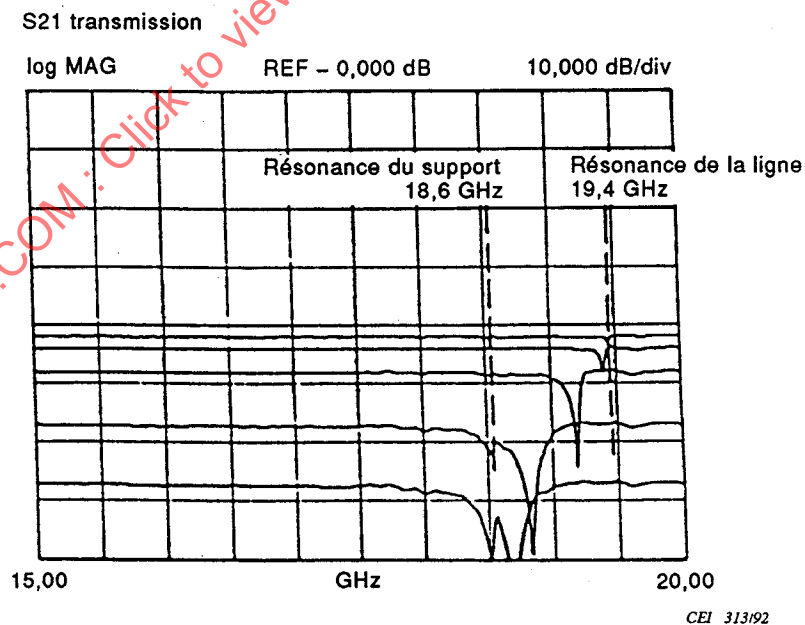


Figure 4b – Résonance d'une ligne à air de 7 mm et d'un support diélectrique seul lorsque la distance «A» est de 21 mm

Figure 4 – Courbes des fréquences de résonance en dB d'une ligne à air de 7 mm avec la dernière version de support diélectrique montrant la résonance du support et de la ligne en fonction de la position «A» de la vis de réactance

2.1 Measurement results

Figures 4 to 8 are plots of the variation of line attenuation as a function of frequency that show the resonance phenomena due to airline dimensions, dielectric beads and coupling arrangements for measurements taken on 7 mm, 3,5 mm, 2,9 mm, 2,4 mm and 2 mm coaxial systems respectively using the transmission measurement technique.

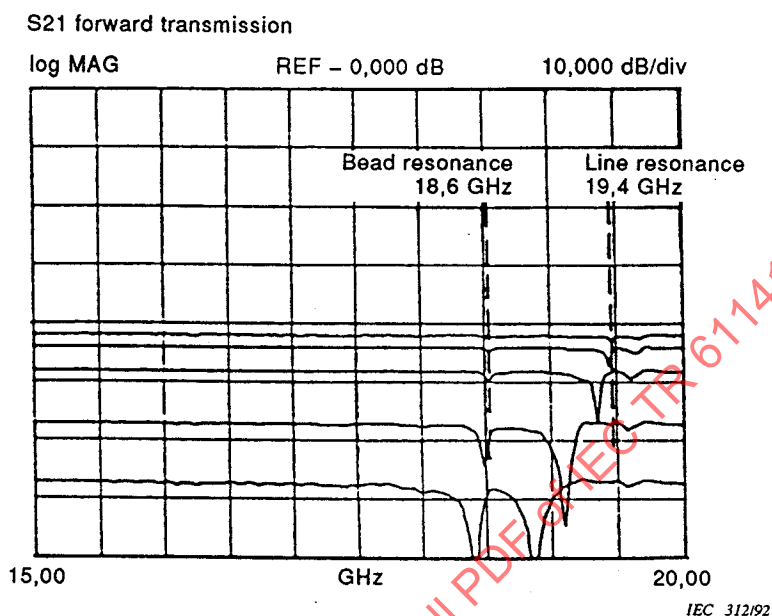


Figure 4a – Resonance of 7 mm air line and single bead where distance "A" is 14 mm

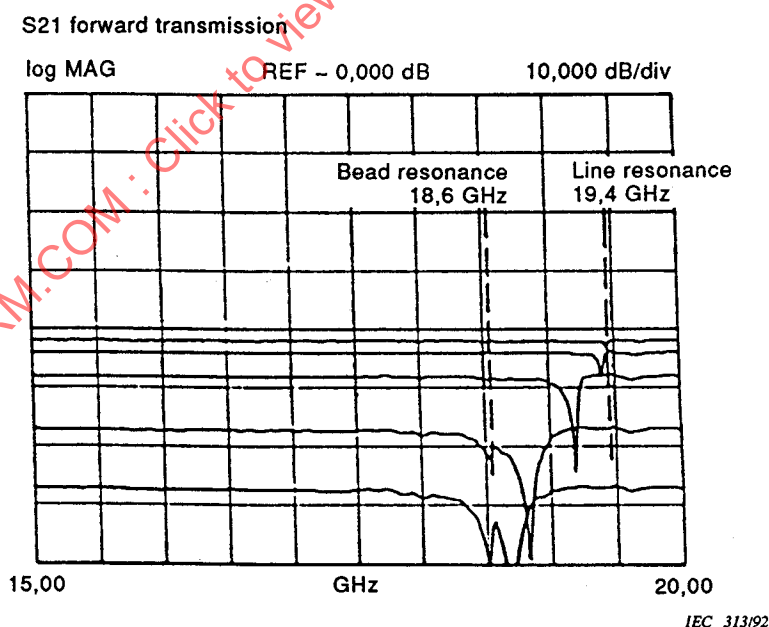


Figure 4b – Resonance of 7 mm air line and single bead where distance "A" is 21 mm

Figure 4 – Resonant frequency plots in dB of a 7 mm air line with latest version dielectric bead showing the bead and line resonance as a function of position "A" of reactance screw

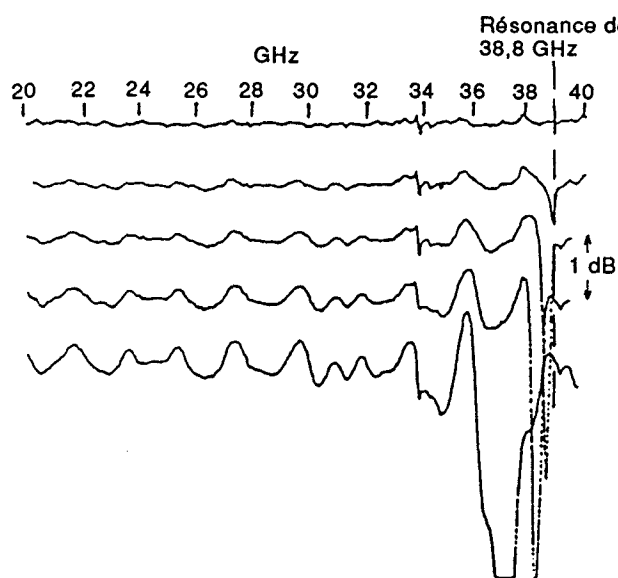


Figure 5a - Ligne à air de 3,5 mm

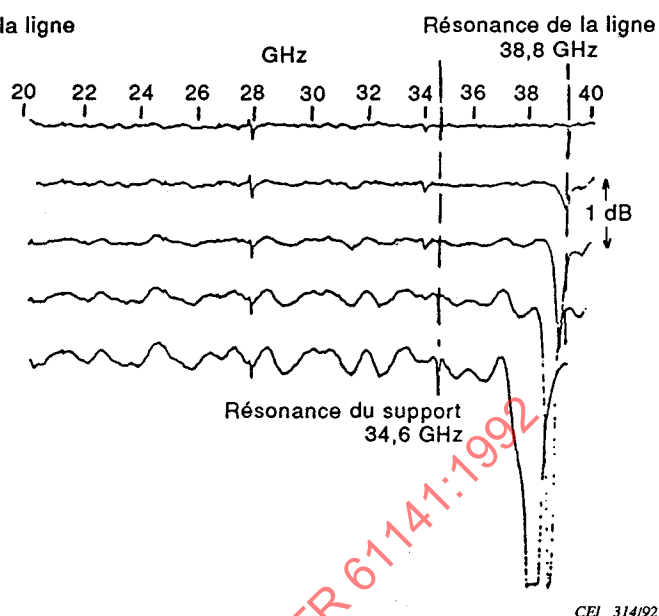


Figure 5b Ligne à air de 3,5 mm avec un support diélectrique seul

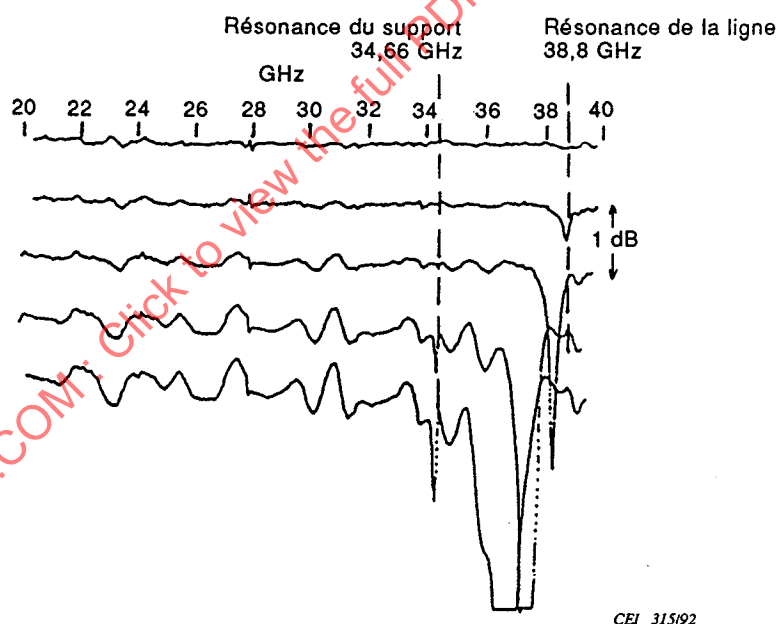


Figure 5c - Paire accouplée de connecteurs de 3,5 mm

Figure 5 - Courbes des fréquences de résonance en dB d'une ligne à air de 3,5 mm, d'un support diélectrique seul de 3,5 mm et d'une paire accouplée de connecteurs de 3,5 mm. La distance «A» est de 7 mm.

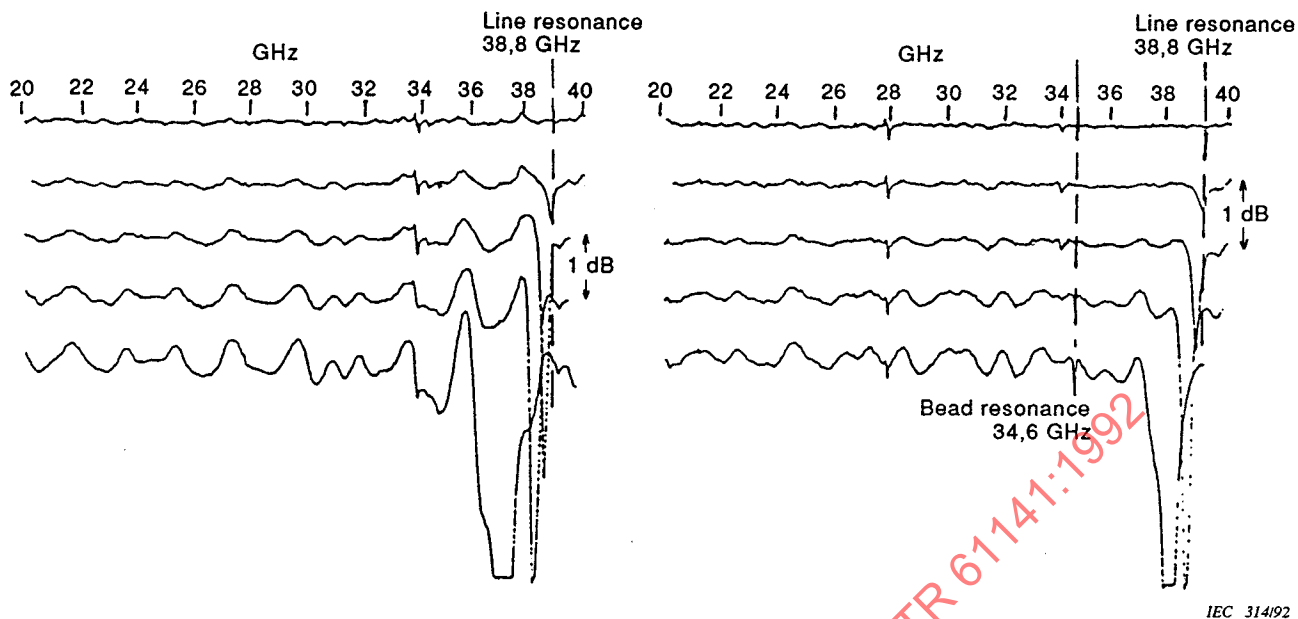


Figure 5a – 3,5 mm air line

Figure 5b – 3,5 mm single bead

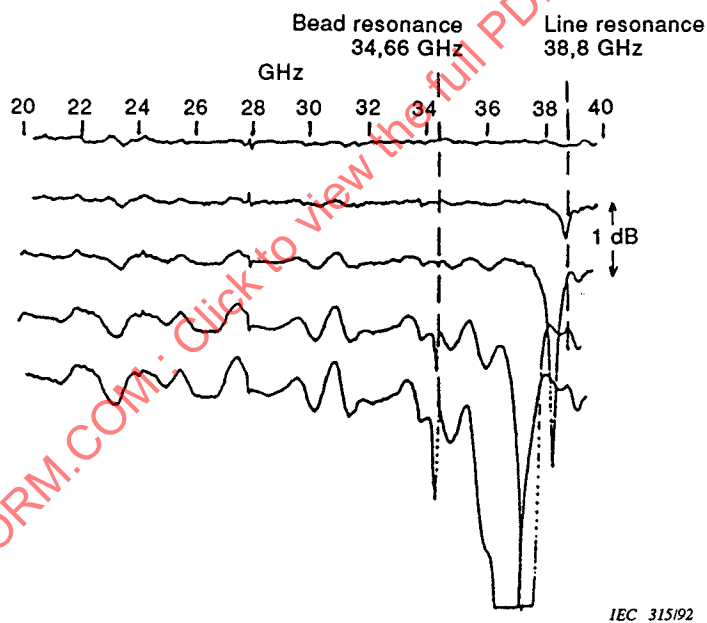


Figure 5c – 3,5 mm mated pair

Figure 5 – Resonant frequency plots in dB of a 3,5 mm air line, a 3,5 mm single dielectric bead and a 3,5 mm mated connector pair. Distance "A" is 7 mm.

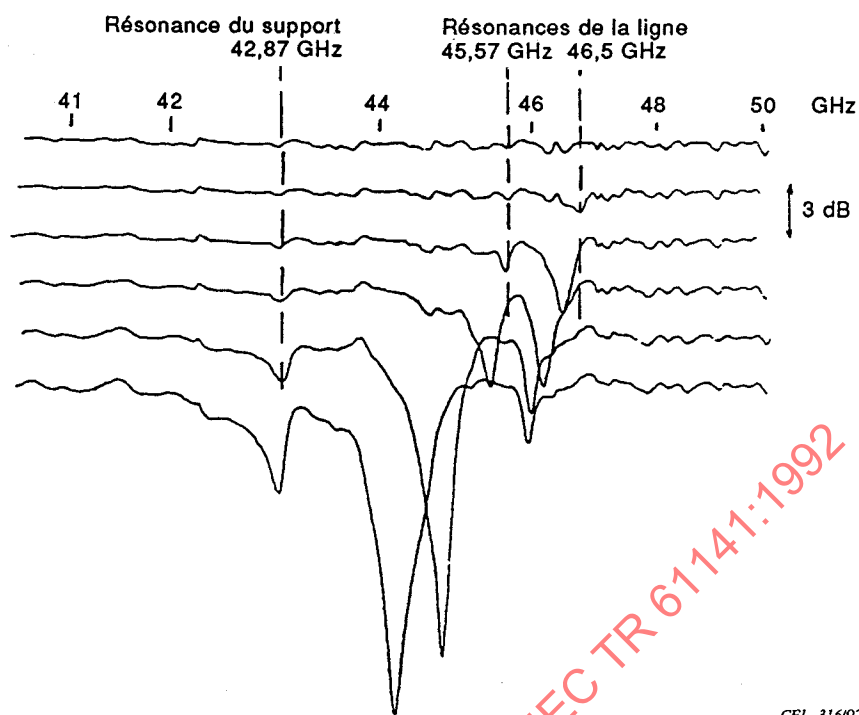


Figure 6a – Paire de connecteurs de 2,9 mm

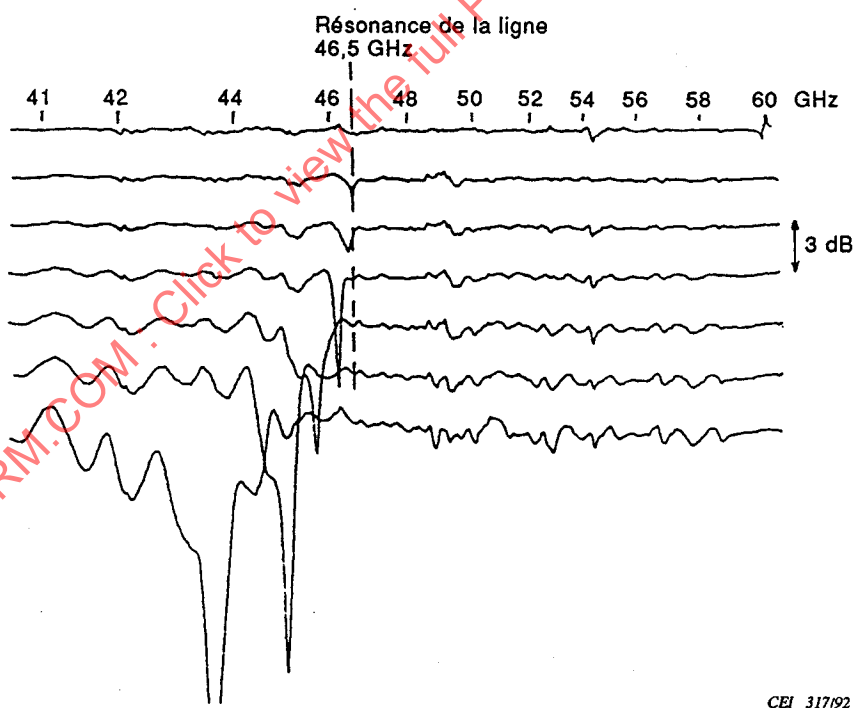


Figure 6b – Paire de connecteurs de 2,9 mm avec support diélectrique spécial

Figure 6 – Courbes des fréquences de résonance en dB d'une paire de connecteurs de 2,9 mm avec support diélectrique traditionnel ou nouveau. La distance «A» est de 6 mm.

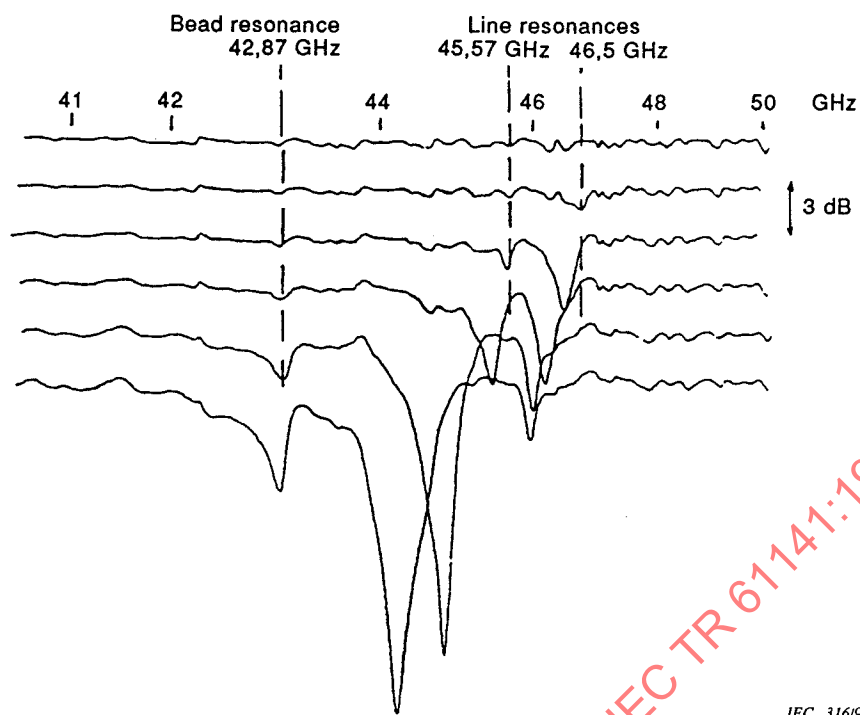


Figure 6a – 2,9 mm connector pair

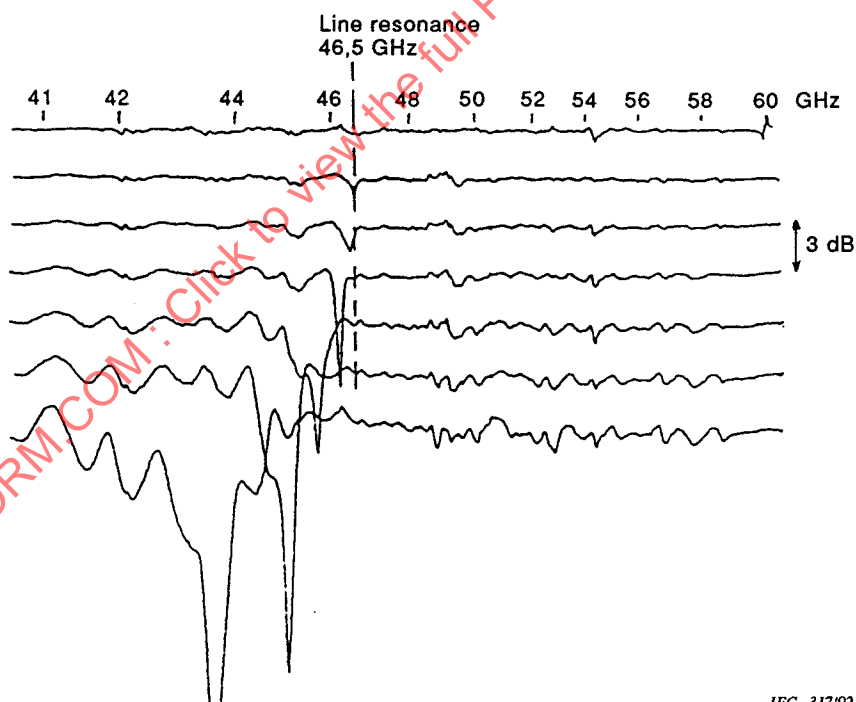


Figure 6b – 2,9 mm connector pair with special dielectric bead

Figure 6 – Resonant frequency plots in dB of a regular and special 2,9 mm connector pair. Distance "A" is 6 mm.

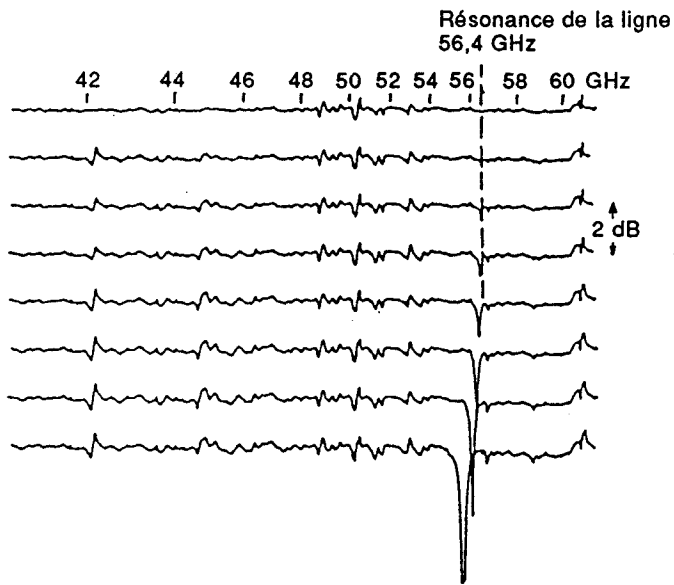


Figure 7a – Ligne à air de 2,4 mm

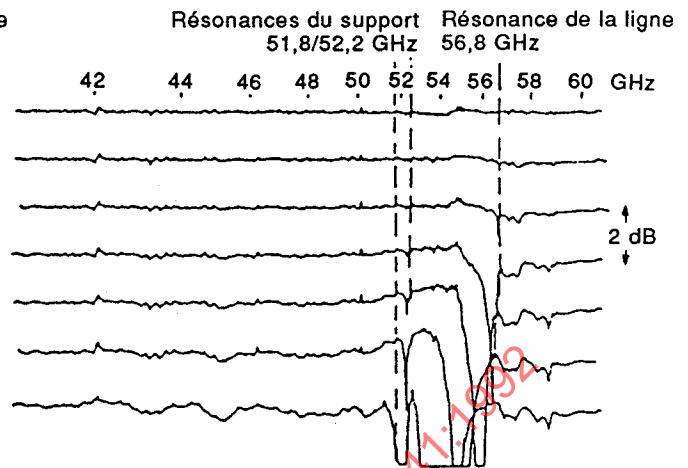


Figure 7b – Ligne à air de 2,4 mm avec un support diélectrique seul

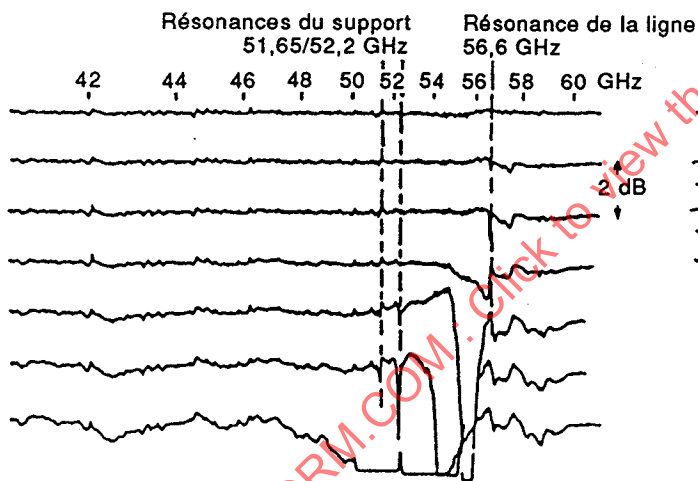


Figure 7c – 2,4 mm, deux supports

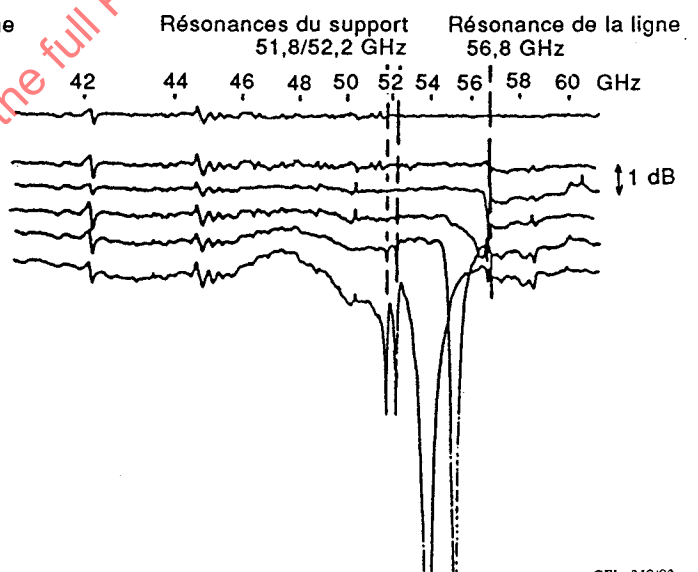


Figure 7d – Paire accouplée de 2,4 mm

Figure 7 – Courbes des fréquences de résonance en dB d'une ligne à air de 2,4 mm, un seul support diélectrique de 2,4 mm, deux supports diélectriques sans contact central et d'une paire accouplée de connecteurs. La distance «A» est de 5 mm.

CEI 318/92

CEI 319/92

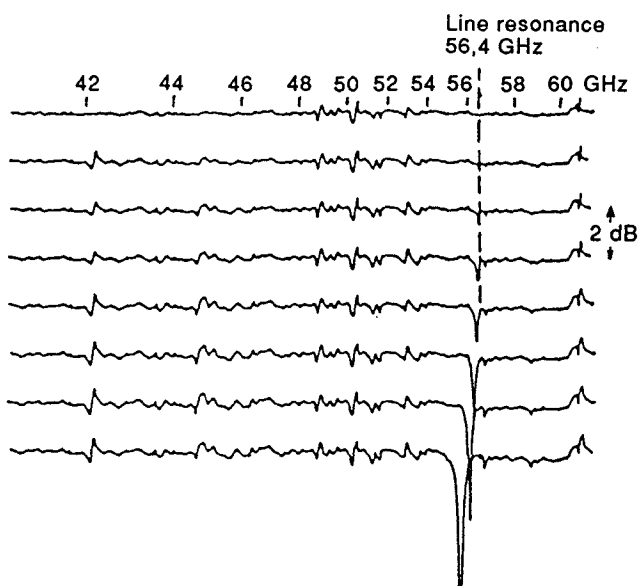


Figure 7a – 2,4 mm air line

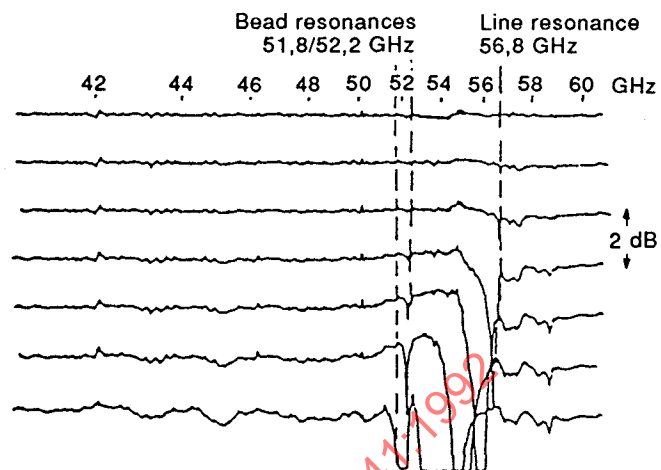


Figure 7b – 2,4 mm single bead

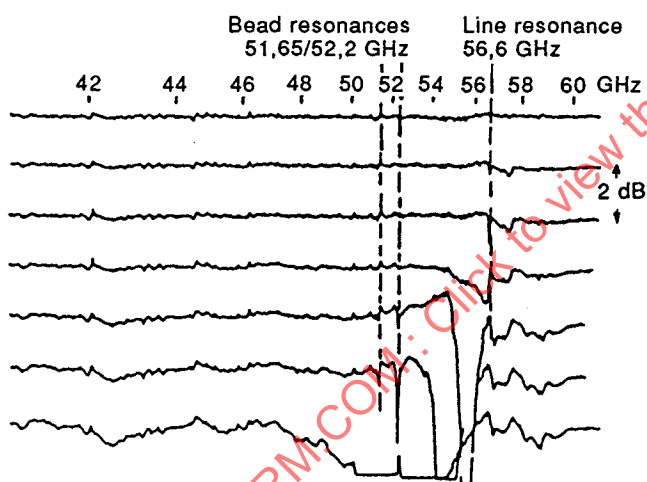


Figure 7c – 2,4 mm, two beads

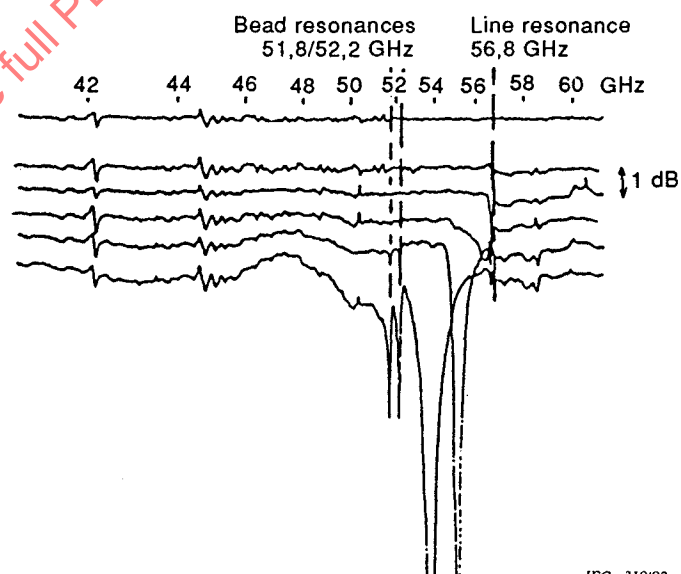


Figure 7d – 2,4 mm mated pair

Figure 7 – Resonant frequency plots in dB of a 2,4 mm air line, a 2,4 mm single dielectric bead, two dielectric beads without center contact and a regular mated connector pair. Distance "A" is 5 mm.

IEC 318/92

IEC 319/92

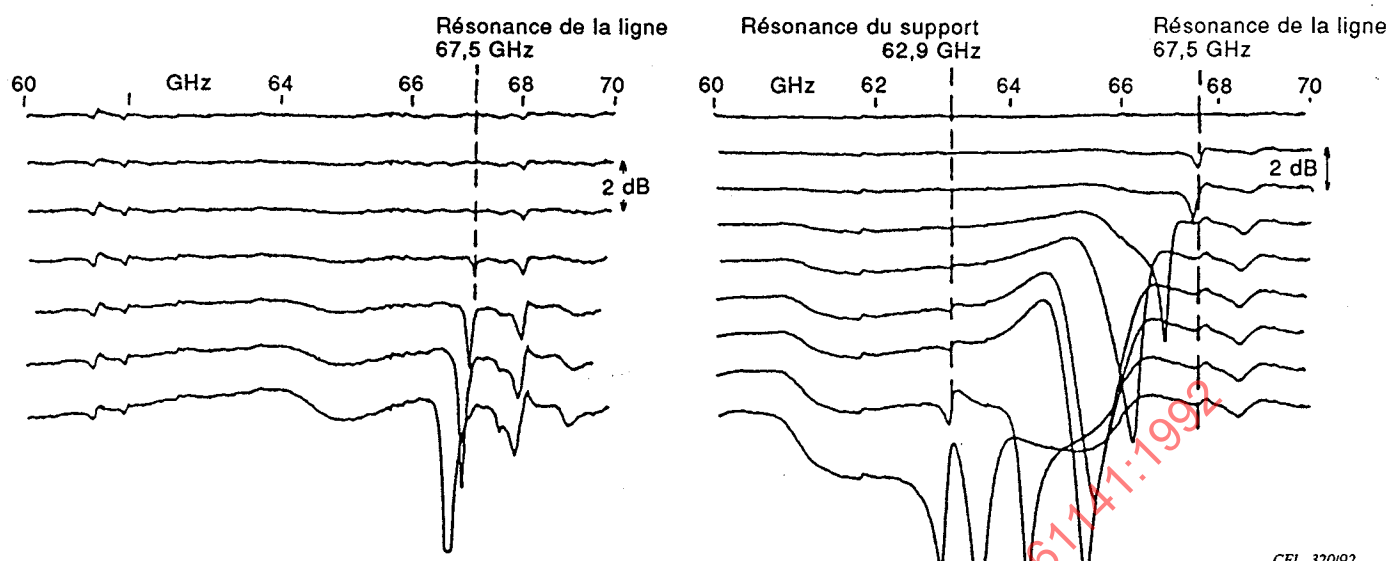


Figure 8a – Ligne à air de 2 mm

Figure 8b – Raccord de 2 mm

Figure 8 – Courbes des fréquences de résonance d'une ligne à air de 2 mm et d'un raccord femelle-femelle de 2 mm

2.2 Résumé des mesures

Les figures 4a et 4b montrent que la distance «A» entre le point d'insertion du support diélectrique et la position de la vis de réactance n'a pas d'influence sur la fréquence de résonance du support diélectrique ou de la ligne à air. La pénétration de la vis de la réactance est également proportionnelle à la distance «A».

Dans le cas des courbes des fréquences de résonance du système 2,4 mm de la figure 7, des fréquences légèrement différentes sont mesurées pour la résonance de la ligne. Cela est dû au fait que les conducteurs centraux dans chaque combinaison ont des diamètres légèrement différents.

Sur la figure 6b, on n'observe aucune résonance du support diélectrique. Ceci est dû à une conception originale du support diélectrique.

Les résonances du support diélectrique du connecteur de 2,4 mm de la figure 7 apparaissent approximativement à 52 GHz. La résonance de la ligne apparaît à 56,6 GHz.

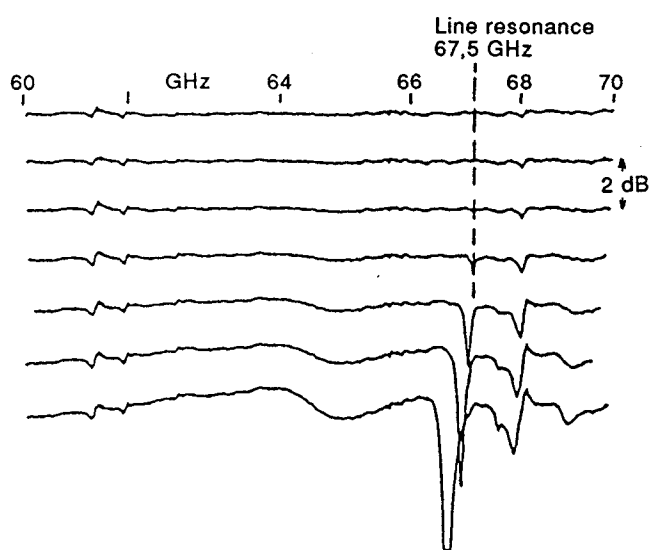


Figure 8a – 2 mm air line

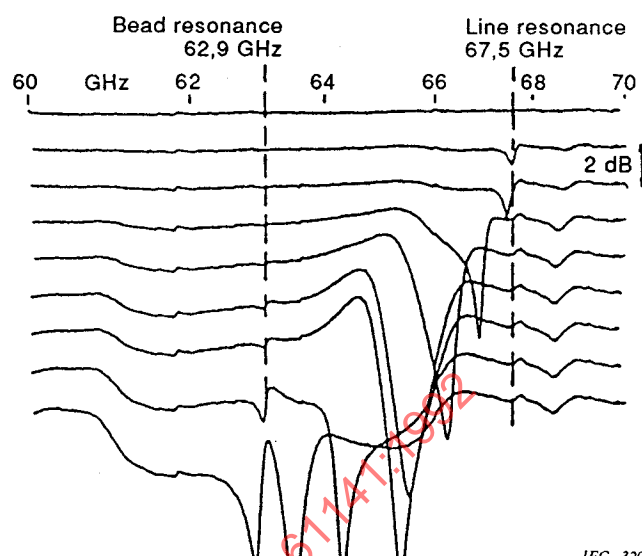


Figure 8b – 2 mm adaptor

Figure 8 – Resonant frequency plots of a 2 mm air line and a 2 mm female-female adaptor

2.2 Measurement summary

Figures 4a and 4b show that the distance "A" between the insertion point of the dielectric bead and the position of the reactance screw does not affect the resonance frequency of the dielectric bead or the air line. Also, the necessary insertion of the reactance screw is proportional to the distance "A".

In the resonance frequency plots of the 2,4 mm system in figure 7, slightly different frequencies for the line resonance are measured. This is due to the fact that the different center conductors for each combination have small differences in diameter.

In figure 6b, no bead resonance appears due to a special dielectric bead construction.

Bead resonances for the 2,4 mm connector in figure 7 occur at approximately 52 GHz. The line resonance is 56,6 GHz.

3 Technique de mesure automatique en réflexion

On décrit ci-après une technique de mesure en réflexion utilisant un analyseur automatique de réseau (ANA) pour déterminer les résonances des modes d'ordre supérieur des supports diélectriques des connecteurs et des contacts des conducteurs centraux. Cette technique donne un moyen simple pour évaluer les paires de connecteurs qui sont généralement utilisées dans les systèmes coaxiaux courants. La procédure est conçue pour trouver les résonances dans les cas pratiquement les plus défavorables (la fréquence la plus basse et à l'amplitude la plus élevée) d'une paire de connecteurs lors des essais de reproductibilité.

La fréquence supérieure limite des connecteurs coaxiaux r.f. et micro-ondes utilisant le seul mode TEM de transmission est fixée par la fréquence de résonance la plus basse des supports diélectriques du conducteur central. Ces supports diélectriques peuvent résonner en dessous ou au-dessus de la fréquence maximale d'utilisation en mode TEM de la ligne à air du connecteur. La fréquence de résonance dépend de la géométrie et de la constante diélectrique du support. L'amplitude de la résonance dépend de nombreux facteurs. Parmi ceux-ci il y a l'adaptation à l'entrée du support, la symétrie du support, la distance entre supports dans une paire de connecteurs, et l'amplitude et la distance des perturbations du champ dues aux mauvaises adaptations de la ligne de transmission près des supports. La fréquence de résonance du support diélectrique sera aussi affectée dans une moindre mesure par les mêmes facteurs.

Les résonances des supports apparaissent en transmission comme des petits puits de puissance où la puissance est transformée en mode d'ordre supérieur et dissipée. A ces fréquences, une réflexion correspondante peut-être observée. Bien qu'un résonateur ne résonne pas sans un couplage avec l'énergie qu'on y injecte, cette condition a peu de chance d'exister dans une paire de connecteurs courants. Il est intéressant de noter que, même là où elles n'ont pas encore été observées, les résonances des supports peuvent être découvertes, si l'on sait comment et où les rechercher.

3.1 Procédure de mesure

Puisque les résonances peuvent apparaître avec différentes amplitudes parfois relativement petites, un analyseur vectoriel de réseau avec une dynamique supérieure ou égale à 80 dB est nécessaire. De plus, celui-ci doit être capable de mesurer des pertes par réflexion et de les soustraire à une référence en dB conservée en mémoire. La figure 9 montre un exemple type de dispositif d'essai pour mesurer une paire de connecteurs du type N. La procédure d'essai est la suivante:

- A) Mesurer la perte par réflexion de la paire de connecteurs raccordée soit normalement soit sur une charge de $50\ \Omega$ comme montré à la figure 9. Mesurer à une fréquence suffisamment élevée pour obtenir les résonances recherchées du support diélectrique. Mettre la valeur en mémoire.
- B) Desserrer avec précaution l'interface de la paire de connecteurs sans perturber les autres connexions. Resserrer la paire de connecteurs en prenant toutes précautions pour éviter de perturber les autres interfaces de connecteurs. Afficher la valeur après soustraction des valeurs en mémoire.

3 Automatic reflection measurement technique

A reflection measurement technique that uses an automatic network analyzer (ANA) for determining the higher order mode resonances associated with connector beads and center conductor contacts is presented. This technique provides a simple means of evaluating average connector pairs that are used in regular coaxial systems. The procedure is designed to find the nearly-worst-case modes (lowest frequency and highest amplitude) in a connector pair while testing for connector repeatability.

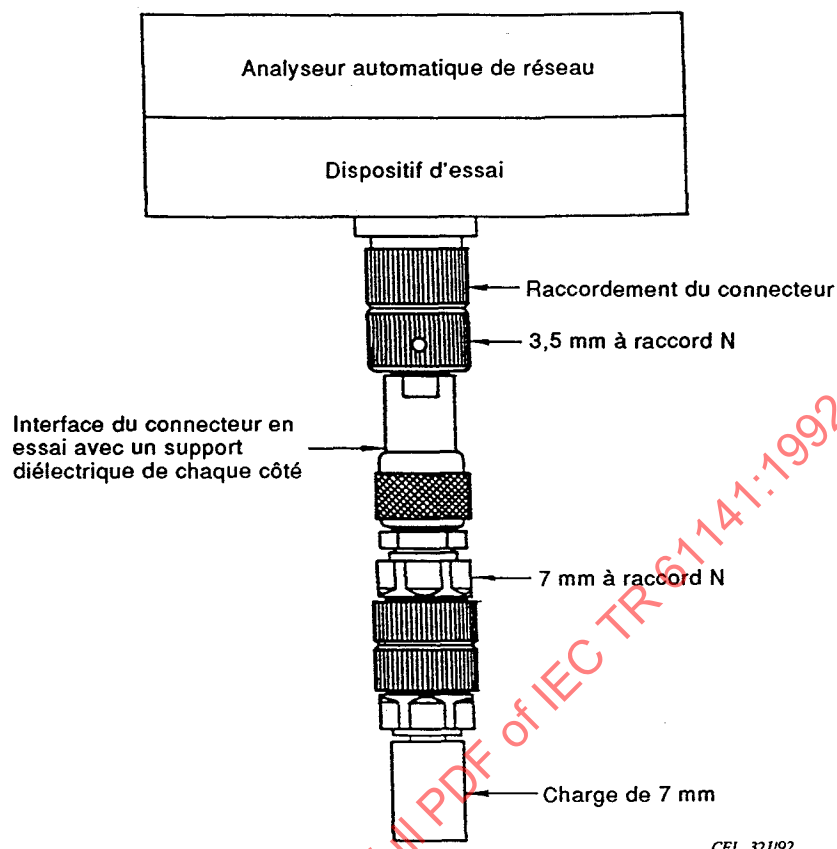
The upper frequency limit of r.f. and microwave coaxial connectors utilizing a pure TEM mode of transmission is established by the lowest resonant frequency of their dielectric center conductor support beads. These support beads have the potential to resonate below or above the TEM upper frequency limit of the air line portion of the connector. The resonant frequency depends on the geometry and dielectric constant of the bead. The magnitude of the resonance depends on many factors. Among them are the match at the face of the bead, the symmetry of the bead, the distance between beads in a connector pair, and the magnitude and distance of field disturbances such as mismatches on the transmission line near the beads. The frequency at which the bead will resonate will also be affected to a lesser extent by the same factors.

Bead resonances manifest themselves as small power holes in transmission where power is converted to higher order modes and dissipated. At these frequencies, a corresponding reflection can also be observed. Although a resonator will not resonate unless energy is coupled into it, this condition is unlikely to exist in a regular connector pair. It is interesting to note that these bead resonances can be seen even in cases where they have not been previously observed if one knows how and where to look for them.

3.1 Measurement procedure

Since resonances can occur at varying magnitudes, some quite small, a vector network analyzer with a dynamic range of more than 80 dB is needed. Moreover, it should be capable of measuring the return loss and displaying data minus memory in dB. Figure 9 shows a typical test set-up used to measure a type N connector pair. The test procedure is as follows:

- A) Measure the return loss of the connector pair as it is connected in normal use or as terminated in a 50 Ω load as shown in figure 9. Measure to a high enough frequency to include the expected bead resonances. Put the data into memory.
- B) Carefully loosen the interface between the connector pair without disturbing any other connection. Retighten the connector pair taking extreme care not to disturb any other connector interface. Display data minus memory.



CEI 321/92

Figure 9 – Dispositif utilisé pour essayer une paire de connecteurs du type N

Les pics visibles sont associés aux résonances les plus basses du support diélectrique du connecteur et de la ligne à air elle-même. Le pic de fréquence le plus bas est la résonance du support. Les pics proviennent d'une légère dérive de la fréquence et de l'amplitude absolue de la résonance présente lors des mesures effectuées aux étapes A) et B). La dérive est provoquée par un faible changement de l'interface du connecteur, ce qui modifie le couplage et l'impédance vue par le support résonant. Ainsi si les étapes A) et B) sont faites plusieurs fois, cette procédure fournit à son tour une mesure absolue de la reproductibilité des paires de connecteurs ainsi que son influence sur la résonance des supports diélectriques utilisés dans des conditions normales.

3.1.1 Résonance des supports diélectriques dans le cas le plus défavorable

Afin de trouver la résonance dans le cas le plus défavorable dans une paire de connecteurs (la plus basse fréquence) la mesure est effectuée sur une paire de connecteurs réalisée spécialement. Cela consiste à réaliser la moitié de la paire de connecteurs aux dimensions égales ou au plus près des conditions de maximum de matière permises par la norme donnée, c'est-à-dire plus grandes que le conducteur central de diamètre nominal et plus petites que le conducteur extérieur de diamètre nominal. L'autre moitié de la paire de connecteurs est réalisée aux conditions de minimum de matière permises par ces mêmes tolérances. Cette combinaison associée à un écartement maximal autorisé des contacts centraux produit une discontinuité maximale autorisée à l'interface du connecteur. Il convient de fabriquer le mécanisme de verrouillage des deux connecteurs avec le jeu maximal admissible dans les tolérances dimensionnelles données. Cette condition permet d'obtenir le mésalignement maximal possible entre les deux moitiés de connecteurs.

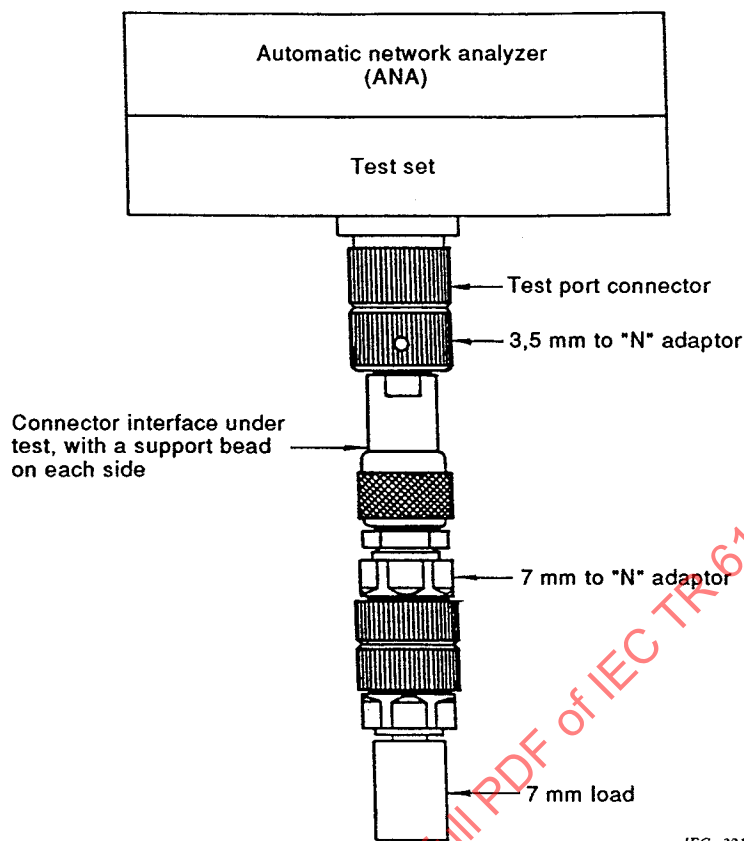


Figure 9 – Set-up used to test a type N connector pair

The visible peaks are associated with the lower resonances in the connector beads and the air line portion itself. The lowest frequency peak is the bead's resonance. The peaks result from a slight shift in frequency and absolute magnitude of the resonance present in both measurements taken in steps A) and B). The shift is caused by a small change at the connector's interface which results in a change of the coupling and impedance presented to the resonant beads. Also, if steps A) and B) are performed repeatedly, this procedure in turn provides an absolute measure of the connector pair's repeatability and the effects on the beads' resonance as used in a normal operating situation.

3.1.1 Worst-case bead resonance

To find the worst-case resonance in a connector pair (lowest frequency), a specially constructed pair of connectors is measured. This consists in constructing one-half of the connector pair to dimensions that are at or near the maximum material condition allowed by the given standard tolerances, i.e. larger than the nominal diameter inner conductor, but smaller than the nominal diameter outer conductor. The other half of the connector pair is constructed to at least the dimensions of the material condition allowed given the same dimensional tolerances. This combination with the maximum allowable center pin separation results in a maximum allowable step discontinuity at the connector interface. The coupling mechanism for both connectors should be fabricated to the loosest fit allowable within the given dimensional tolerances. This condition allows for the maximum alignment error to exist between the two connector halves. When making the measurements, several pairs of center conductor support beads should be used to ensure that

Lorsque les mesures sont effectuées, il convient d'utiliser plusieurs paires de supports diélectriques du conducteur central afin de s'assurer de trouver la résonance du support la plus défavorable. La fréquence la plus basse trouvée doit être la résonance du support obtenue dans le cas le plus défavorable pour toute paire typique de connecteurs. Il convient également de noter que la validité des résultats de mesure dépend du fait que seul l'interface du connecteur en essai est desserrée puis resserrée au couple recommandé lorsque les mesures sont effectuées. Si d'autres éléments du montage sont déplacés ou modifiés, des résultats ambigus en résulteront.

3.2 Résultats des mesures

Les figures 10 à 15 sont des courbes d'écart d'affaiblissement inverse par rapport à la courbe normale en fonction de la fréquence qui montrent des résonances des supports diélectriques (indiqués avec le marqueur 1) lors de mesures effectuées sur des paires de connecteurs typiques de 7 mm, type N (*), 3,5 mm (*), 2,4 (*), 2,9 mm et SMA en utilisant la technique de la mesure en réflexion. L'astérisque (*) signifie que les mesures sont relevées pour des connecteurs ayant des contacts centraux femelles aussi bien avec fentes que sans fentes.

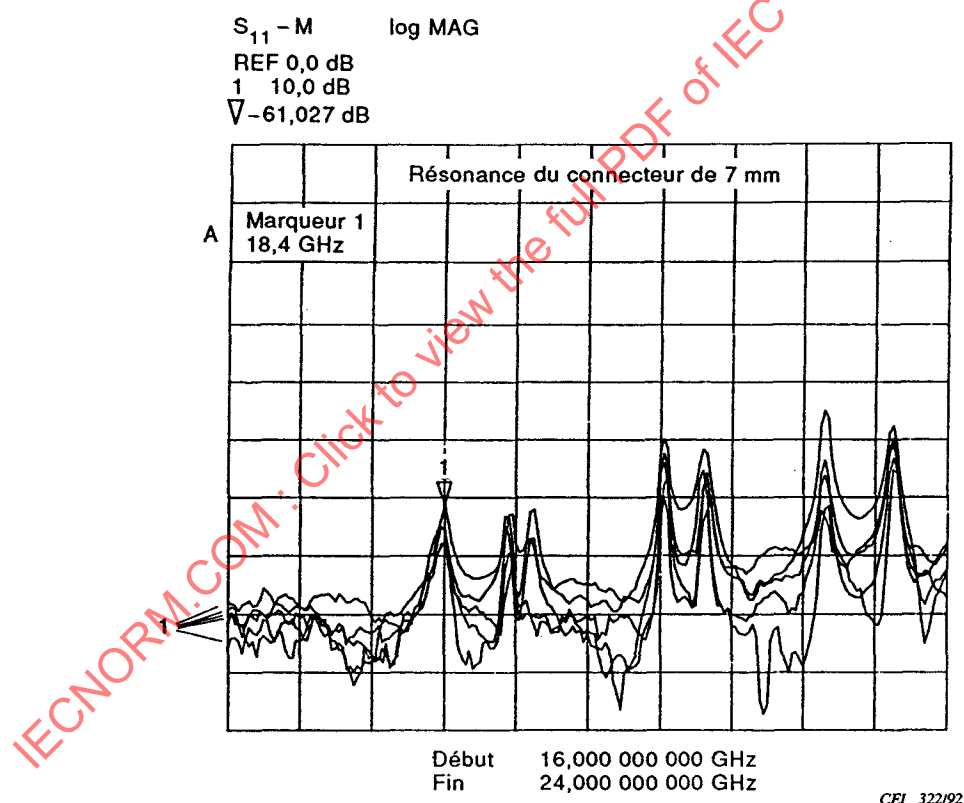


Figure 10 – Courbes de fréquences de résonance en dB d'une paire de connecteurs 7 mm

the worst-case bead resonance is found. The lowest frequency resonance that is found should be the worst-case bead resonance to be found in any typical connector pair. Also, it should be noted that the validity of the test results depends upon the condition that only the connector interface under test is loosened and retightened to the recommended torque when taking the measurements. If other parts of the structure are disturbed or moved, ambiguous data will result.

3.2 Measurement results

Figures 10 to 15 are plots of return loss deviations from a standard plot as a function of frequency that show the bead resonances (indicated as marker 1) for measurements taken on typical connector pairs of 7 mm, type N (*), 3,5 mm (*), 2,4 mm (*), 2,9 mm, and SMA coaxial connectors using the reflection measurement technique. The (*) denotes that measurements are taken for connectors having both slotted and slotless female center conductor contacts.

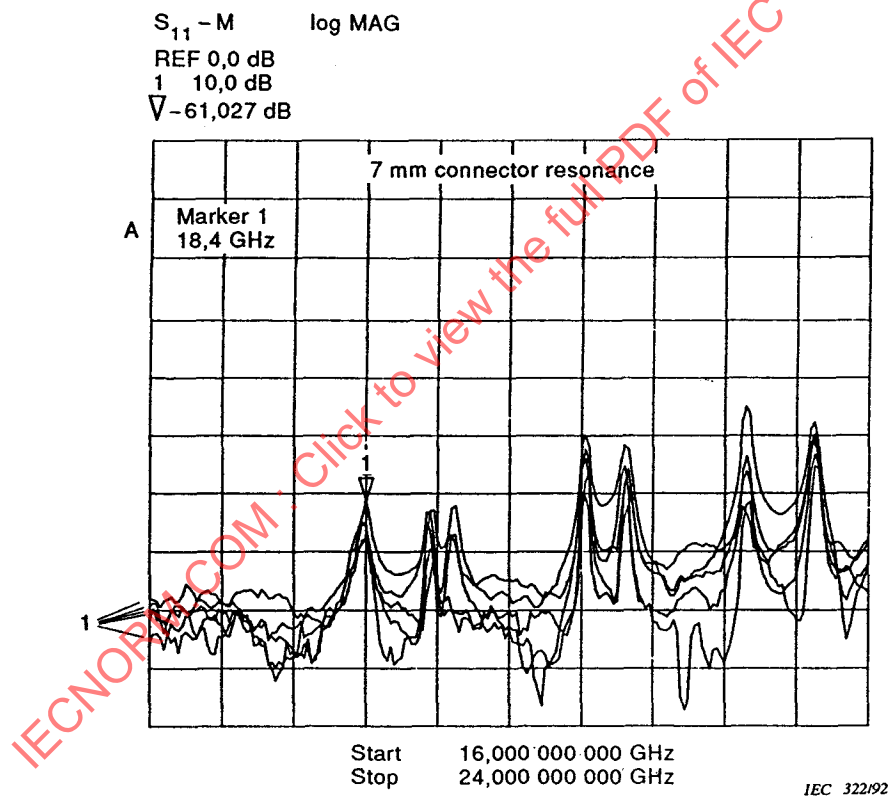


Figure 10 – Resonant frequency plots in dB of a 7 mm connector pair

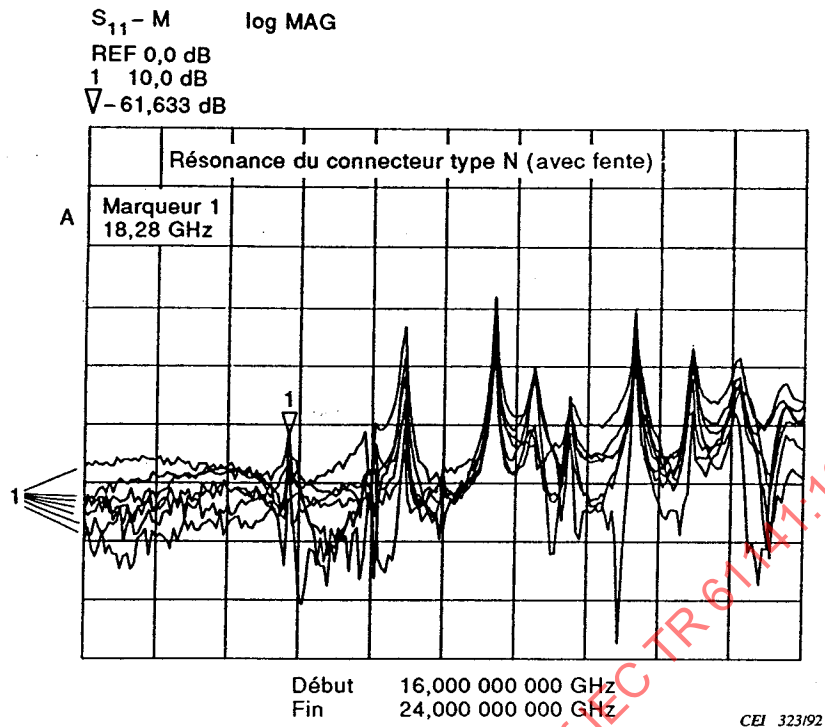


Figure 11a – Paire de connecteurs type N avec contact central fendu

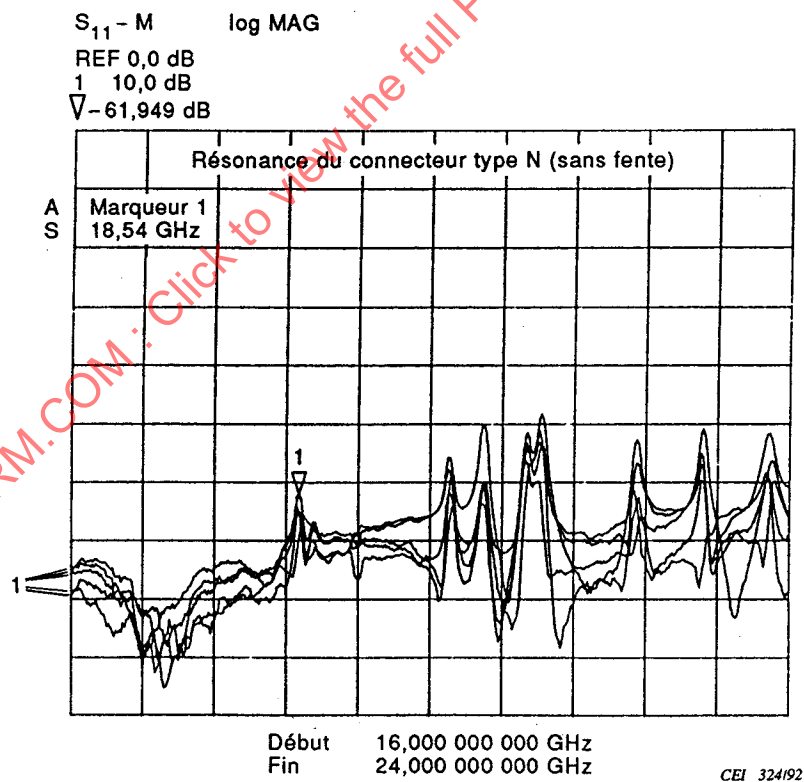


Figure 11b – Paire de connecteurs type N avec contact central non fendu

Figure 11 – Courbes des fréquences en dB pour paires de connecteurs type N avec contacts centraux fendus et non fendus

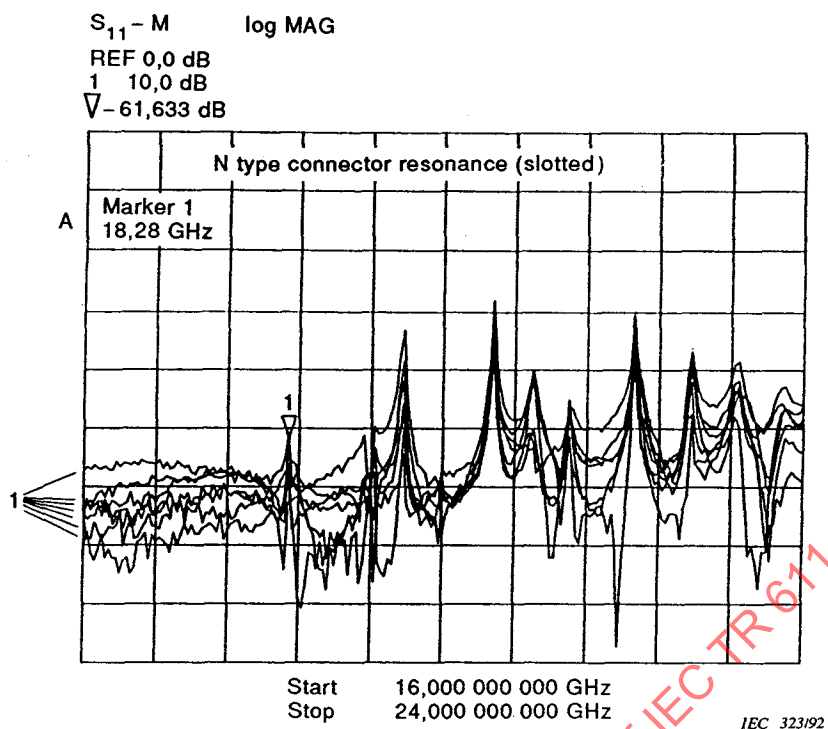


Figure 11a – Type N connector pair with slotted center contact

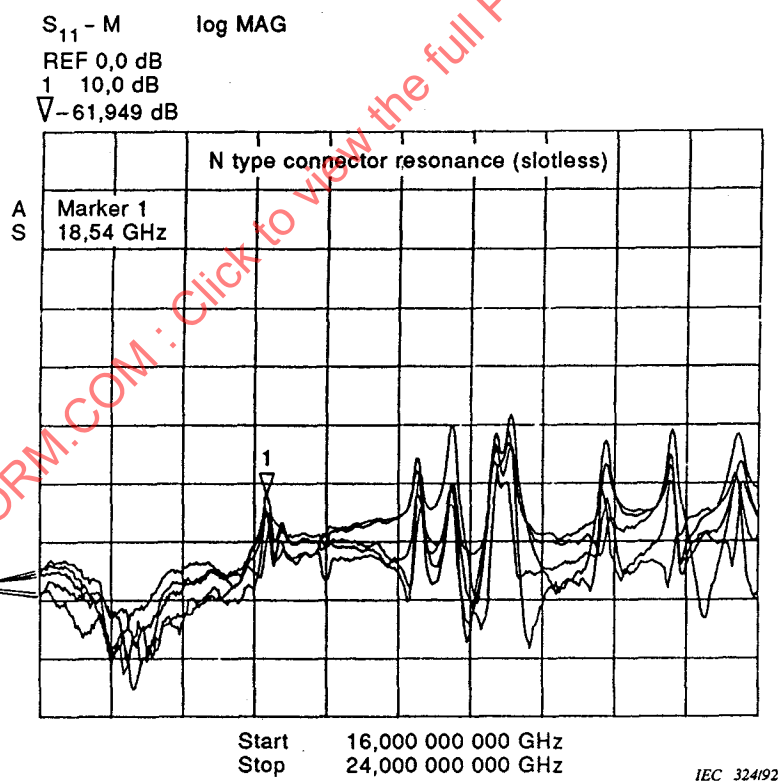


Figure 11b – Type N connector pair with slotless center contact

Figure 11 – Resonant frequency plots in dB of type N connector pairs with slotted and slotless center conductor contacts

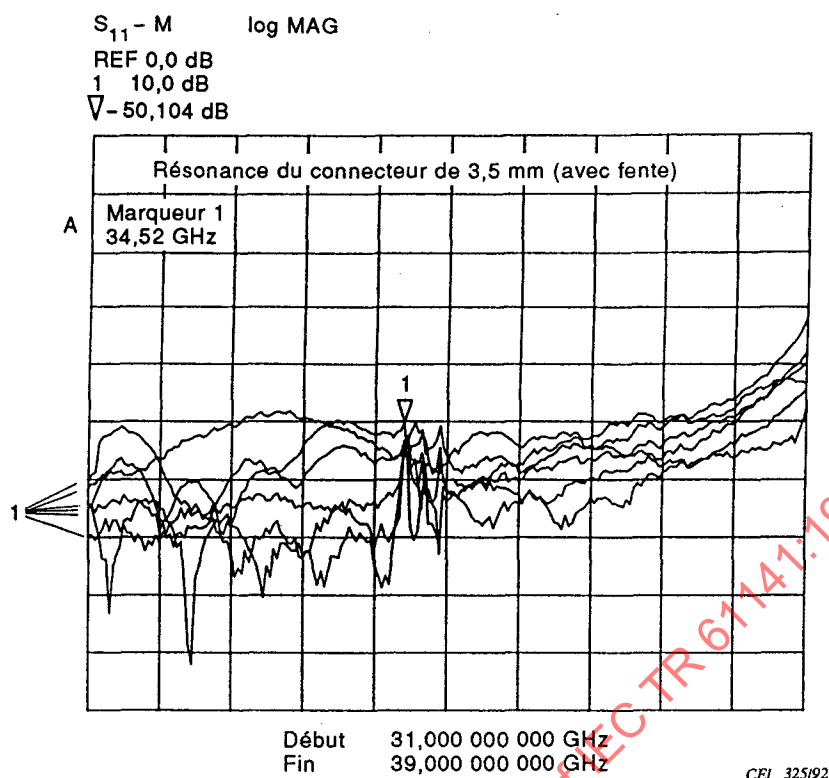


Figure 12a – Paire de connecteurs de 3,5 mm avec contact central fendu

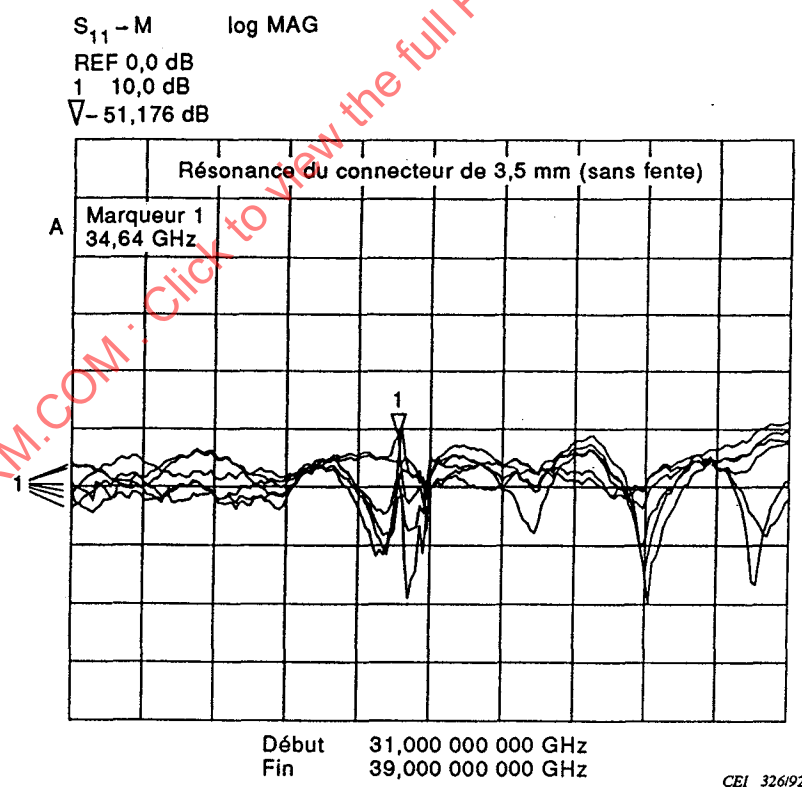


Figure 12b – Paire de connecteurs de 3,5 mm avec contact central non fendu

Figure 12 – Courbes des fréquences de résonance en dB de paires de connecteurs de 3,5 mm avec contacts centraux fendus et non fendus

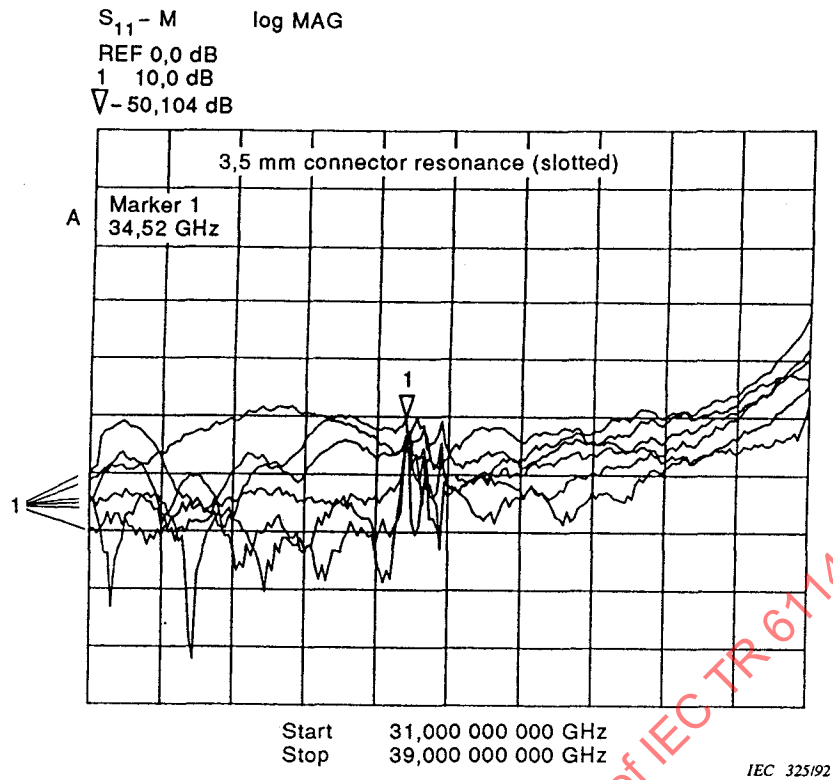


Figure 12a – 3,5 mm connector pair with slotted center contact

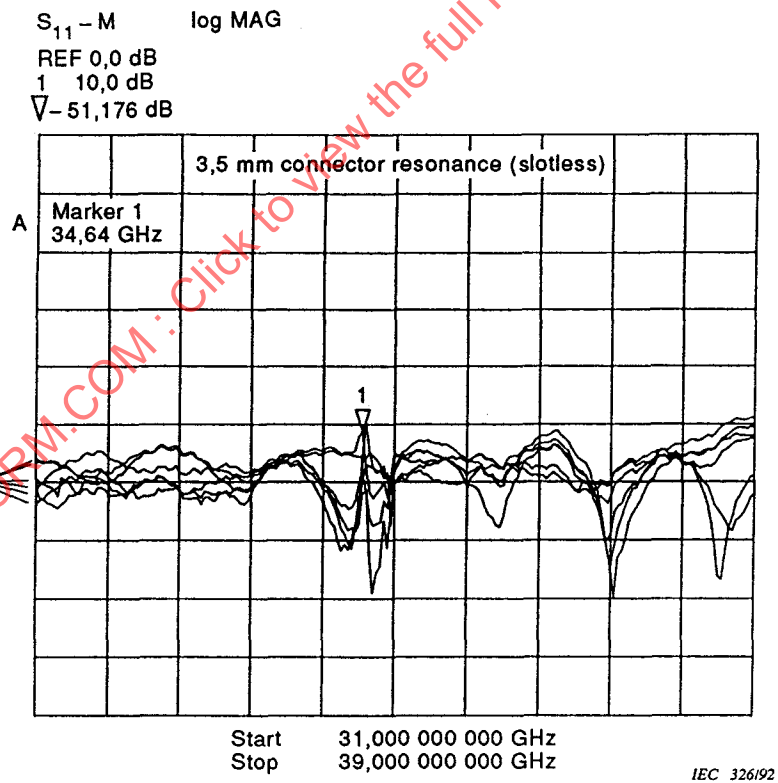


Figure 12b – 3,5 mm connector pair with slotless center contact

Figure 12 – Resonant frequency plots in dB of 3,5 mm connector pairs with slotted and slotless center conductor contacts

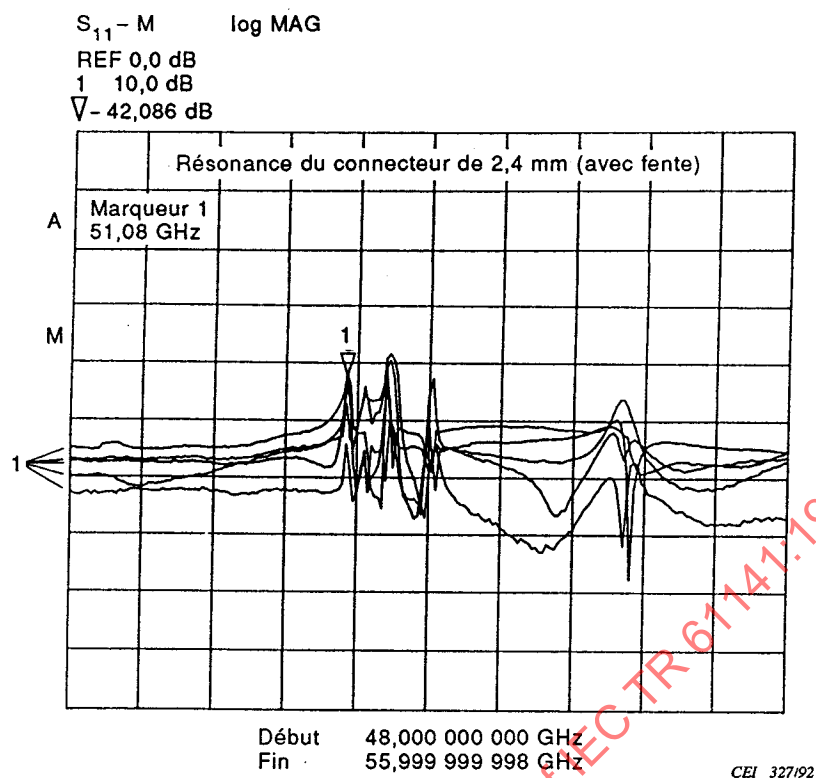


Figure 13a – Paire de connecteurs de 2,4 mm avec contact central fendu

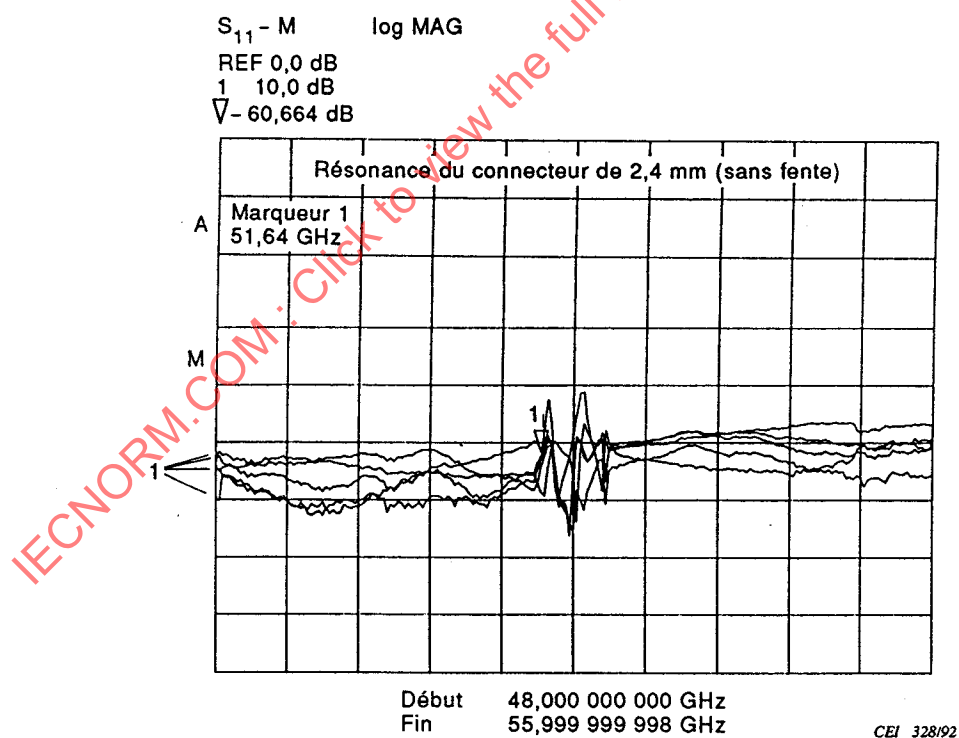


Figure 13b – Paire de connecteurs de 2,4 mm avec contact central non fendu

Figure 13 – Courbes des fréquences de résonance en dB de paires de connecteurs de 2,4 mm avec contacts centraux fendus et non fendus