

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency,
electromagnetic field immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs
électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**Electromagnetic compatibility (EMC) –
Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency,
electromagnetic field immunity test**

**Compatibilité électromagnétique (CEM) –
Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs
électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

FOREWORD

This amendment has been prepared by subcommittee 77B: High frequency phenomena of IEC technical committee 77: Electromagnetic compatibility.

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

FDIS	Report on voting
77B/546/FDIS	77B/556/RVD

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site 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.

Page 3

CONTENTS

Add, to the existing list of annexes, the following new title:

Annex I (informative) Calibration method for E-field probes

Page 25

Add, at the end of the sixth dashed item (beginning with "– An isotropic field sensor"), the following new sentence:

Annex I provides a calibration method for E-field probes.

Page 111

Add the following new annex:

Annex I (informative)

Calibration method for E-field probes

I.1 Overview

E-field probes with broad frequency range and large dynamic response are extensively used in the field uniformity calibration procedures in accordance with IEC 61000-4-3. Among other aspects, the quality of the field probe calibration directly impacts the uncertainty budget of a radiated immunity test.

Generally, probes are subject to relatively low field strengths, e.g. 1 V/m – 30 V/m, during the field uniformity calibration in accordance with IEC 61000-4-3. Therefore a calibration of the E-field probes used within IEC 61000-4-3 shall take the intended frequency and dynamic ranges into consideration.

Currently probe calibration results may show differences when the probe is calibrated in different calibration laboratories. Therefore the environment and method for a field probe calibration are to be specified. This annex provides relevant information on calibration of probes to be used in IEC 61000-4-3.

For frequencies above the several hundred megahertz to gigahertz range, using standard gain horn antennas to establish a standard field inside an anechoic chamber is one of the most widely used methods for calibrating probes for IEC 61000-4-3 applications. However, there is a lack of an established method for validating the test environment for field probe calibrations.

In using this method differences have been observed between calibration laboratories, beyond their reported measurement uncertainties.

Field probe calibrations in the 80 MHz to a few hundred megahertz range that are usually carried out in TEM waveguides are generally found to be more reproducible.

This informative annex therefore concentrates on improving the probe calibration procedures with horn antennas in anechoic chambers to which a comprehensive calibration procedure is depicted.

I.2 Probe calibration requirements

I.2.1 General

The calibration of E-Field probes intended to be used for UFA calibration procedure as defined in IEC 61000-4-3 shall satisfy the following requirements.

I.2.2 Calibration frequency range

The frequency range shall normally cover 80 MHz to 6 GHz but it may be limited to the frequency range required by the tests.

I.2.3 Frequency steps

To be able to compare test results between different calibration laboratories, it is necessary to use fixed frequencies for the calibration.

80 MHz to 1 GHz:

Use the following frequencies for the calibration of E-field probes (typically 50 MHz step width)

80, 100, 150, 200,..., 950, 1 000 MHz

1 GHz to 6 GHz:

Use the following frequencies for the calibration of E-field probes (200 MHz step width)

1 000, 1 200, 1 400,..., 5 800, 6 000 MHz

NOTE It is not intended to measure a probe at 1 GHz twice, but in case it is used up to or from 1 GHz, the probe needs to be measured at that frequency.

I.2.4 Field strength

The field strength at which a probe is calibrated should be based on the field strength required for the immunity test. As the preferred method for uniformity field calibration is carried out at field strength of at least 1,8 times the field strength to be applied to the EUT, it is recommended that the probe calibration be carried out at twice the intended test field strength (see Table I.1). If a probe is to be used at different field levels, it has to be calibrated at multiple levels according to its linearity, at least the minimum and maximum levels. See also I.3.2.

NOTE 1 This also covers the 1 dB compression requirement of the power amplifier.

NOTE 2 The calibration is performed using CW signals without modulation.

Table I.1 – Calibration field strength level

Calibration level	Calibration field strength
1	2 V/m
2	6 V/m
3	20 V/m
4	60 V/m
X	Y V/m
NOTE X,Y is an open calibration level which can be higher or lower than one of the other levels 1-4. This level may be given in the product specification or test laboratory.	

I.3 Requirements for calibration instrumentation

I.3.1 Harmonics and spurious signals

Any harmonics or spurious signals from the power amplifiers shall be at least 20 dB below the level at the carrier frequency. This is required for all field strength levels used during calibration and linearity check. Since the harmonic content of power amplifiers is usually worse at higher power levels, the harmonic measurement may be performed only at the highest calibration field strength. The harmonic measurement can be performed using a calibrated spectrum analyzer which is connected to the amplifier output through an attenuator, or through a directional coupler.

NOTE 1 The antenna may have additional influence on harmonic content and may need to be checked separately.

Calibration laboratories shall perform a measurement to validate that the harmonic and/or spurious signals from the amplifier satisfy the requirements for all measurement setups. This

may be done by connecting a spectrum analyzer to Port 3 of the directional coupler (replacing the power meter sensor with the spectrum analyzer input – see Figure I.2).

NOTE 2 It should be assured that the power level does not exceed the maximum allowable input power of the spectrum analyzer. An attenuator may be used.

The frequency span shall cover at least the third harmonic of the intended frequency. The validation measurement shall be performed at the power level that will generate the highest intended field strength.

Harmonic suppression filters may be used to improve the spectrum purity of the power amplifier(s) (see Annex D).

I.3.2 Linearity check for probe

The linearity of the probe which is used for the chamber validation according to I.4.2.5 shall be within $\pm 0,5$ dB from an ideal linear response in the required dynamic range (see Figure I.1). Linearity shall be confirmed for all intended range settings if the probe has multiple ranges or gain settings.

In general probe linearity does not change significantly with frequency. Linearity checking can be performed at a spot frequency that is close to the central region of the intended use of frequency range, and where the probe response versus frequency is relatively flat. The selected spot frequency is to be documented in the calibration certificate.

The field strength for which the linearity of the probe is measured should be within -6 dB to $+6$ dB of the field strength which is used during the validation of the chamber, with a sufficiently small step size, e.g. 1 dB. Table I.2 shows an example of the field strength levels to be checked for a 20 V/m application.

Table I.2 – Example for the probe linearity check

Signal level	Calibration field strength
dB	V/m
-6,0	13,2
-5,0	14,4
-4,0	14,8
-3,0	15,2
-2,0	16,3
-1,0	18,0
0	20,0
1,0	22,2
2,0	24,7
3,0	27,4
4,0	30,5
5,0	34,0
6,0	38,0

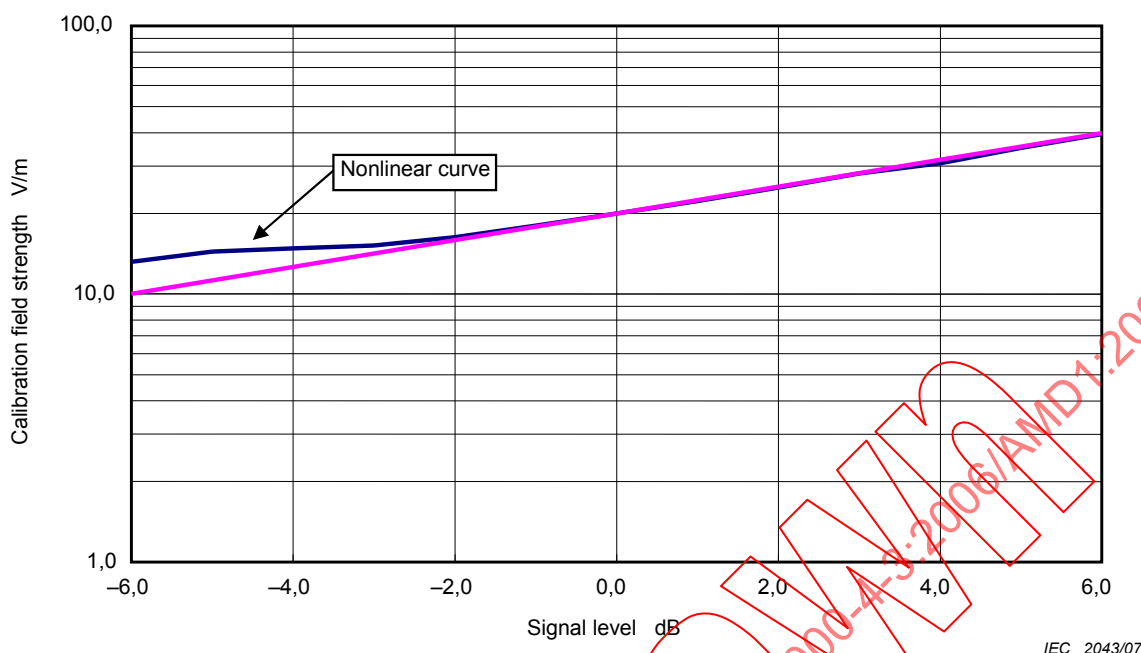


Figure I.1 – Example of linearity for probe

I.3.3 Determination of the gain of the standard horn antennas

Far field gain of the standard pyramidal horn antennas can be determined fairly accurately (less than 0,1 dB of uncertainties have been reported in [1]¹). The far-field gain is typically valid for distances greater than $8D^2 / \lambda$ (where D is the largest dimension of the horn aperture, and λ is the wavelength). Calibrations of field probes at such distances may not be practical due to the large anechoic chamber and high power amplifiers required. Field probes are typically calibrated in the near field region of the transmitting antennas. The near-field gain of standard gain horn antennas have been determined by using equations such as those described in [2]. The gain is computed based on the physical dimensions of a standard pyramidal horn, and by assuming a quadratic phase distribution at the horn aperture. The gain determined in this manner is inadequate for use in performing the chamber VSWR test and subsequent probe calibrations.

The equations (as given in [2]) were derived using aperture integration, by assuming that no reflection occurs at the aperture of the horn and that the field incident on the aperture is a TE_{10} mode, but with a quadratic phase distribution across the aperture. Some approximations were applied during the integration to obtain the close form result. Other effects such as multiple reflections from the horn edge, and higher order modes at the aperture are not accounted for. Depending on the frequency and horn design, the error is generally in the order of $\pm 0,5$ dB, but can be larger.

For better accuracy, a numerical method using full wave integration can be used. For example, the uncertainties in the gain calculation by a numerical method can be reduced to less than 5 % [3].

The gain of a horn antenna can also be determined experimentally. For example, the gain can be determined at reduced distances with a three-antenna method by an extrapolation technique, such as that described in [4], or some variations of the method.

¹) Figures in square brackets refer to the reference documents in Clause I.6.

It is recommended that the distance between the horn antenna and the probe under test be at least $0,5D^2 / \lambda$ during the calibration. Large uncertainties in determining gains can result from a closer distance. The standing waves between the antenna and the probe can also be large for closer distances, which again would result in large measurement uncertainties in the calibration.

I.4 Field probe calibration in anechoic chambers

I.4.1 Calibration environments

The probe calibration should be performed in a fully anechoic room (FAR) or in a semi-anechoic chamber with absorbers on the ground plane which satisfies the requirement of I.4.2.

When a FAR is used, the recommended minimum size of the FAR internal working volume for performing the probe calibration is 5 m (D) × 3 m (W) × 3 m (H).

NOTE 1 For frequencies above several hundred MHz, using standard gain horn antennas to establish a standard field inside an anechoic chamber is one of the most widely used methods for calibrating field probes for IEC 61000-4-3 applications. At lower frequencies, such as 80 MHz to several hundred MHz, the use of an anechoic chamber may not be practical. So the field probe may be calibrated in other facilities also used for immunity tests against electromagnetic fields. Therefore, TEM waveguides etc. are included in this annex as alternative calibration environments for these lower frequencies.

The system and the environment used for probe calibration shall meet the following requirements.

NOTE 2 Alternatively, the electric field can be established using a transfer probe (see I.5.4).

I.4.2 Validation of anechoic chambers for field probe calibration

The probe calibration measurements assume a free space environment. A chamber VSWR test using a field probe shall be performed to determine whether it is acceptable for subsequent probe or sensor calibration. The validation method characterizes the performance of the chamber and absorbing material.

Each probe has a specific volume and physical size, for example the battery case and/or the circuit board. In other calibration procedures, a spherical quiet zone is guaranteed in the calibration volume. The specific requirements of this annex concentrate on a VSWR test for test points located at the antenna beam axes.

Test fixtures and their influences (such as the fixtures to hold the probe, which may be exposed to electromagnetic fields and interfere with the calibration) cannot be entirely evaluated. A separate test is required to validate the influences of the fixtures.

I.4.2.1 Measuring net power to a transmitting device using directional couplers

Net power delivered to a transmitting device can be measured with a 4-port bi-directional coupler, or two 3-port single directional couplers connected back-to-back (forming the so-called "dual directional coupler"). A common setup using a bi-directional coupler to measure the net power to a transmitting device is shown in Figure I.2.

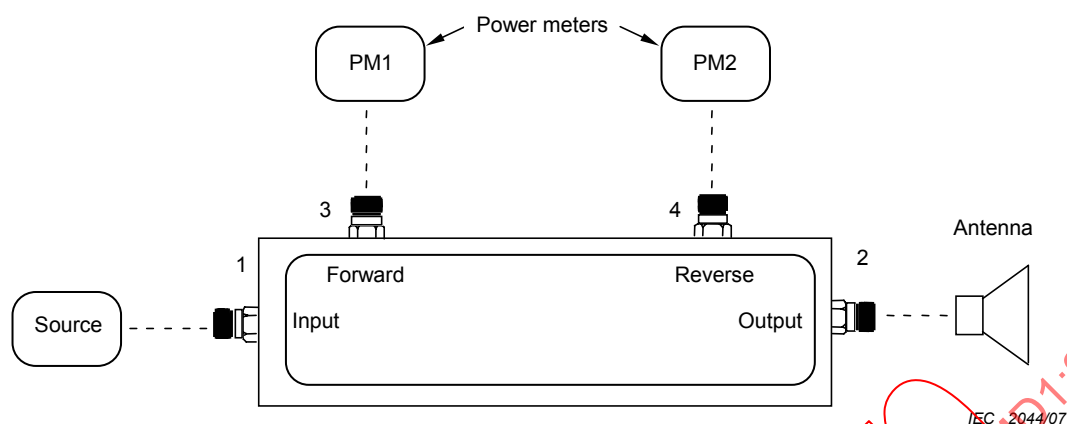


Figure I.2 – Setup for measuring net power to a transmitting device

The forward coupling, reverse coupling and transmission coupling are defined as the following equations in case where each port is connected with a matched load and a matched source:

$$C_{\text{fwd}} = \frac{P_3}{P_1},$$

$$C_{\text{rev}} = \frac{P_4}{P_2},$$

$$C_{\text{trans}} = \frac{P_2}{P_1},$$

where P_1 , P_2 , P_3 , P_4 are the respective powers at each port of the directional coupler.

The net power delivered to the transmitting device is then:

$$P_{\text{net}} = \frac{C_{\text{trans}}}{C_{\text{fwd}}} PM_1 - \frac{PM_2}{C_{\text{rev}}},$$

where PM_1 and PM_2 are the power meter readings in linear units.

Where the VSWR of the antenna is known, then a single three-port coupler can be used. For example, when the antenna has a VSWR of 1,5 this is equivalent to a voltage reflection coefficient (VRC) of 0,2.

The accuracy is affected by the directivity of the coupler. The directivity is a measure of the coupler's ability to isolate the forward and the reverse signals. For a well-matched transmitting device, the reverse power is much smaller than the forward power. The effect of the directivity is therefore less important than in a reflectivity application. For example, when the transmitting antenna has a VSWR of 1,5 and the coupler has a directivity of 20 dB, the absolute maximum uncertainty in the net power due to the finite directivity is 0,22 dB – 0,18 dB = 0,04 dB with a U-shaped distribution (where the 0,22 dB is the loss of the apparent incident power due to VSWR of 1,5).

The net power delivered to the transmitting device is then:

$$P_{\text{net}} = C_{\text{fwd}} PM_1 (1 - VRC^2)$$

I.4.2.2 Establishing a standard field using horn antennas

The gain of the horn antenna is determined by the methods described in I.3.3. The on-axis electric field (in V/m) is determined by

$$E = \sqrt{\frac{\eta_0 P_{\text{net}} g}{4\pi}} \frac{1}{d},$$

where $\eta_0 = 377 \Omega$ for free space, P_{net} (in W) is the net power determined by the method described in I.4.2.1, g is the numeric gain of the antenna determined by I.3.3 and d (in m) is the distance from the antenna aperture.

I.4.2.3 Chamber validation test frequency range and frequency steps

The chamber VSWR test shall cover the frequency range for which the calibration of the probe is intended, and use the same frequency steps as given in I.2.3.

VSWR tests shall be carried out in the chamber at the lowest and highest frequencies of operation of each antenna. Where narrow band absorbers are used, e.g. ferrites, more frequency points may need to be measured. The chamber should be used for probe calibration only in the frequency range where it meets the VSWR criteria.

I.4.2.4 Chamber validation procedure

The chamber used for the probe calibration shall be verified by the following procedure, except in cases where the physical conditions of the chamber do not allow it to be used. In such cases the alternative method of I.4.2.7 can be applied.

The probe shall be located at the measurement position using a support material with a low permittivity (e.g. styrene foam) in accordance with Figure I.3 and Figure I.4.

A field probe is placed at the location where it will be used for calibration. Its polarization and position along the boresight of the transmitting horn antenna will be varied to determine the chamber VSWR. The transmit antenna shall be the same for both the chamber VSWR test and the probe calibration.

The arrangements of the standard gain horn antenna and the probe inside the chamber are shown in Figure I.3. The probe and the horn antenna shall be set on the same horizontal axis with a separation distance L measured from the front face of the antenna to the centre of the probe.

In every case the field probe shall be laterally positioned in the centre of the horn antenna face.

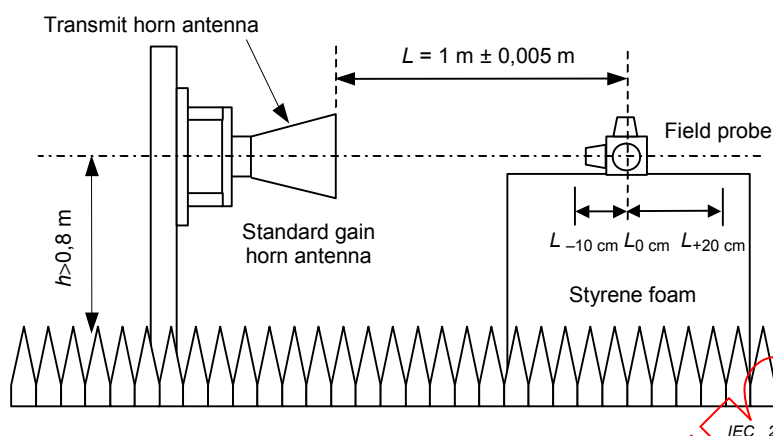


Figure I.3 – Test setup for chamber validation test

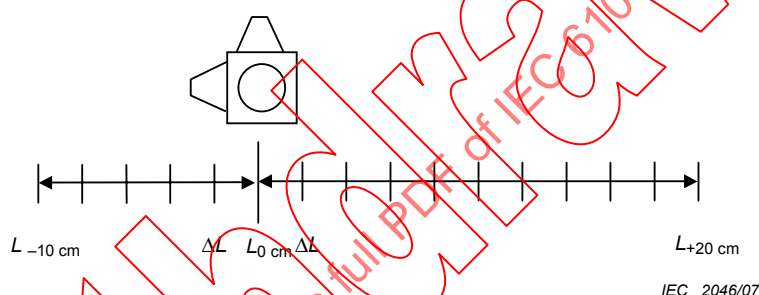


Figure I.4 – Detail for measurement position ΔL

The setup is illustrated in Figure I.3 and Figure I.4, where $L_{-10\text{ cm}}$ to $L_{+20\text{ cm}}$ is the probe calibration distance, measured from the face of the horn antenna to the centre of the field probe. $L_0\text{ cm}$ is defined as position 0.

The positions will be $L_{-10\text{ cm}}$, $L_{-8\text{ cm}}$, $L_{-6\text{ cm}}$, ..., L_0 , $L_{+2\text{ cm}}$, $L_{+4\text{ cm}}$, ..., $L_{+20\text{ cm}}$, $\Delta L = 2\text{ cm}$.

If the probe is placed in the near field of the transmitting horn antenna (distance $< 2 D^2/\lambda$, where D is the largest dimension of the antenna and λ is the free space wavelength), the gain of the transmitting antenna is not constant, and may need to be determined for each position.

A constant power creating certain field strength (e.g. 20 V/m) at 1 m distance is applied for all probe positions. With the transmit antenna and field probe both vertically polarized, the probe readings for all positions at all frequencies are recorded. The test is repeated with antenna and probe horizontally polarized.

All the readings shall satisfy the requirement shown in I.4.2.5.

I.4.2.5 VSWR acceptance criteria

VSWR measurement results shall be compared by using the following procedure. For the calculation of the field strength, refer to I.4.2.2.

a) Calculation of the field strength

The electrical field strength in the spatial area between the distances 90 cm and 120 cm is calculated in 2 cm steps for each frequency.

This calculation is based on the E-field strength of a 1 m distance used for verification.

b) Data adjustment

Data is adjusted with the following process because the probe used for the VSWR measurement may not deliver a reading equal to the calculated field strength.

- E-field strength indication value of the probe at a 1 m distance shall be adjusted to the 1 m position of the calculation. The obtained difference between probe indications and calculated strength is used as the correction value k for all the data at 90 cm and 120 cm.

For example: comparison between probe measurement value V_{mv} (e.g. 21 V/m) and calculated value V_{cv} (e.g. 20 V/m) at 1 m distance. In this case the correction value k is $V_{cv} - V_{mv} = -1$ V/m.

- The correction value k shall be added to the data that is observed at 90 cm to 120 cm measurement positions.
- The same calculation shall be applied to all measurement values of all measured frequencies. In the case of the above example, $k = -1$ V/m. Therefore $k = -1$ is added to all probe measurement value data.

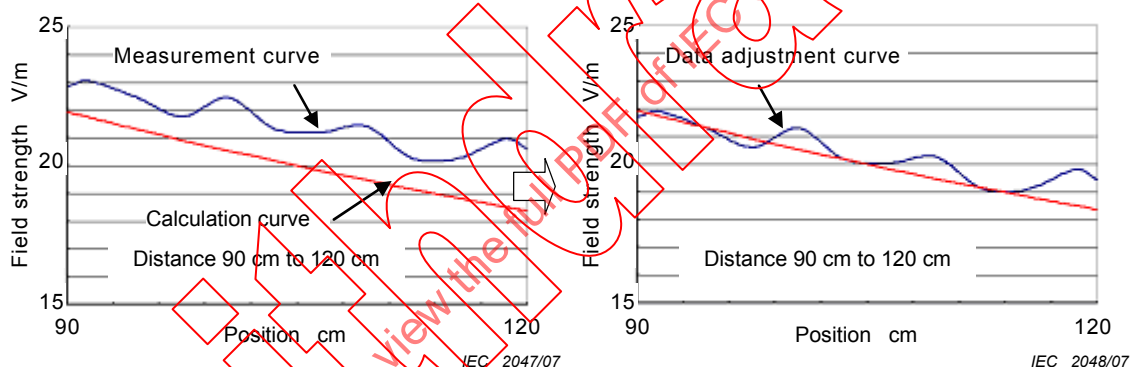


Figure I.5 – Example of data adjustment

c) Comparison of measurement data and calculation data

When the data difference in calculation curve and measurement curve exceeds $\pm 0,5$ dB in any measurement position, the chamber shall not be used for probe calibration.

NOTE The 0,5 dB criterion is established according to the measurement uncertainty budget and has been verified in several existing chambers that are suitable for calibration of field probes (including at least one national measurement institute calibration facility). It is anyhow only one contributor to the overall uncertainty.

Some field probes have a metal box or a pole such as the battery or a circuit. These units may cause reflection errors at certain distances and frequencies. When these probes are used, the influence of the reflection shall be minimized e.g. by rotating the probe or changing its orientation.

I.4.2.6 Probe fixture validation

The probe fixture may cause reflections of electromagnetic fields during the probe calibration. Therefore, the influence of the fixture on the calibration results shall be checked in advance.

The procedure defined in this clause shall be performed for any new probe fixtures to be used.

Procedure:

- a) Place the probe on a reference support made of a material with a relative permittivity of less than 1,2 and a dielectric loss tangent less than 0,005. The location of the probe shall be the same as for the calibration setup. The reference fixture should be as small as possible. Any other supporting structures shall be as non-intrusive as possible, and at least 50 cm away from the probe. Support structures in front (between the antenna and the probe) or behind the probe should be avoided.
- b) Generate a standard field that is within the dynamic range of the probe at the calibration position.
- c) Record the probe reading for all calibration frequency points. Rotate or re-position the probe as necessary for all calibration geometries (for three-axis isotropic field probes, each axis may need to be aligned separately), and repeat steps 1 and 2. Record probe readings for all orientations.
- d) Remove the reference fixture and replace it with the calibration fixture to be qualified. Repeat steps 2, and 3.
- e) Compare results from steps 3 and 4. The difference between the readings with the two fixtures for the same probe orientation shall be less than $\pm 0,5$ dB.

I.4.2.7 Alternative chamber validation procedure

This alternative chamber validation procedure is applicable when the validation procedure of I.4.2.4 cannot be applied.

A field probe is placed at the location where it will be used for calibration. Its polarization and position along the boresight of the transmitting horn antenna will be varied to determine the chamber VSWR. The transmit antenna shall be the same for both the chamber VSWR test and the probe calibration.

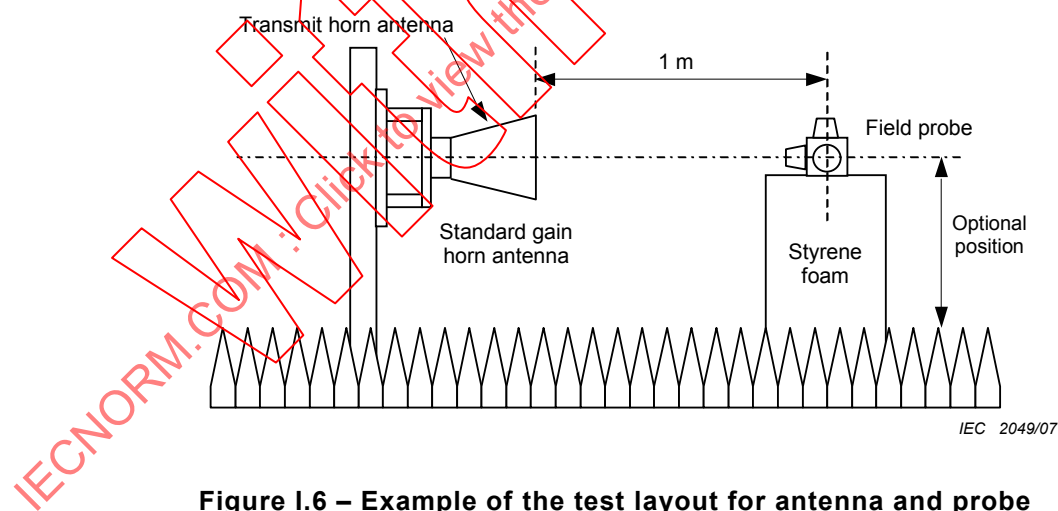


Figure I.6 – Example of the test layout for antenna and probe

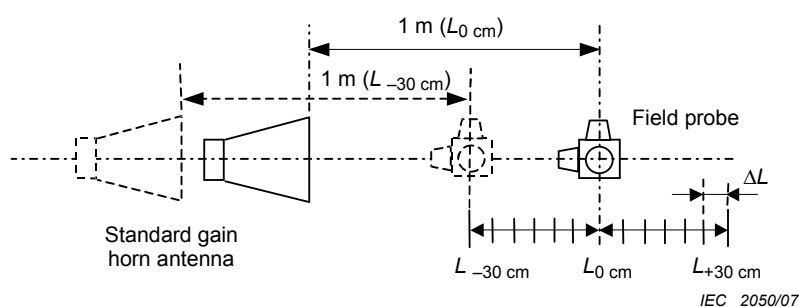


Figure I.7 – Test setup for chamber validation test

The setup is illustrated in Figures I.6 and I.7, where the probe calibration distance, measured from the face of the horn antenna to the centre of the field probe is maintained at a fixed distance, i.e. 1 m.

It is desirable to use material with low permittivity for the probe fixture to avoid influences on the measurement. The fixture used for probe calibration shall be evaluated separately (see I.4.2.6).

The positions will be $L - 30$ cm, $L - 25$ cm, $L - 20$ cm, ..., L_0 , $L + 5$ cm, $L + 10$ cm, ..., $L + 30$ cm, ΔL is 5 cm.

A constant field, e.g. 20 V/m, is generated for all positions. The generated field strength needs to be within the dynamic range of the field probe. With the transmit antenna and field probe both vertically polarized: record the probe reading for all positions at all frequencies. Repeat the test with the antenna and probe horizontally polarized.

At each frequency, there will be 26 independent probe readings (13 positions, and two polarizations). The maximum spread of the readings at each frequency shall be less than $\pm 0,5$ dB.

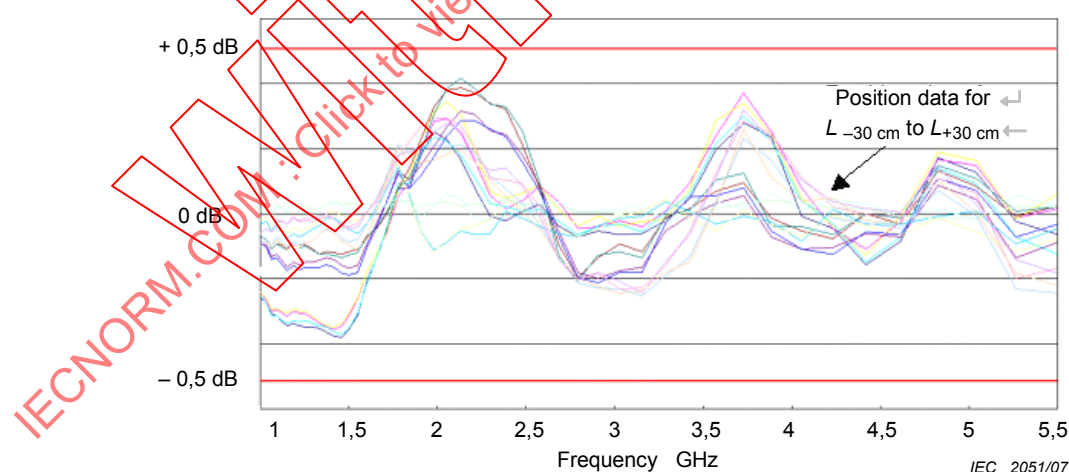


Figure I.8 – Example alternative chamber validation data

I.4.3 Probe calibration procedure

Many modern probes have internal correction factors to provide a linear response. Calibration laboratories may adjust the factors during calibration to give a probe response of $\pm 0,5$ dB from the ideal. If adjustments are made, the calibration laboratory should report the response both before and after adjustment.

The linearity check process should be applicable to the probe to be calibrated. For the influences of linearity on the calibration system, refer to I.3.2.

NOTE When it is not possible to adjust the probe, any non-linearity should be compensated for by the user when carrying out the field uniformity calibration.

The probe calibration shall use the measurement system/environment, which satisfies the requirement of I.4.

I.4.3.1 Test setup

A fixture that is not fully qualified according to I.4.2.6 can result in large measurement uncertainties. Therefore, the probe fixture validated per I.4.2.6 shall be used.

The calibration of the field probe should be done according preferably to the user specification or manufacturer's specification regarding the probe orientation. This orientation shall also be used in the test laboratory to limit the effect of isotropy. If the manufacturer does not specify any field probe orientation in the data sheet, the calibration should be performed in the probe orientation which can be considered as the "normal use" orientation of the probe or according to a preferred orientation defined by the test lab (which will use the probe). In any case the calibration report shall include the field probe orientation for which the calibration was undertaken.

The example of the measurement setup is shown in the Figures I.9 and I.10.

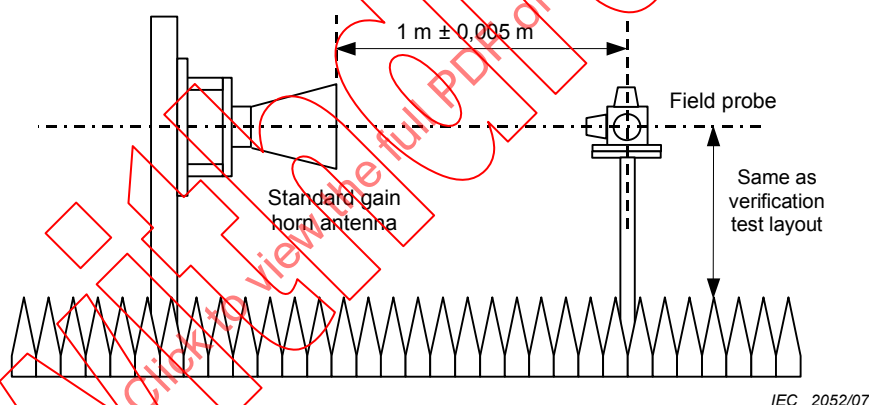


Figure I.9 – Field probe calibration layout

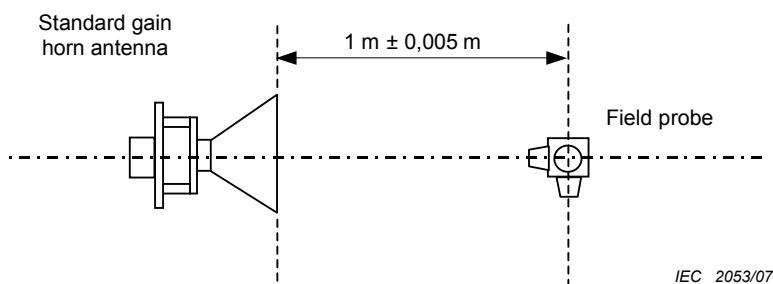


Figure I.10 – Field probe calibration layout (Top view)

I.4.3.2 Calibration report

The measurement results obtained in consideration of I.4.3.1 shall be reported as a calibration report.

This calibration report shall contain at least the following:

- a) calibration environment;
- b) probe manufacturer;
- c) type designation;
- d) serial number;
- e) calibration date;
- f) temperature and humidity;
- g) details of the calibration data:
 - frequency;
 - applied field strength (V/m);
 - probe reading (V/m);
 - probe orientation;
- h) measurement uncertainty.

NOTE IEEE Std 1309 [2] includes some guidance for probe-calibration measurement uncertainty.

I.5 Alternative probe calibration environments and methods

This clause describes the environment requirement for alternative calibration sites, e.g. necessary for the calibration in the low frequency range.

The calibration can be done in environments defined as independent from the test environment described in IEC 61000-4-3. In contrast to the equipment, which is tested for immunity, field probes are typically small and usually not equipped with conducting cables.

I.5.1 Field probe calibration using TEM cells

A rectangular TEM cell can be used to establish standard fields for field probe calibrations. The upper usable frequency of a TEM cell can be determined by methods described in 5.1 of IEC 61000-4-20. The upper frequency of a TEM cell is typically a few hundreds MHz. The field at the centre of a TEM cell between the septum and the top or bottom plate is calculated from:

$$E = \frac{\sqrt{Z_0 P_{\text{net}}}}{h} \text{ (V/m)},$$

where Z_0 is the characteristic impedance of the TEM cell (typically 50 Ω), P_{net} is the net power in Watt, which is determined according to I.4.2.1, h is the separation distance between the septum and the top or bottom plate (in m).

The VSWR of the TEM cell should be kept small, e.g. less than 1,3 to minimize the measurement uncertainties.

An alternative method of measuring P_{net} is to use a calibrated, low VSWR attenuator and power sensor connected to the output port of the TEM cell.

I.5.2 Field probe calibration using waveguide chambers

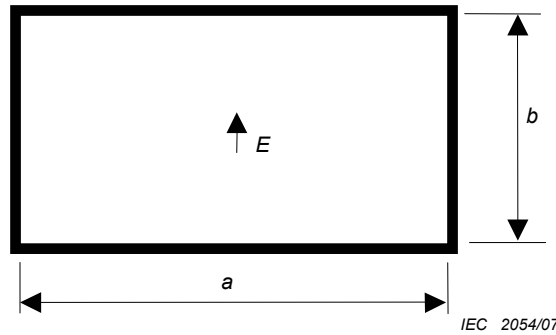


Figure I.11 – Cross-sectional view of a waveguide chamber

Calibration labs shall ensure that waveguide chambers operate in their dominant TE_{10} mode. Frequencies that can excite higher order modes shall be avoided. Waveguide manufacturers typically specify the frequency ranges for which only a dominant mode can exist. This can also be determined from the dimensions of the waveguide. The use of waveguide chambers is limited to approximately 300 MHz to 1 000 MHz with typical sized probes.

For a waveguide chamber with inner dimensions of a (m) $\times$ b (m) ($a > b$), the cut-off frequency of the dominant TE_{10} mode is:

$$(f_c)_{10} = \frac{1}{2a\sqrt{\mu\epsilon}},$$

where μ and ϵ are the permeability and permittivity of the waveguide media. For air-filled waveguides, $\mu = \mu_0 = 400\pi \text{ nHm}^{-1}$ and $\epsilon = \epsilon_0 = 8,854 \text{ pFm}^{-1}$. The cut-off frequency for an air-filled waveguide chamber is:

$$(f_c)_{10} = \frac{150}{a} \text{ MHz.}$$

The root-mean-square electric field at the centre of the waveguide is:

$$E = \sqrt{\frac{2\eta_0 P_{\text{net}}}{ab\sqrt{1 - ((f_c)_{10}/f)^2}}} \text{ (V/m),}$$

where f (in MHz) is the frequency of operation, $\eta_0 = 377 \Omega$ for air-filled waveguide, P_{net} (in W) is the net power delivered to the waveguide, and is determined by the method described in I.4.2.1. Note that the field inside a waveguide chamber is not a TEM wave, and the field is the largest at the centre of the waveguide (with a sinusoidal distribution, tapering to zero on the sidewalls). It is recommended that field probe calibrations be performed at the centre of the waveguide, where the field distribution has less variation (is more uniform) than at other locations. For more information on waveguide including how to calculate cut-off frequencies for other modes, refer to [5].

I.5.3 Field probe calibration using open-ended waveguides

An analytical solution and an empirical solution for the near-field gain of open-ended waveguides are provided in [6]. Since a simple theoretical solution for the near-field gain of open-ended waveguides is not available, one should determine the near-field gain of an open-ended waveguide by either full-wave numerical techniques or by measurement techniques as described in [4].

Once the near-field gain of the open-ended waveguides is determined, the calibration shall follow the procedure listed in I.4.3.

I.5.4 Calibration of field probes by gain transfer method

A transfer probe can be used to establish standard fields in a field-generating device (working standard device). The transfer probe response can be either determined by theoretical computations (for probes such as dipoles), or by calibrations performed according to the methods described in I.5.1 or I.5.2. The transfer function of the working standard, such as a GHz TEM cell, can be determined from the transfer probe. The field distribution in the working standard device should be mapped by the transfer probe; i.e. it has to be measured at as many locations as necessary to assess the field homogeneity in the test volume. Once the transfer function of the working standard device is known, probe calibration can be performed at other power levels provided that the working standard device is linear. A probe to be calibrated shall be placed at the same location where the transfer probe has been.

The transfer method is accurate if the following conditions are met:

- the setup does not change between the transfer and calibration procedures;
- the probe position during measurements is reproduced;
- the transmitted power remains the same;
- the probe under test is similar in construction (size and element design) to the transfer probe;
- the cables connecting the sensor head and readout do not disturb or pick up the field;
- the working standard device is largely anechoic.

References [7] and [8] have more information on this method.

I.6 Reference documents

- [1] STUBENRAUCH, C., NEWELL, C. A. C., REPJAR, A. C. A., MacREYNOLDS, K., TAMURA D. Y., LARSON, F. H., LEMANCZYK, J., BEHE, R., PORTIER, G., ZEHREN, J. C., HOLLMANN, H., HUNTER, J. D., GENTLE, D. G., and De VREEDE, J. P. M. International Intercomparison of Horn Gain at X-Band. *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*, October 1996, Vol. 44, No. 10.
- [2] IEEE 1309, *Calibration of Electromagnetic Field Sensors and Probes, Excluding Antennas, from 9 kHz to 40 GHz*.
- [3] KANDA, M. and KAWALKO, S. Near-zone gain of 500 MHz to 2.6 GHz rectangular standard pyramidal horns. *IEEE Trans. On EMC*, 1999, Vol. 41, No. 2.
- [4] NEWELL, Allen C., BAIRD, Ramon C. and Wacker, Paul F. Accurate measurement of antenna gain and polarization at reduced distances by extrapolation technique. *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*, July 1973, Vol. AP-21, No. 4.
- [5] BALANIS, C. A.. *Advanced Engineering Electromagnetics*. John Wiley & Sons, Inc., 1989, pp 363-375.
- [6] WU, Doris I. and KANDA, Motohisa. Comparison of theoretical and experimental data for the near field of an open-ended rectangular waveguide. *IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility*, November 1989, Vol. 31, No. 4.
- [7] GLIMM, J., MÜNTER, K., PAPE, R., SCHRADER, T. and SPITZER, M. *The New National Standard of EM Field Strength; Realisation and Dissemination*. 12th Int. Symposium on EMC, Zurich, Switzerland, February 18-20, 1997, ISBN 3-9521199-1-1, pp. 611-613.

- [8] GARN, H., BUCHMAYR, M., and MULLNER, W. Precise calibration of electric field sensors for radiated-susceptibility testing. *Frequenz* 53 (1999) 9-10, Page 190-194.
-

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

Withd2W

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61000-4-3:2006/AMD1:2007

Withdrawn

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 77B: Phénomènes haute fréquences, du comité d'études 77 de la CEI: Compatibilité électromagnétique.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
77B/546/FDIS	77B/556/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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.

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter à la liste existante des annexes, le nouveau titre suivant:

Annexe I (informative) Méthode d'étalonnage des sondes de champ E

Page 24

Ajouter, à la fin du sixième tiret (commençant par « – Une sonde de champ isotropique »), la nouvelle phrase suivante:

L'Annexe I donne une méthode d'étalonnage des sondes de champ E.

Page 110

Ajouter la nouvelle annexe comme suit:

Annexe I (informative)

Méthode d'étalonnage des sondes de champ E

I.1 Vue d'ensemble

Les sondes de champ E à large gamme de fréquences et à réponse dynamique élevée sont très souvent utilisées dans les procédures d'étalonnage de l'uniformité des champs selon la CEI 61000-4-3. Entre autres aspects, la qualité de l'étalonnage de la sonde de champ a un impact direct sur le budget d'incertitude d'un essai d'immunité aux champs rayonnés.

Généralement, les sondes sont soumises à des valeurs de champs relativement faibles, par exemple 1 V/m – 30 V/m pendant l'étalonnage d'uniformité de champ conformément à la CEI 61000-4-3. C'est pourquoi l'étalonnage des sondes de champs E utilisées dans la CEI 61000-4-3 doit tenir compte des gammes de fréquences et de dynamiques prévues.

Actuellement, les résultats de l'étalonnage d'une sonde peuvent présenter des différences lorsqu'elle est étalonnée dans des laboratoires différents. C'est pourquoi l'environnement et la méthode d'étalonnage de la sonde de champ qui est utilisée doivent être spécifiés. La présente annexe fournit les informations pertinentes sur l'étalonnage des sondes à utiliser dans la CEI 61000-4-3.

Pour des fréquences supérieures à plusieurs centaines de MHz jusqu'à la gamme des GHz, l'utilisation d'antennes cornet à gain standard, dans le but d'établir un champ standard à l'intérieur d'une chambre anéchoïque, est une des méthodes les plus largement répandues afin d'étalonner des sondes pour des applications selon la CEI 61000-4-3. Cependant, il y a un manque de méthode établie pour la validation de l'environnement d'essai pour les étalonnages des sondes de champ.

En utilisant cette méthode, des différences ont été observées entre laboratoires d'étalonnage, au-delà des incertitudes de mesure qu'ils rapportent également.

Les étalonnages entre 80 MHz et quelques centaines de MHz de sondes de champ qui sont habituellement réalisés dans des guides d'onde TEM sont généralement plus reproductibles.

Cette annexe informative se concentre par conséquent sur l'amélioration des procédures d'étalonnage de sondes, avec des antennes cornets dans des chambres anéchoïques, pour lesquelles une procédure d'étalonnage complète est décrite.

I.2 Exigences pour l'étalonnage des sondes

I.2.1 Généralités

L'étalonnage des sondes de champ E destinées à être utilisées pour la procédure d'étalonnage UFA (zone de champ uniforme) telle qu'elle est définie dans la CEI 61000-4-3 doit satisfaire aux exigences suivantes.

I.2.2 Gamme de fréquences d'étalonnage

La gamme de fréquences doit normalement couvrir les valeurs de 80 MHz à 6 GHz mais elle peut être limitée à la gamme de fréquences exigée par les essais.

I.2.3 Pas de fréquence

Il est nécessaire d'utiliser des fréquences fixes d'étalonnage pour être en mesure de comparer les résultats d'essai entre différents laboratoires d'étalonnage.

80 MHz à 1 GHz;

Utiliser les fréquences suivantes pour l'étalonnage des sondes de champ E (normalement une largeur de pas de 50 MHz):

80, 100, 150, 200,..., 950, 1 000 MHz

1 GHz à 6 GHz

Utiliser les fréquences suivantes pour l'étalonnage des sondes de champ E (largeur de pas de 200 MHz):

1 000, 1 200, 1 400,..., 5 800, 6 000 MHz

NOTE Il n'est pas envisagé de mesurer une sonde par deux fois à 1 GHz, mais dans le cas où elle est utilisée jusqu'à ou à partir de 1 GHz, la sonde a besoin d'être mesurée à cette fréquence.

I.2.4 Valeur du champ

Il convient que la valeur du champ à laquelle une sonde est étalonnée soit fondée sur la valeur du champ exigée pour l'essai d'immunité. Comme la méthode préférentielle d'étalonnage de l'uniformité de champ est appliquée avec une valeur de champ d'au moins 1,8 fois la valeur de champ à appliquer à l'EST, il est recommandé que l'étalonnage de sonde soit réalisé à une valeur égale au double de la valeur de champ (voir Tableau I.1). Si une sonde doit être utilisée à différents niveaux de champ, elle doit être étalonnée à de multiples niveaux en fonction de sa linéarité et au moins aux niveaux minimum et maximum. Voir aussi I.3.2

NOTE 1 Ceci couvre aussi l'exigence de compression de 1 dB de l'amplificateur de puissance.

NOTE 2 L'étalonnage est réalisé en utilisant des niveaux CW sans modulation.

Tableau I.1 – Niveau de la valeur de champ d'étalonnage

Niveau d'étalonnage	Valeur de champ d'étalonnage
1	2 V/m
2	6 V/m
3	20 V/m
4	60 V/m
X	Y V/m
NOTE X,Y est un niveau d'étalonnage ouvert qui peut être supérieur ou inférieur à l'un des autres niveaux 1 à 4. Ce niveau peut être indiqué dans la spécification de produit ou par le laboratoire d'essai.	

I.3 Exigences pour les instruments d'étalonnage

I.3.1 Harmoniques et signaux parasites

Tout harmonique ou signal parasite provenant des amplificateurs de puissance doit être inférieur d'au moins 20 dB à la fréquence porteuse. Ceci est exigé pour tous les niveaux de champ utilisés pour l'étalonnage et la vérification de la linéarité. Comme le contenu harmonique des amplificateurs de puissance est généralement plus mauvais à des niveaux de puissance supérieurs, il est admis de réaliser la mesure des harmoniques uniquement à la valeur la plus élevée du champ d'étalonnage. La mesure d'harmoniques peut être réalisée en

utilisant un analyseur de spectre étalonné qui est connecté à la sortie de l'amplificateur par l'intermédiaire d'un atténuateur ou d'un coupleur directionnel.

NOTE 1 L'antenne peut avoir une influence supplémentaire sur le contenu harmonique et peut nécessiter d'être vérifié séparément.

Les laboratoires d'étalonnage doivent réaliser une mesure pour valider le fait que les signaux harmoniques et/ou parasites provenant de l'amplificateur satisfont aux exigences pour tous les montages de mesure. Ceci peut être réalisé en connectant un analyseur de spectre à l'accès 3 du coupleur directionnel (en remplaçant la sonde du mesureur de puissance par l'entrée de l'analyseur de spectre – voir la Figure I.2).

NOTE 2 Il convient de s'assurer que le niveau de puissance ne dépasse pas la puissance d'entrée maximale admissible de l'analyseur de spectre. Il est permis d'utiliser un atténuateur.

La fréquence doit couvrir au moins le troisième harmonique de la fréquence prévue. La mesure de validation doit être réalisée au niveau de puissance qui générera la valeur de champ prévue la plus élevée.

Des filtres de suppression d'harmoniques peuvent être utilisés pour améliorer la pureté spectrale du ou des amplificateur(s) de puissance (voir l'Annexe D).

I.3.2 Vérification de la linéarité de la sonde

La linéarité de la sonde qui est utilisée pour la validation de la chambre selon I.4.2.5 doit être, à $\pm 0,5$ dB près, une réponse linéaire idéale dans la gamme dynamique exigée (voir Figure I.1). La linéarité doit être confirmée pour tous les réglages de gamme prévus si la sonde possède plusieurs réglages de gamme ou de gain.

En général, la linéarité de la sonde ne varie pas de manière significative avec la fréquence. La vérification de la linéarité peut être réalisée à une fréquence ponctuelle proche de la région centrale de l'utilisation prévue de la plage de fréquences et lorsque la réponse de la sonde par rapport à la fréquence est relativement plate. La fréquence ponctuelle choisie doit être consignée dans le certificat d'étalonnage.

Il convient que la valeur de champ pour laquelle la linéarité de la sonde est mesurée soit la valeur de champ qui est utilisée pendant la validation de la chambre avec une tolérance de -6 dB à $+6$ dB et un pas suffisamment petit, par exemple 1 dB. Le Tableau I.2 montre un exemple des niveaux de valeur de champ à vérifier pour une application de 20 V/m.

Tableau I.2 – Exemple pour la vérification de la linéarité de la sonde

Niveau de signal	Valeur du champ d'étalonnage
dB	V/m
-6,0	13,2
-5,0	14,4
-4,0	14,8
-3,0	15,2
-2,0	16,3
-1,0	18,0
0	20,0
1,0	22,2
2,0	24,7
3,0	27,4
4,0	30,5
5,0	34,0
6,0	38,0

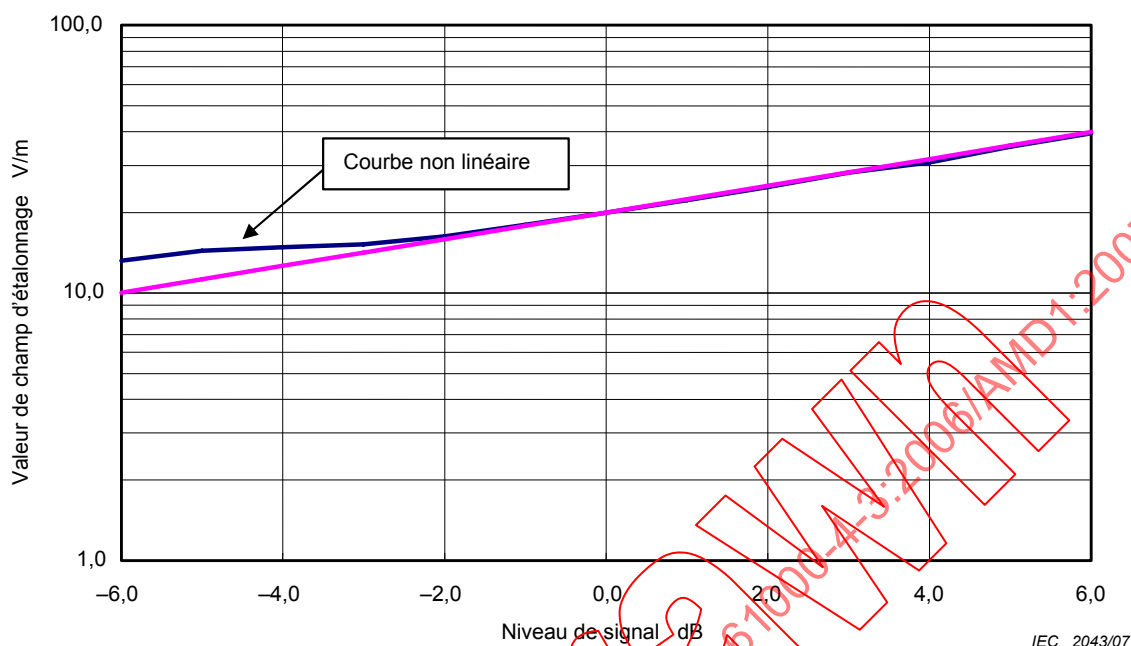


Figure I.1 – Exemple de linéarité pour la sonde

I.3.3 Détermination du gain des antennes cornets standards

Le gain en champ lointain des antennes cornets pyramidaux standards peut être déterminé de manière assez précise (moins de 0,1 dB d'incertitude d'après le document de référence [1]¹⁾. Le gain en champ lointain est normalement valable pour les distances supérieures à $8D^2/\lambda$ (où D est la dimension la plus importante de l'ouverture du cornet et λ est la longueur d'onde). Les étalonnages des sondes de champ à de telles distances peuvent ne pas être réalisables en pratique, car cela exige une chambre anéchoïque de grande taille et des amplificateurs de puissance élevée. Les sondes de champ sont normalement étalonnées dans la région de champ proche des antennes d'émission. Le gain en champ proche des antennes cornets à gain standard a été déterminé en utilisant des équations comme celles décrites en [2]. Le gain est calculé sur la base des dimensions physiques d'un cornet pyramidal normalisé et en prenant l'hypothèse d'une distribution quadratique de la phase au niveau de l'ouverture du cornet. Le gain déterminé de cette manière est inadapté à une utilisation pour l'essai de TOS de la chambre et les étalonnages de sonde qui s'en suivent.

Les équations (telles qu'elles sont données en [2]) ont été déduites en utilisant l'intégration d'ouverture en prenant comme hypothèse qu'il ne se produit pas de réflexion au niveau de l'ouverture du cornet et que le champ incident sur l'ouverture est un mode TE_{10} mais avec une distribution quadratique de la phase à travers l'ouverture. Certaines approximations ont été appliquées au cours de l'intégration pour obtenir le résultat de forme approché. D'autres effets, comme les réflexions multiples provenant du bord du cornet et des modes d'ordre supérieur au niveau de l'ouverture, ne sont pas pris en compte. En fonction de la fréquence et de la conception du cornet, l'erreur est généralement de l'ordre de $\pm 0,5$ dB, mais elle peut être plus importante.

Pour obtenir une plus grande précision, une méthode numérique utilisant l'intégration d'onde complète peut être utilisée. Par exemple, les incertitudes dans le calcul du gain par une méthode numérique peuvent être réduites à moins de 5 % [3].

1) Les chiffres entre crochets se réfèrent aux documents de référence dans l'Article I.6.

Le gain de l'antenne cornet peut également être déterminé de manière expérimentale. Il peut, par exemple, être déterminé à des distances réduites, avec une méthode utilisant trois antennes par une technique d'extrapolation comme celle décrite en [4], ou par des variantes de cette méthode.

Il est recommandé que la distance entre l'antenne cornet et la sonde en essai soit d'au moins $0,5D^2/\lambda$ pendant l'étalonnage. Lors de la détermination des gains, des incertitudes importantes peuvent résulter d'une distance plus courte. Les ondes stationnaires entre l'antenne et la sonde peuvent être également importantes pour des distances plus courtes, ce qui donnerait à nouveau des incertitudes de mesure d'étalonnage importantes.

I.4 Etalonnage des sondes de champ dans les chambres anéchoïques

I.4.1 Environnements d'étalonnage

Il convient que l'étalonnage de la sonde soit réalisé dans une chambre totalement anéchoïque (FAR) ou dans une chambre semi-anéchoïque avec des absorbants sur le plan de sol satisfaisant aux exigences de I.4.2.

Lorsqu'une FAR est utilisée, la taille minimale recommandée du volume de travail interne pour effectuer l'étalonnage de la sonde est de 5 m (D) x 3 m (W) x 3 m (H).

NOTE 1 A des fréquences supérieures à plusieurs centaines de MHz, l'utilisation d'antennes cornets à gain standard pour établir un champ normalisé à l'intérieur d'une chambre anéchoïque est une des méthodes les plus largement utilisées, afin d'étalonner les sondes de champ pour les applications selon la CEI 61000-4-3. A des fréquences plus faibles, comme de 80 MHz à plusieurs centaines de MHz, l'utilisation d'une chambre anéchoïque peut ne pas être pratique. Ainsi, la sonde de champ peut être étalonnée dans d'autres installations également utilisées pour les essais d'immunité aux champs électromagnétiques. C'est pourquoi les guides d'ondes TEM, etc., sont inclus dans la présente annexe comme environnements alternatifs d'étalonnage pour ces fréquences plus faibles.

Le système et l'environnement utilisés pour l'étalonnage des sondes doivent satisfaire aux exigences suivantes.

NOTE 2 Comme alternative, le champ électrique peut être établi en utilisant une sonde de transfert (voir I.5.4).

I.4.2 Validation des chambres anéchoïques pour l'étalonnage de la sonde de champ

Pour les mesures d'étalonnage des sondes, on prend l'hypothèse d'un environnement en espace libre. Un essai de TOS de la chambre utilisant une sonde de champ doit être réalisé pour déterminer l'acceptabilité en vue de l'étalonnage d'une sonde ou d'un capteur. La méthode de validation caractérise les performances de la chambre et du matériau absorbant.

Chaque sonde a un volume et une taille physique spécifiques, par exemple le boîtier pour accumulateurs et/ou la carte du circuit. Dans d'autres procédures d'étalonnage, une zone sphérique tranquille est garantie dans le volume d'étalonnage. Les exigences spécifiques de cette annexe se concentrent sur un essai de TOS pour les points d'essai situés au niveau des axes du faisceau de l'antenne.

Les fixations d'essai et leurs influences (comme celles destinées à maintenir la sonde, qui peuvent être exposées aux champs électromagnétiques et interférer avec l'étalonnage) ne peuvent pas être entièrement évaluées. Un essai séparé est nécessaire pour valider les influences de ces fixations.

I.4.2.1 Mesure de la puissance fournie à un dispositif d'émission en utilisant des coupleurs directionnels

La puissance nette fournie à un dispositif d'émission peut être mesurée avec un coupleur bidirectionnel à 4 accès ou avec deux coupleurs monodirectionnels à 3 accès connectés dos à dos (formant un coupleur dit « directionnel double »). Un montage fréquent utilisant un

coupleur bidirectionnel pour mesurer la puissance nette fournie à un dispositif d'émission est représenté à la Figure I.2.

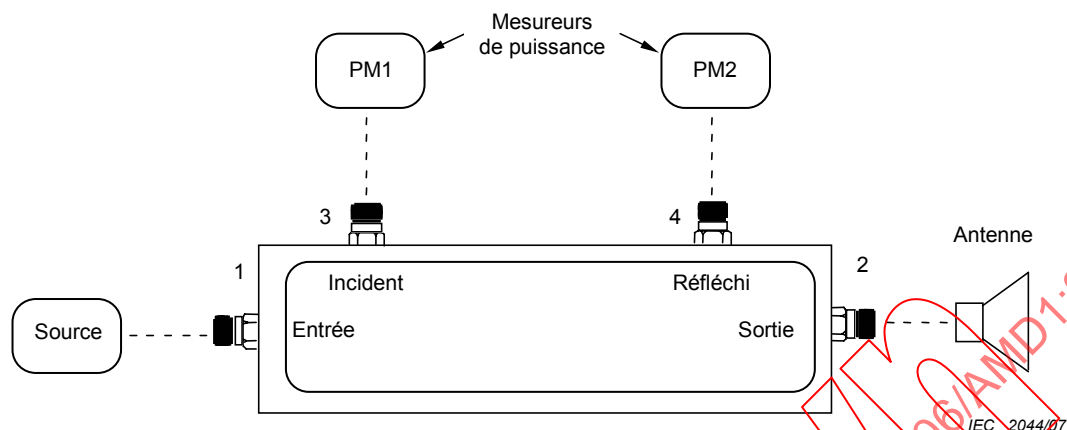


Figure I.2 – Montage pour la mesure de la puissance nette vers un dispositif d'émission

Le couplage incident, le couplage réfléchi et le couplage en transmission sont définis selon les équations suivantes, lorsque chaque accès est connecté à une charge adaptée et à une source adaptée:

$$C_{\text{fwd}} = \frac{P_3}{P_1},$$

$$C_{\text{rev}} = \frac{P_4}{P_2},$$

$$C_{\text{trans}} = \frac{P_2}{P_1},$$

où P_1 , P_2 , P_3 , P_4 sont les puissances respectives à chaque accès du coupleur directionnel.

La puissance nette fournie au dispositif d'émission est donc:

$$P_{\text{net}} = \frac{C_{\text{trans}}}{C_{\text{fwd}}} PM_1 - \frac{PM_2}{C_{\text{rev}}},$$

où PM_1 et PM_2 sont les valeurs lues sur le mesureur de puissance en unités linéaires.

Lorsque le TOS de l'antenne est connu, un coupleur unique à trois accès peut être utilisé. Par exemple, une antenne avec un TOS de 1,5 équivaut à un coefficient de réflexion de tension (VRC) de 0,2.

La précision est affectée par la directivité du coupleur. La directivité est une mesure de l'aptitude du coupleur à isoler les signaux incident et réfléchi. Pour un dispositif d'émission bien adapté, la puissance réfléchie est bien plus faible que la puissance incidente. L'effet de la directivité est donc moins important que dans une application de réflectivité. Par exemple, lorsque l'antenne d'émission a un TOS de 1,5 et que le coupleur a une directivité de 20 dB, l'incertitude maximale absolue de la puissance nette due à la directivité finie est de 0,22 dB – 0,18 dB = 0,04 dB avec une distribution en U (où 0,22 dB est la perte de puissance apparente incidente due au TOS de 1,5).

La puissance nette fournie au dispositif d'émission est donc:

$$P_{\text{net}} = C_{\text{fwd}} PM_1 (1 - VRC^2)$$

I.4.2.2 Etablissement d'un champ normalisé en utilisant les antennes cornets

Le gain de l'antenne cornet est déterminé par les méthodes décrites en I.3.3. Le champ électrique sur l'axe (en V/m) est déterminé par

$$E = \sqrt{\frac{\eta_0 P_{\text{net}} g}{4\pi}} \frac{1}{d},$$

où $\eta_0 = 377 \, \Omega$ pour l'espace libre, P_{net} (en W) est la puissance nette déterminée par la méthode décrite en I.4.2.1, g est le gain numérique de l'antenne déterminé par I.3.3 et d (en m) est la distance par rapport à l'ouverture de l'antenne.

I.4.2.3 Gamme de fréquences et pas de fréquence pour l'essai de validation de chambre

L'essai de TOS de la chambre doit couvrir la gamme de fréquences pour laquelle l'étalonnage de la sonde est prévu et doit utiliser les mêmes pas de fréquences que ceux donnés en I.2.3.

Les essais de TOS doivent être réalisés dans la chambre à la valeur la plus faible et à la valeur la plus élevée des fréquences de fonctionnement de chaque antenne. Lorsque des absorbants à bande étroite sont utilisés, par exemple des ferrites, il peut être nécessaire de mesurer un plus grand nombre de points de fréquences. Il convient d'utiliser la chambre pour l'étalonnage de la sonde uniquement dans la gamme de fréquences pour laquelle elle satisfait aux critères de TOS.

I.4.2.4 Procédure de validation de la chambre

La chambre utilisée pour l'étalonnage de la sonde doit être vérifiée avec la procédure suivante, sauf lorsque les conditions physiques de la chambre ne permettent pas son utilisation. Dans de tels cas, la méthode alternative d'I.4.2.7 peut être appliquée.

La sonde doit être située au point de mesure utilisant un matériau support présentant une faible permittivité (par exemple mousse de styrène) conformément aux Figures I.3 et I.4.

Une sonde de champ est placée à l'emplacement où elle sera utilisée pour étalonnage. On fera varier sa polarisation et sa position le long de la ligne de visée de l'antenne cornet d'émission pour déterminer le TOS de la chambre. L'antenne d'émission doit être la même à la fois pour l'essai de TOS de la chambre et pour l'étalonnage de la sonde.

L'installation de l'antenne cornet à gain standard et de la sonde à l'intérieur de la chambre est indiquée à la Figure I.3. La sonde et l'antenne cornet doivent être placées sur le même axe horizontal en étant séparées par une distance L mesurée de la face avant de l'antenne au centre de la sonde.

Dans tous les cas, la sonde de champ doit être positionnée latéralement au centre de la face de l'antenne cornet.

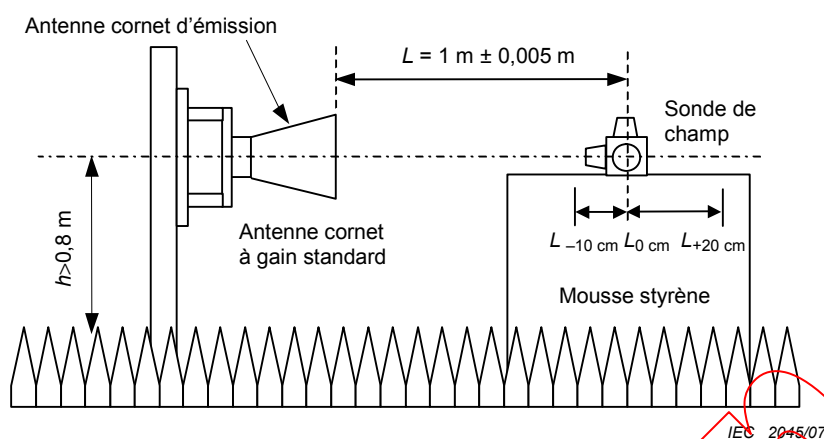


Figure 1.3 – Montage pour l'essai de validation de la chambre

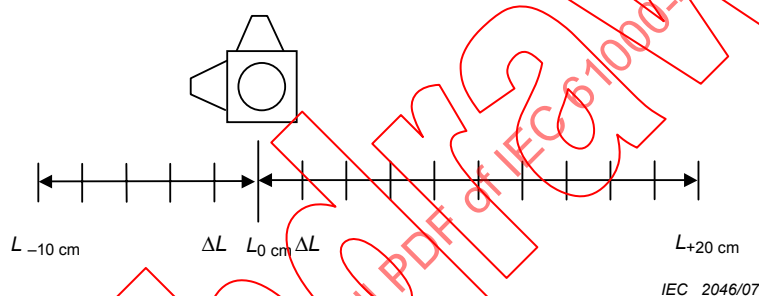


Figure 1.4 – Détail de la position de mesure ΔL

Le montage est illustré aux Figures 1.3 et 1.4, où $L_{-10\text{ cm}}$ à $L_{+20\text{ cm}}$ est la distance d'étalonnage de la sonde, mesurée entre la face de l'antenne cornet et le centre de la sonde de champ. $L_0\text{ cm}$ est définie comme la position 0.

Les positions seront $L_{-10\text{ cm}}$, $L_{-8\text{ cm}}$, $L_{-6\text{ cm}}$, ..., L_0 , $L_{+2\text{ cm}}$, $L_{+4\text{ cm}}$, ..., $L_{+20\text{ cm}}$, $\Delta L = 2\text{ cm}$.

Si la sonde est placée dans le champ proche de l'antenne cornet d'émission (distance $< 2 D^2/\lambda$, où D est la dimension la plus importante de l'antenne et λ est la longueur d'onde en espace libre), le gain de l'antenne d'émission n'est pas constant et il peut être nécessaire de le déterminer pour chaque position.

Une puissance constante créant une certaine valeur de champ (par exemple 20 V/m) à une distance de 1 m est appliquée pour toutes les positions de la sonde. L'antenne d'émission et la sonde de champ étant toutes les deux polarisées verticalement, les valeurs lues de la sonde sont enregistrées pour toutes les positions à toutes les fréquences. L'essai est répété avec l'antenne et la sonde polarisées horizontalement.

Toutes les valeurs lues doivent satisfaire aux exigences données en 1.4.2.5.

1.4.2.5 Critères d'acceptation de TOS

Les résultats de la mesure de TOS doivent être comparés en utilisant la procédure suivante. Pour le calcul de l'amplitude du champ, se référer à 1.4.2.2.

a) Calcul de la valeur de champ

La valeur de champ électrique dans la zone spatiale entre les distances de 90 cm et 120 cm est calculée par pas de 2 cm pour chaque fréquence.

Ce calcul est fondé sur la valeur de champ E d'une distance de 1 m utilisée pour la vérification.

b) Ajustement des données

Les données sont ajustées avec le processus suivant parce que la sonde utilisée pour la mesure du TOS ne peut pas donner une valeur égale à la valeur de champ calculée.

- La valeur indiquée du champ E de la sonde à 1 m doit être ajustée à la position de 1 m du calcul. La différence obtenue entre les indications de la sonde et la valeur calculée est utilisée comme la valeur de correction k pour toutes les données à 90 cm et 120 cm.

Par exemple: comparaison entre la valeur de la mesure de la sonde V_{mv} (par exemple 21 V/m) et la valeur calculée V_{cv} (par exemple 20 V/m) à une distance de 1 m. Dans ce cas, la valeur de correction k est $V_{cv} - V_{mv} = -1$ V/m.

- La valeur de correction k doit être ajoutée aux données qui sont observées aux positions de mesure de 90 cm à 120 cm.
- Le même calcul doit être appliqué à toutes les valeurs de mesure de toutes les fréquences mesurées. Dans le cas de l'exemple ci-dessus $k = -1$ V/m. Ainsi $k = -1$ est ajouté à toutes les données de valeurs de mesure de la sonde.

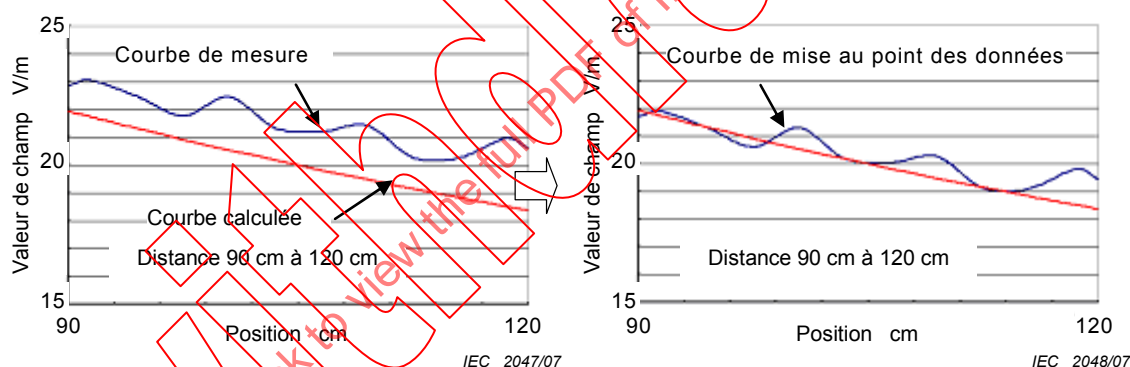


Figure I.5 – Exemple de mise au point de données

c) Comparaison entre les données de mesure et les données de calcul

Lorsque la différence de données dans la courbe de calcul et dans la courbe de mesure dépasse $\pm 0,5$ dB dans toute position de mesure, la chambre ne doit pas être utilisée pour l'étalonnage de la sonde.

NOTE Le critère de 0,5 dB est établi en fonction du budget d'incertitude de mesure et a été vérifié dans plusieurs chambres existantes qui sont adaptées à l'étalonnage des sondes de champ (y compris au moins les moyens d'un laboratoire d'étalonnage national). Quoi qu'il en soit, il s'agit seulement d'un contributeur à l'incertitude globale.

Certaines sondes de champ possèdent un boîtier métallique ou un long bâton comme les accumulateurs, ou un circuit. Ces éléments peuvent causer des erreurs de réflexion à certaines distances et fréquences. Lorsque ces sondes sont utilisées, l'influence de la réflexion doit être minimisée par exemple en faisant pivoter la sonde ou en modifiant son orientation.

I.4.2.6 Validation de la fixation de la sonde

La fixation de la sonde peut causer des réflexions de champs électromagnétiques au cours de l'étalonnage. C'est pourquoi son influence sur les résultats d'étalonnage doit être vérifiée à l'avance.

La procédure définie dans cet article doit être observée pour toute nouvelle fixation de sonde à utiliser.

Mode opératoire:

- Placer la sonde sur un support de référence fait d'un matériau ayant une permittivité relative inférieure à 1,2 et une tangente de pertes diélectriques inférieure à 0,005. L'emplacement de la sonde doit être le même que pour le montage d'étalonnage. Il convient que la fixation de référence soit aussi petite que possible. Toute autre structure de support doit être aussi peu intrusive que possible et située à au moins 50 cm de la sonde. Il convient d'éviter les constructions de support situées devant (entre l'antenne et la sonde) ou derrière la sonde.
- Générer un champ normalisé qui se situe dans les limites de la gamme dynamique de la sonde au niveau de la position d'étalonnage.
- Enregistrer la valeur donnée par la sonde pour tous les points de fréquences d'étalonnage. Exercer une rotation ou repositionner la sonde selon les besoins pour toutes les géométries d'étalonnage (pour les sondes de champs isotropes à trois axes, chaque axe peut avoir besoin d'être aligné de manière séparée) et répéter les étapes 1 et 2. Enregistrer les valeurs données par la sonde pour toutes les orientations.
- Retirer la fixation de référence et la remplacer par la fixation d'étalonnage à qualifier. Répéter les étapes 2 et 3.
- Comparer les résultats des étapes 3 et 4. Avec les deux fixations et pour la même orientation de sonde, la différence entre les valeurs doit être inférieure à $\pm 0,5$ dB.

I.4.2.7 Procédure alternative de validation de la chambre

Cette procédure alternative de validation de la chambre est applicable lorsque la procédure de validation d' I.4.2.4 ne peut pas être appliquée.

Une sonde de champ est placée à l'emplacement où elle sera utilisée pour l'étalonnage. On fera varier sa polarisation et sa position le long de la ligne de visée de l'antenne cornet d'émission pour déterminer le TOS de la chambre. L'antenne d'émission doit être la même, à la fois pour l'essai de TOS de la chambre et pour l'étalonnage de la sonde.

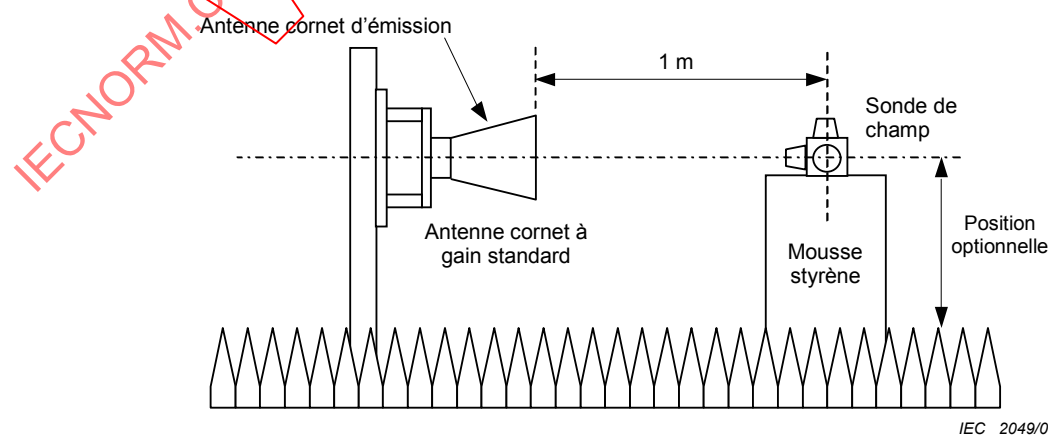


Figure I.6 – Exemple d'installation d'essai pour l'antenne et la sonde