

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
96-1**

1986

**AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2**

1993-06

comprenant l'amendement 1 (1988)
incorporating amendment 1 (1988)

Amendement 2

Câbles pour fréquences radioélectriques

Première partie:

Prescriptions générales et méthodes de mesure

Amendment 2

Radio-frequency cables

Part 1:

General requirements and measuring methods

© CEI 1993 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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**

T

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 46A: Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

Amendements	Règle des Six Mois/DIS	Rapports de vote
2 1	46A(BC)142 46A(BC)113	46A(BC)152 46A(BC)114

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Une ligne verticale dans la marge différencie le texte de l'amendement 2.

La publication suivante est citée dans le présent amendement: CISPR 8B: 1975, Deuxième complément à la Publication 8 du CISPR (1969): Rapports et Questions à l'étude du CISPR; Modification n° 1 (1980).

Page 62

A.5 Efficacité d'écran

Ajouter, page 72, les nouveaux paragraphes suivants:

A.5.5 Affaiblissement d'écran; pince absorbante

A.5.5.1 Généralités

Cette méthode de mesure de l'affaiblissement d'écran dans la bande de fréquences comprise entre 30 MHz et 1 000 MHz avec la pince absorbante est prévue pour les câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques utilisés dans les systèmes de réception et de distribution des émissions de radio et de télévision par câble.

L'écran du câble, qui est habituellement le conducteur extérieur du câble coaxial, joue le rôle d'une antenne d'émission ou de réception. La puissance rayonnée est couplée à l'intérieur ou à l'extérieur de façon continue sur toute la longueur du câble. Le couplage mutuel du câble et de l'environnement peut être supposé comme étant réciproque.

FOREWORD

This amendment has been prepared by sub-committee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors and accessories for communication and signalling.

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

Amendments	Six Months' Rule/DIS	Reports on Voting
2 1	46A(CO)142 46A(CO)113	46A(CO)152 46A(CO)114

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

The text of amendment 2 is indicated by a vertical line in the margin.

The following publication is quoted in this amendment: CISPR 8B: 1975, Second supplement to CISPR Publication 8 (1969): Reports and Study Questions of the CISPR; Amendment No. 1 (1980).

Page 63

A.5 Screening efficiency

Add the following new subclauses on page 73:

A.5.5 Screening attenuation: absorbing clamp

A.5.5.1 General

This absorbing clamp method of measuring screening attenuation in the frequency range 30 MHz to 1 000 MHz is intended for radio-frequency coaxial cables used in broadcast receiving and distribution systems, including cable television systems.

The cable screen, which is usually the outer conductor of the coaxial cable, acts as a radiating or receiving antenna. The radiated power is coupled in or out continuously along the entire length of the cable. The mutual coupling of cable and environment can be assumed to be reciprocal.

Le câble, en tant que système primaire, est alimenté par la puissance P_1 . En raison du couplage électromagnétique entre le câble et l'environnement, des ondes de surface sont excitées et propagées dans les deux directions le long de la surface du câble. Les courants de surface sont mesurés sur une base directionnelle à l'aide d'un dispositif comprenant un transformateur de courant pour capter la puissance des ondes de surface, et un dispositif absorbant (habituellement un tube de ferrite). Les combinaisons de cette sorte sont connues comme pinces absorbantes. Sur la base des valeurs de crête des courants de surface mesurés, il est possible de calculer la puissance maximale $P_{2 \max}$ dans le système secondaire formé par le conducteur extérieur du câble et l'environnement.

Le logarithme du rapport des puissances P_1 et $P_{2 \max}$ est appelé affaiblissement d'écran.

L'affaiblissement de la ligne constituée par l'éprouvette de câble, qui est habituellement court, est négligé.

Le courant de surface peut être mesuré:

- a) à des fréquences fixes avec une pince absorbante mobile;
- b) en balayage de fréquence avec une pince fixe;
- c) en balayage de fréquence avec une pince mobile.

A.5.5.2 Méthode 1: Mesure directe (figure 1 (A.5.5))

Le trou de passage dans la pince absorbante est plus grand que le diamètre de l'échantillon de câble.

Les figures 1a (A.5.5) et 1b (A.5.5) sont des schémas des dispositifs de mesure des ondes de surface arrivant respectivement aux extrémités éloignées et proches de l'échantillon, considérées à partir du générateur. Les valeurs de crête des courants doivent être mesurées conformément aux points a), b) ou c) de A.5.5.1.

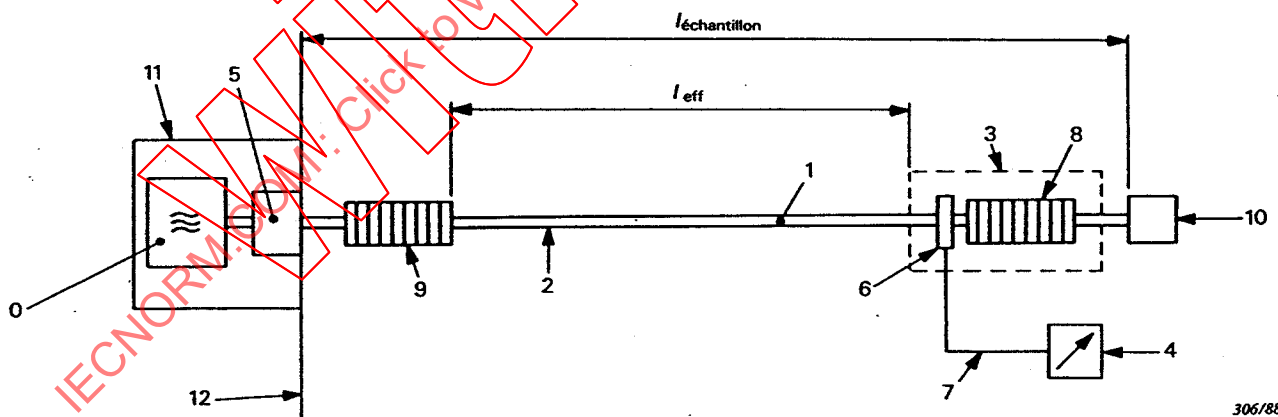


Figure 1a (A.5.5) – Mesure de l'onde de surface à l'extrémité éloignée de l'échantillon

The cable, as the primary system, is fed with the power P_1 . Due to the electromagnetic coupling between the cable and the environment, surface waves are excited and propagated in both directions along the cable surface. The surface currents are measured on a directional basis with an arrangement containing a current transformer for picking up the power of the surface waves, and an absorber (usually a ferrite tube). Combinations of this kind are known as absorbing clamps. On the basis of the peak values of the measured surface currents it is possible to calculate the maximum power $P_{2 \max.}$ in the secondary system formed by the outer conductor of the cable and the environment.

The logarithmic ratio of the powers P_1 and $P_{2 \max.}$ is termed the screening attenuation.

The line attenuation of the test specimen, which is usually short, is disregarded.

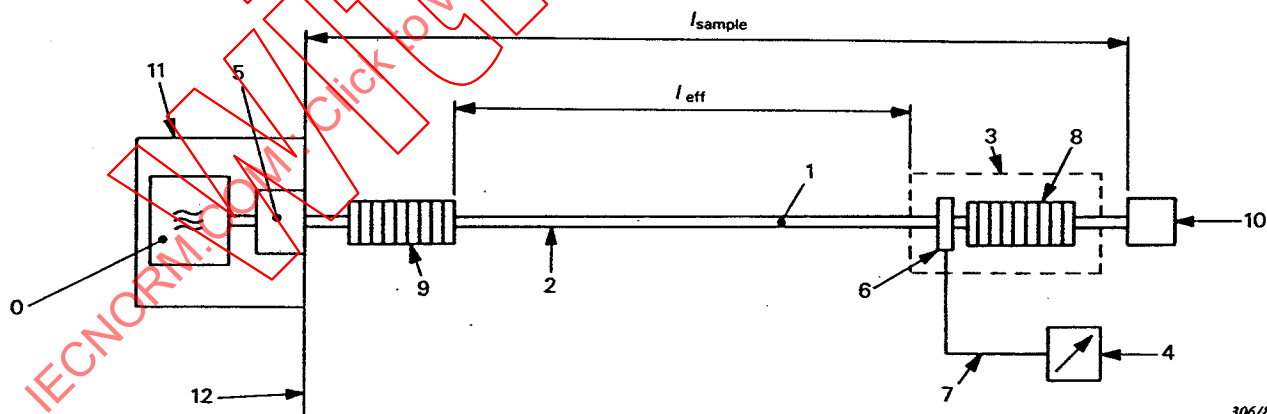
The surface current can be measured:

- at fixed frequencies with a moving absorbing clamp;
- on a swept-frequency basis with a stationary clamp;
- on a swept-frequency basis with a moving clamp.

A.5.5.2 Method 1: Direct measurement (figure 1 (A.5.5))

The bore in the absorbing clamp is larger than the diameter of the cable sample.

Figures 1a (A.5.5) and 1b (A.5.5) are schematic diagrams of the arrangements for measuring the surface waves arriving at the far end and the near end of the sample, respectively, as viewed from the generator. The peak values of the currents shall be measured according to items a), b) or c) of A.5.5.1.



306/88

Figure 1a (A.5.5) – Measurement of surface wave at far end of sample

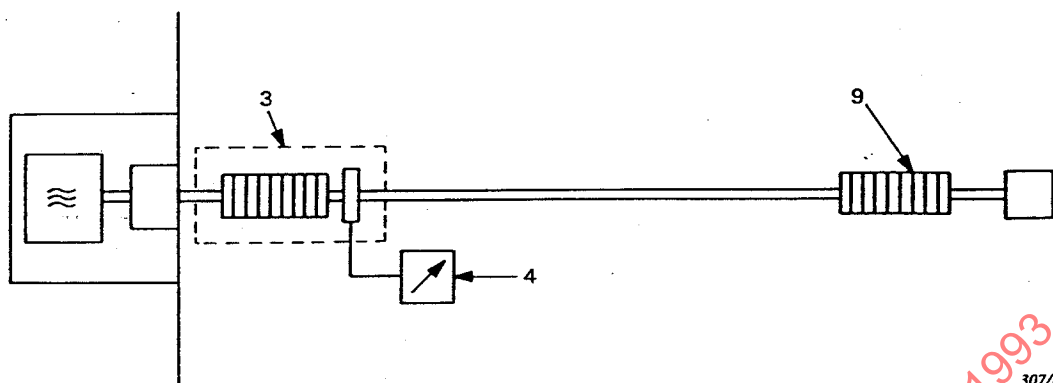


Figure 1b (A.5.5) - Mesure de l'onde de surface à l'extrémité éloignée de l'échantillon

Figure 1 (A.5.5) - Mesure directe

Référence	Désignation
0	Générateur de fréquences radioélectriques (r.f.), impédance de sortie Z_0
1	Echantillon de câble, impédance caractéristique Z_1
2	Circuit extérieur du conducteur extérieur, impédance caractéristique Z_2
3	Pince absorbante, impédance Z_3
4	Récepteur de mesure
5	Réseau d'adaptation, si $Z_0 \neq Z_1$ (utiliser le même pour la mesure et l'étalonnage)
6	Transformateur de courant
7	Câble de liaison de récepteur de mesure (utiliser le même pour la mesure et l'étalonnage)
8	Dispositif absorbant (tube de ferrite) de la pince, affaiblissement >10 dB
9	Deuxième dispositif absorbant (ou deuxième pince), affaiblissement >10 dB
10	Impédance de charge Z_1 de l'échantillon de câble
11	Ecran du générateur r.f.
12	Réflecteur
$l_{\text{échantillon}}$	Longueur totale de l'échantillon de câble
l_{eff}	Longueur effective de l'échantillon de câble

A.5.5.3 Méthode 2: Mesure avec lignes de prolongation (figure 2 (A.5.5))

Si le trou de passage de la pince absorbante est plus petit que le diamètre de l'éprouvette, l'échantillon de câble (figure 2 (A.5.5)) doit être complété aux deux extrémités par des lignes de prolongation plus petites. Les lignes de prolongation doivent avoir un affaiblissement d'écran bien meilleur que l'éprouvette. Si possible, il convient d'utiliser des lignes avec un conducteur extérieur tubulaire.

Les mesures doivent être effectuées aux deux extrémités de l'échantillon. En raison du fait que les courants de surface varient selon le lieu et la fréquence, les valeurs de crête doivent être mesurées en balayage de fréquence conformément au point b) de A.5.5.1.

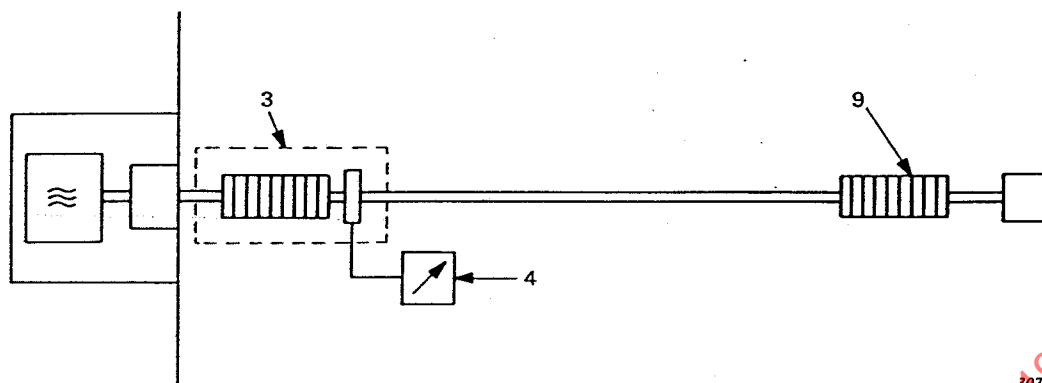


Figure 1b (A.5.5) – Measurement of surface wave at near end of sample

Figure 1 (A.5.5) – Direct measurement

Reference	Item
0	R.F. generator, output impedance Z_0
1	Cable sample, characteristic impedance Z_1
2	Outer circuit of outer conductor, characteristic impedance Z_2
3	Absorbing clamp, impedance Z_3
4	Measuring receiver
5	Matching network, if $Z_0 \neq Z_1$ (use the same in measurement and calibration)
6	Current transformer
7	Measuring receiver line (use the same in measurement and calibration)
8	Absorber (ferrite tube) of the clamp, attenuation >10 dB
9	Second absorber (or second clamp), attenuation >10 dB
10	Termination Z_1 of cable sample
11	Shield of r.f. generator
12	Reflector plate
l_{sample}	Total length of cable sample
l_{eff}	Effective length of cable sample

A.5.5.3 Method 2: Measurement with extension lines (figure 2 (A.5.5))

It the bore of the absorbing clamp is smaller than the diameter of the test specimen, the cable sample (figure 2 (A.5.5)) shall be extended at both ends by means of smaller indicator lines. The extension lines shall have a much better screening attenuation than the test specimen. If possible, lines with a tubular outer conductor should be used.

Measurements shall be performed at both ends of the sample. Owing to the fact that the surface currents vary according to locality and frequency, the peak values shall be measured on a swept-frequency basis in accordance with item b) of A.5.5.1.

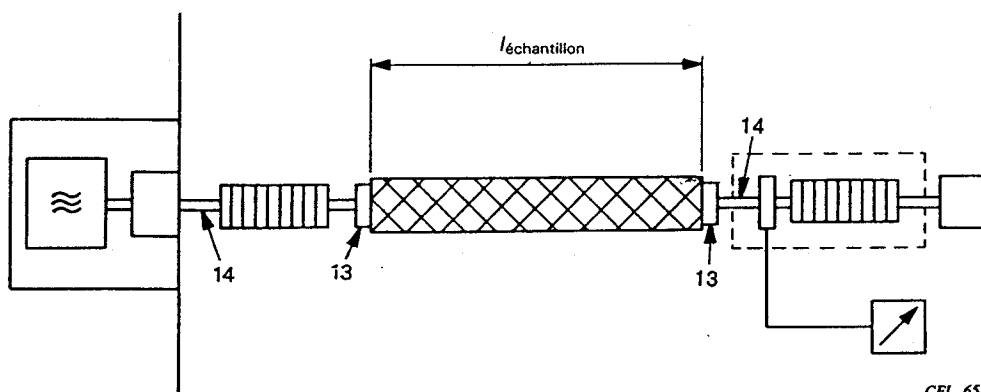


Figure 2 (A.5.5) – Mesure avec lignes de prolongation
Mesure de l'onde de surface à l'extrémité éloignée

Mesure de l'onde de surface à l'extrémité proche, conformément à la figure 1b (A.5.5)

Référence	Désignation
13	Transition de câble dénuée de réflexion
14	Lignes de prolongation

Tous les autres dispositifs sont identiques à ceux de la figure 1 (A.5.5).

A.5.5.4 Instructions et précautions générales

Le générateur de fréquences radioélectriques doit être soigneusement blindé, si nécessaire au moyen d'une cage de Faraday. Lorsque l'on utilise une cage de Faraday, le générateur et le réseau d'adaptation doivent être logés dans la cage de Faraday. Directement en face du générateur, dresser un réflecteur métallique vertical dont la hauteur et la largeur doivent être chacune d'au moins 800 mm. Le réflecteur est relié au boîtier du générateur et comporte un trou central pour laisser traverser le câble en essai.

L'échantillon de câble est disposé sur une table non métallique. Aucun objet métallique, ni aucune personne, ne doivent se trouver à moins de 800 mm de l'échantillon de câble dans toute direction perpendiculaire à l'axe de câble (voir figure 3 (A.5.5)).

Tous les connecteurs, les pièces de raccordement et les câbles de raccordement doivent être montés soigneusement pour réduire le plus possible les fuites r.f. En cas de doute, l'affaiblissement d'écran du dispositif de mesure doit être essayé en remplaçant l'éprouvette par un câble avec un conducteur extérieur tubulaire. L'affaiblissement d'écran mesuré dans ce cas doit être supérieur d'au moins 10 dB à celui de l'éprouvette.

Si une sensibilité de mesure de 100 dB ou plus est nécessaire, les précautions de blindage indiquées à la figure 5 de la modification n° 1 au CISPR 8B doivent être appliquées.

L'échantillon de câble doit être placé dans l'axe du transformateur de courant.

La longueur effective minimale de l'échantillon doit être conforme à A.5.5.9.

NOTES

1 Si les parties générateur et récepteur sont convenablement découplées, on peut utiliser d'autres instruments, par exemple un appareil comprenant un générateur et un récepteur de mesure combinés.

2 Il est recommandé d'avoir un revêtement de sol métallique, d'environ 1 m de large, sous l'échantillon de câble.

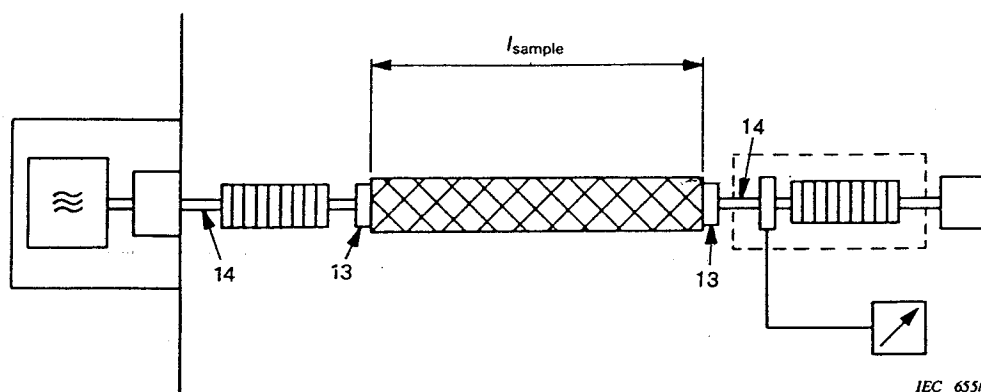


Figure 2 (A.5.5) – Measurement with extension lines
Measurement of the surface wave at the far end

Measurement of the surface wave at the near end as in figure 1b (A.5.5)

Reference	Item
13	Reflection-free cable transition
14	Extension lines

All other items as in figure 1 (A.5.5).

A.5.5.4 General instructions and precautions

The radio-frequency generator shall be carefully shielded, if necessary by means of a shielding case. Where a shielding case is used the generator and the matching network shall be housed in the shielding case. Directly in front of the generator a vertical metallic reflector plate shall be erected, whose height and width shall each be at least 800 mm. The plate is connected to the generator housing and has a central hole to accommodate the cable under test.

The cable sample is laid on a non-metallic table. No metallic object or person shall be closer than 800 mm to the cable sample in any direction that is normal to the axis of the cable (see figure 3 (A.5.5)).

All connectors, connecting pieces and connecting cables shall be carefully mounted to minimize r.f. leakage. In case of doubt, the screening attenuation of the measuring arrangement shall be tested by replacing the test specimen by a cable with a tubular outer conductor. The screening attenuation measured in this case shall be at least 10 dB above that of the test specimen.

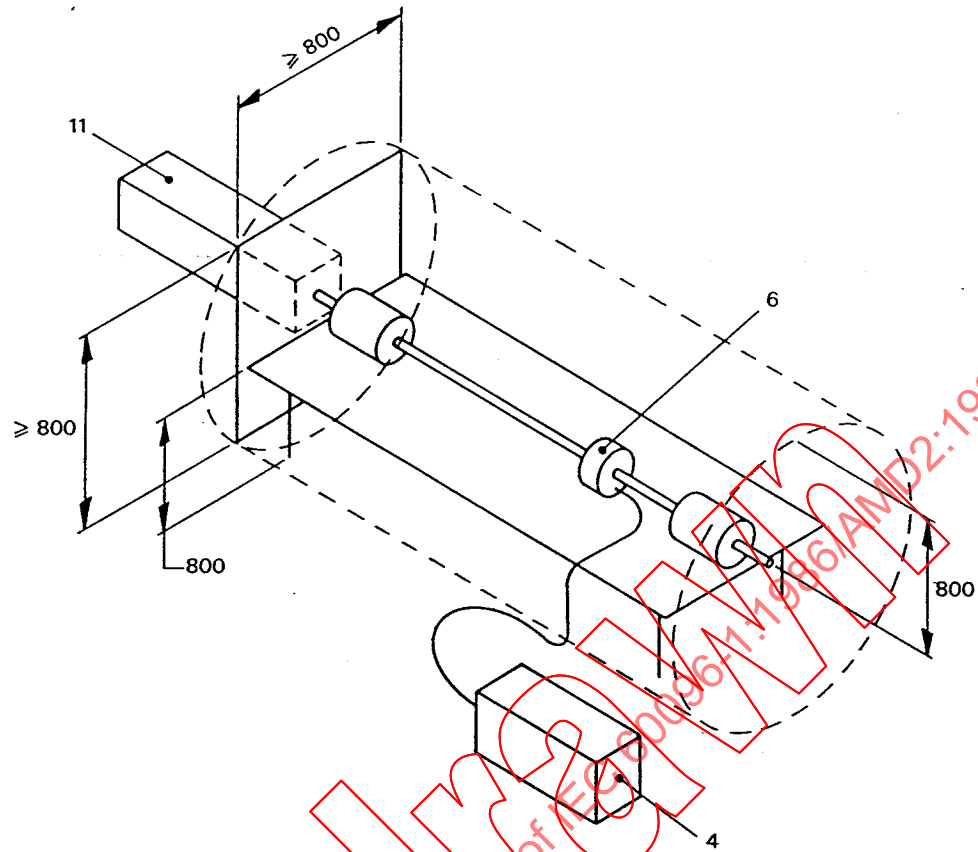
If a measurement sensitivity of 100 dB or more is required, the shielding precautions shown in figure 5 of amendment No. 1 to CISPR 8B shall be applied.

The cable sample shall be positioned centrally in the current transformer.

The minimum effective length of the sample shall comply with A.5.5.9.

NOTES

- 1 If the generator and receiver sections are adequately decoupled other instruments can be used, for example, a combined level oscillator and measuring receiver.
- 2 It is advisable to have a metal floor covering, about 1 m wide, under the cable sample.



309/88

Dimensions en millimètres

Figure 3 (A.5.5) – Dispositifs de blindage
Dispositifs identiques à ceux de la figure 1 (A.5.5)

A.5.5.5 Détermination de l'affaiblissement d'écran

L'affaiblissement d'écran a_s est donnée par:

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_1}{P_{2,n} + P_{2,f}}$$

où

P_1 est la puissance d'entrée du circuit intérieur de l'échantillon;

$P_{2,n}$ est la puissance diaphonique maximale à l'extrémité proche du circuit extérieur adapté;

$P_{2,f}$ est la puissance diaphonique maximale à l'extrémité éloignée du circuit extérieur adapté.

Les puissances mesurées (indiquées par le récepteur de mesure, équipement n° 4) sont $P_{4,n}$ et $P_{4,f}$ respectivement. D'où l'on a:

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_0}{P_{4,n} + P_{4,f}} - a_M$$

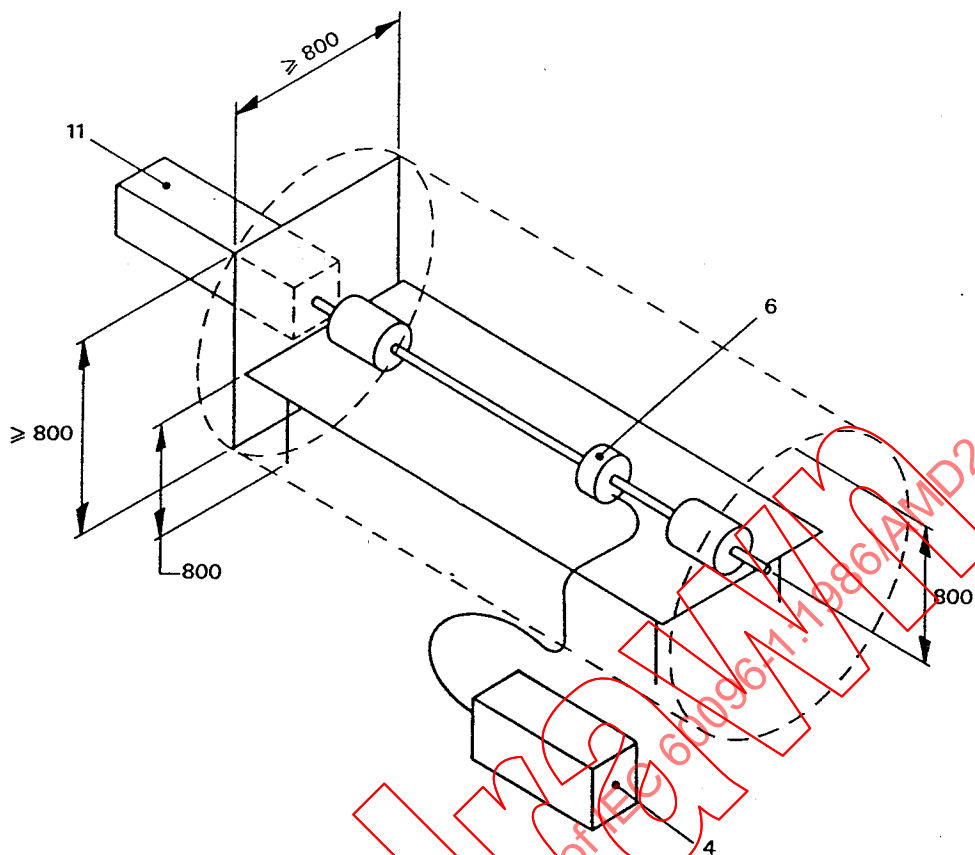
où

P_0 est la puissance du générateur r.f.;

a_M est la perte d'insertion du dispositif de mesure, conformément à A.5.5.6.

NOTE – $P_{2 \max.} = P_{2,n} + P_{2,f}$.

Etalonnage du dispositif de mesure.



309/88

Dimensions in millimetres

Figure 3 (A.5.5) – Shielding arrangements
All items as specified in figure 1 (A.5.5)

A.5.5.5 Determination of screening attenuation

The screening attenuation a_s is given by:

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_1}{P_{2,n} + P_{2,f}}$$

where

P_1 is the input power of inner circuit of the sample;

$P_{2,n}$ is the maximum near end cross-talk power of the matched outer circuit;

$P_{2,f}$ is the maximum far end cross-talk power of the matched outer circuit;

The measured powers (indicated by the measuring receiver, equipment No. 4) are $P_{4,n}$ and $P_{4,f}$ respectively. Hence we have:

$$a_s = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_0}{P_{4,n} + P_{4,f}} - a_M$$

where

P_0 is the power of the r.f. generator;

a_M is the insertion loss of the measuring set-up, according to A.5.5.6.

NOTE – $P_{2 \max.} = P_{2,n} + P_{2,f}$.

Calibration of the measuring set-up.

A.5.5.6 Perte d'insertion du dispositif de mesure

Dans le dispositif de mesure présenté dans la figure 4 (A.5.5), le conducteur extérieur (isolé) de l'éprouvette est relié au conducteur intérieur de la sortie du générateur.

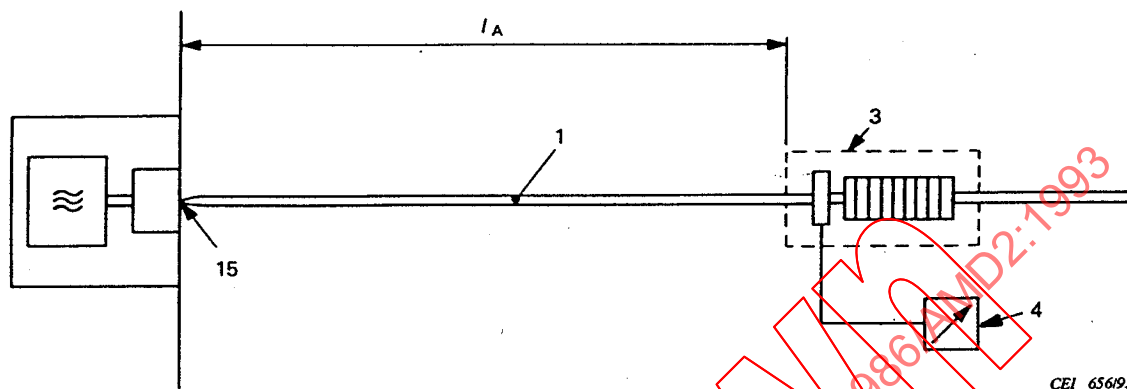


Figure 4 (A.5.5) – Mesure de la perte d'insertion (a_M)

Référence	Désignation
1	Echantillon de câble
3	Pince absorbante
15	Connexion du conducteur extérieur (isolé) de l'échantillon de câble 1 au conducteur intérieur du générateur
l_A	Distance entre la pince absorbante et le point de connexion 15 $l_A = 1,0 \dots 5,0$ m, si $f < 500$ MHz $l_A = 1,0 \dots 2,0$ m, si $f > 500$ MHz

Tous les autres points sont identiques à ceux de la figure 1 (A.5.5).

Les indications maximale et minimale du récepteur de mesure doivent être relevées lorsqu'on déplace la pince le long du câble. La perte d'insertion a_M du dispositif de mesure est donnée par:

$$a_M = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_{4, \max.}} + \frac{P_0}{P_{4, \min.}} \right) - a_R - a_C$$

où

P_0

est la puissance du générateur;

$P_{4, \max.}$

$P_{4, \min.}$

sont les puissances maximale et minimale relevées sur le récepteur de mesure 4;

a_R

est l'affaiblissement de rayonnement en décibels;

a_C

est l'affaiblissement d'étalonnage dû à la désadaptation entre l'impédance de sortie du générateur Z_1 et l'impédance Z_2 du circuit extérieur du conducteur extérieur, en décibels.

A.5.5.6 Insertion loss of the measuring set-up

In the measuring arrangement shown in figure 4 (A.5.5) the insulated outer conductor of the test specimen is connected to the inner conductor of the generator output.

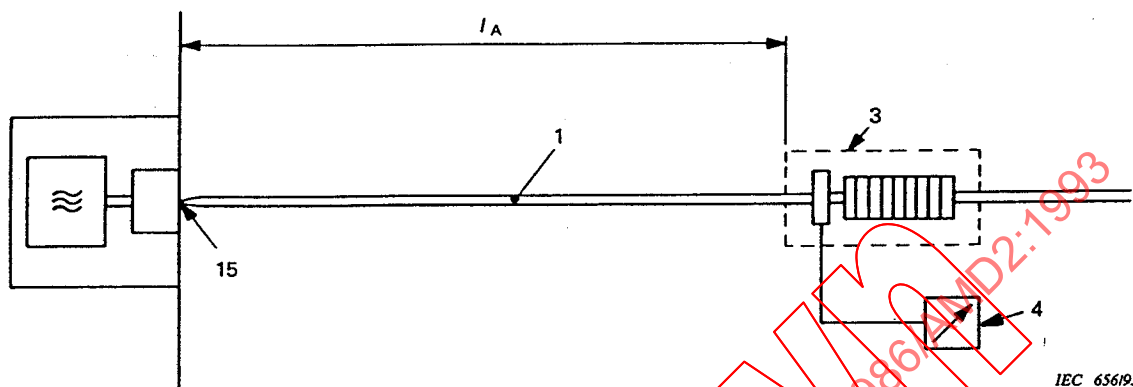


Figure 4 (A.5.5) – Measurement of insertion loss (a_M)

Reference	Item
1	Cable sample
3	Absorbing clamp
15	Connection of insulated outer conductor of cable sample 1 to inner conductor of generator
l_A	Distance between absorbing clamp and connection point 15 $l_A = 1,0 \dots 5,0$ m, if $f < 500$ MHz $l_A = 1,0 \dots 2,0$ m, if $f > 500$ MHz

All other items as in figure 1 (A.5.5).

The maximum and minimum readings of the measuring receiver (level meter) are to be observed when the clamp is moved along the cable. The insertion loss a_M of the measuring set-up is given by:

$$a_M = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_{4, \max.}} + \frac{P_0}{P_{4, \min.}} \right) - a_R - a_C$$

where

P_0 is the power of the generator;

$P_{4, \max.}$ } are the maximum and minimum power at the measuring receiver 4 (level meter);
 $P_{4, \min.}$ }

a_R is the radiation loss in decibels;

a_C is the calibration loss, due to the mismatch between generator output impedance Z_1 and the impedance Z_2 of the outer circuit of outer conductor, in decibels.

Les pertes a_R et a_C respectivement doivent être calculées à partir de:

$$a_R = 8,7 \frac{\log_{10} (22 \bar{l}_A / \lambda)}{\log_{10} (0,27 \bar{l}_A \lambda / d^2)} \quad (1)$$

$$a_C = 10 \cdot \log_{10} \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{4 Z_1 Z_2}$$

$$Z_2 = \left(\ln \frac{\lambda}{\pi d} - 0,6 \right) \cdot 60 \, \Omega \quad (2)$$

où

$\bar{l}_A$ est la valeur moyenne de l_A conformément à la figure 4 (A.5.5);

λ est la longueur d'onde en espace libre;

d est le diamètre extérieur du conducteur extérieur de l'échantillon de câble 1.

A.5.5.7 Affaiblissement des dispositifs absorbants

L'affaiblissement des dispositifs absorbants doit être tel que les ondes réfléchies par la section de câble derrière le dispositif absorbant sont supprimées. Une valeur supérieure à 10 dB est nécessaire.

Le dispositif de mesure est présenté dans la figure 5 (A.5.5).

Le dispositif absorbant à essayer doit être placé aussi près que possible du point de connexion 15. L'espace doit être bien inférieur à un quart de la longueur d'onde dans le système secondaire.

Directement derrière le dispositif absorbant en essai, vu du générateur, le courant sur le conducteur extérieur du câble est mesuré avec une pince absorbante (figure 5a (A.5.5)).

Le dispositif absorbant en essai est ensuite enlevé et la pince absorbante est déplacée vers le point de connexion 15 (figure 5b (A.5.5)). Le courant de la pince est mesuré à nouveau. La différence de niveau est l'affaiblissement du dispositif absorbant.

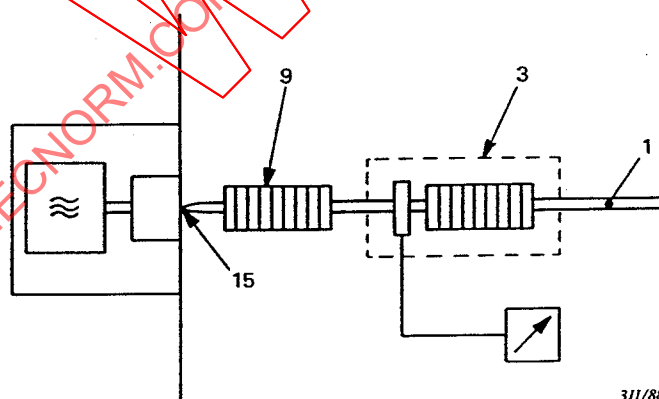


Figure 5a (A.5.5)

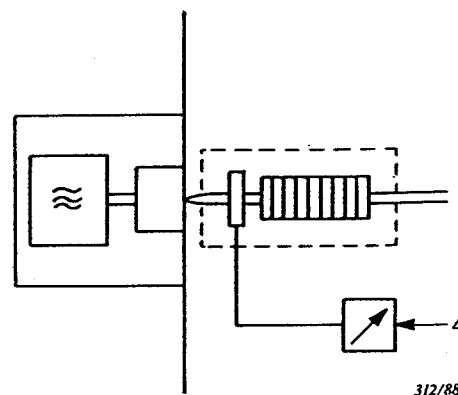


Figure 5b (A.5.5)

Figure 5 (A.5.5) – Mesure de l'affaiblissement des dispositifs absorbants

The losses a_R and a_C respectively are to be calculated from:

$$a_R = 8,7 \frac{\log_{10} (22 \bar{l}_A / \lambda)}{\log_{10} (0,27 \bar{l}_A \lambda / d^2)} \quad (1)$$

$$a_C = 10 \cdot \log_{10} \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{4 Z_1 Z_2}$$

$$Z_2 = \left(\ln \frac{\lambda}{\pi d} - 0,6 \right) \cdot 60 \, \Omega \quad (2)$$

where

$\bar{l}_A$ is the value of l_A according to figure 4 (A.5.5);

λ is the free space wavelength;

d is the diameter of outer conductor of cable sample 1.

A.5.5.7 Attenuation of the absorbers

The attenuation of the absorbers shall be such that waves reflected by the cable section behind the absorber are suppressed. A value above 10 dB is necessary.

The measuring arrangement is shown in figure 5 (A.5.5).

The absorber to be tested shall be positioned as close as possible to connection point 15. The gap shall be much smaller than one-quarter of the wavelength in the secondary system.

Directly behind the absorber under test, as viewed from the generator, the current on the outer cable conductor is measured with an absorbing clamp (figure 5a (A.5.5)).

The absorber under test is then removed and the absorbing clamp is moved forward to the connection point 15 (figure 5b (A.5.5)). The clamp current is measured again. The level difference is the attenuation of the absorber.

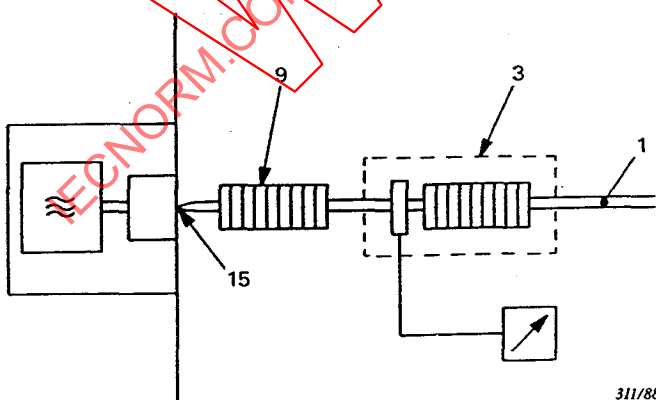


Figure 5a (A.5.5)

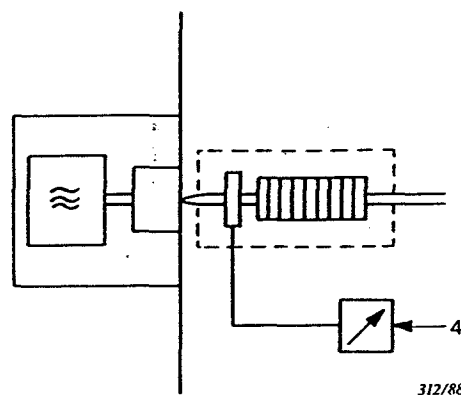


Figure 5b (A.5.5)

Figure 5 (A.5.5) – Measurement of attenuation of the absorbers

A.5.5.8 Dispositif de mesure utilisant des lignes de prolongation

La mesure de la perte d'insertion et de l'affaiblissement du dispositif absorbant doit être effectuée sur une ligne de prolongation, de la même façon que celle effectuée sur l'échantillon de câble, conformément à A.5.5.6 et A.5.5.7.

A.5.5.9 Longueur minimale

La longueur effective de l'échantillon de câble est limitée par la pince absorbante et le tube de ferrite (voir figure 1 (A.5.5)). Pour déterminer la puissance maximale dans le système secondaire, l'échantillon de câble doit avoir au moins la longueur effective suivante:

$$l_{\text{eff.}} \geq l_{\text{min.}} \cdot \frac{150}{f_{\text{min.}}} \cdot \left| \frac{v_{r,2} \cdot v_{r,1}}{v_{r,2} - v_{r,1}} \right| \quad \text{pour } v_{r,1} \neq v_{r,2}$$

où

$l_{\text{eff.}}$ est la longueur effective de l'échantillon de câble, en mètres;

$f_{\text{min.}}$ est la fréquence de mesure la plus basse, en mégahertz;

$v_{r,1}$ est la vitesse relative de propagation dans le système primaire;

$v_{r,2}$ est la vitesse relative de propagation dans le système secondaire.

Si l'on ne connaît pas $v_{r,2}$, la valeur 0,95 doit être utilisée.

NOTE - Correction en cas de longueur plus courte.

Si la longueur de câble minimale nécessaire obtenue par ce calcul ne peut être retenue, on peut utiliser un échantillon de câble plus court de longueur l réelle. Dans ce cas, la puissance de diaphonie mesurée à l'extrémité éloignée doit être divisée par:

$$\sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \cdot l_{\text{réelle}} / l_{\text{min.}} \right)$$

NOTE - Application de l'affaiblissement d'écran dans la conception d'un système.

Si une valeur limite de la puissance rayonnée $P_{r \text{ max.}}$ est spécifiée pour un câblage fonctionnant avec la puissance P_1 , seuls des câbles avec un affaiblissement d'écran:

$$a_s \geq P_1 - P_{r \text{ max.}}$$

sont utilisables pour ce système.

Un système existant constitué de câbles dont l'affaiblissement d'écran est a_s peut, seulement fonctionner avec une puissance:

$$P_1 \leq P_{r \text{ max.}} + a_s$$

si une valeur limite est spécifiée pour la puissance rayonnée,

où

P_1 est la puissance à l'entrée du câble en dB (μ W);

$P_{r \text{ max.}}$ est la valeur limite de la puissance rayonnée en dB (μ W).

A.5.5.8 Measuring set-up using extension lines

The measurement of insertion loss and absorber attenuation shall be made on an extension line in the same way as that carried out on the cable sample in accordance with A.5.5.6 and A.5.5.7.

A.5.5.9 Minimum length

The effective length of the cable sample is limited by the absorbing clamp and the ferrite tube in figure 1 (A.5.5). For determining the maximum power in the secondary system, the cable sample shall have at least the following effective length:

$$l_{\text{eff.}} \geq l_{\text{min.}} \cdot \frac{150}{f_{\text{min.}}} \cdot \left| \frac{v_{r,2} \cdot v_{r,1}}{v_{r,2} - v_{r,1}} \right| \quad \text{for } v_{r,1} \neq v_{r,2}$$

where

$l_{\text{eff.}}$ is the effective length of the cable sample in metres;

$l_{\text{min.}}$ is the lowest measuring frequency in megahertz;

$v_{r,1}$ is the velocity ratio of the primary system;

$v_{r,2}$ is the velocity ratio of the secondary system.

If $v_{r,2}$ is unknown, the value 0,95 shall be used.

NOTE - Correction in the case of shorter length.

If the required minimum cable length yielded by this equation cannot be realized, it is permissible to use a shorter cable sample with length l_{actual} . In this case the measured far end cross-talk power shall be divided by:

$$\sin^2 \left(\frac{\pi}{2} \cdot l_{\text{actual}} / l_{\text{min.}} \right)$$

NOTE - Application of the screening attenuation in system planning.

If a limit value of the radiating power level $P_{r \text{ max.}}$ is specified for the cable system operated with the power level P_1 , only cables with a screening attenuation:

$$a_s \geq P_1 - P_{r \text{ max.}}$$

are suitable for this system.

An existing system consisting of cables with the screening attenuation a_s may only be operated with a power level:

$$P_1 \leq P_{r \text{ max.}} + a_s$$

If a limit value is specified for the radiating power level,

where

P_1 is the power level at the input of the cable in dB (μ W);

$P_{r \text{ max.}}$ is the limit value of the radiating power level in dB (μ W).

A.5.6 Méthode de la ligne d'injection (domaine fréquentiel)

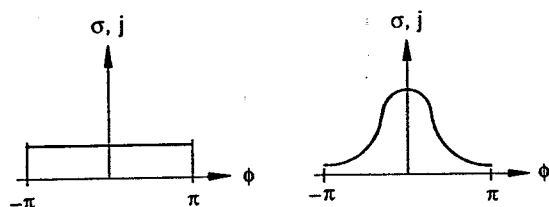
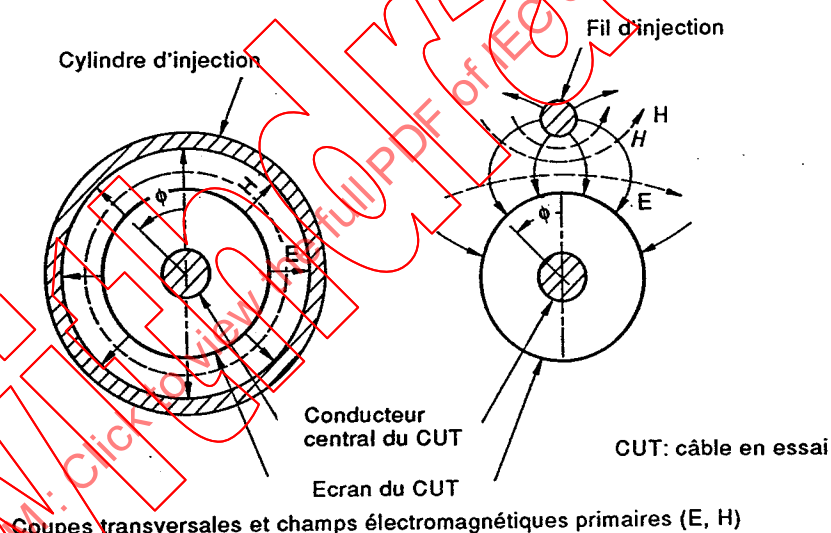
A.5.6.1 Principe

L'essai permet de déterminer l'efficacité d'écran d'un câble coaxial pour radiofréquences, par injection d'un courant et d'une tension bien définis sur l'écran du câble et par la mesure de la tension interne induite, afin de déterminer l'impédance de transfert de surface.

Normalement, un montage d'essai pour la mesure de l'efficacité d'écran comprend une ligne de transmission adaptée dont l'écran en essai est l'un des conducteurs. Par opposition au système triaxial (voir figure 6a) le circuit primaire ou circuit extérieur de la méthode de la ligne d'injection (voir figure 6b) est constitué d'une ligne de transmission bifilaire.

Avec le système de ligne de transmission bifilaire utilisé dans le montage de mesure à ligne d'injection, on peut faire des mesures dans la bande de fréquences comprises entre quelques kHz et au moins 3 GHz avec une instrumentation classique.

La principale différence entre le montage triaxial et le montage à ligne d'injection est la distribution du courant et de la charge sur la circonférence de l'écran. Elle est uniforme et indépendante de ϕ dans le montage triaxial, tandis qu'elle est fonction de ϕ dans le montage à ligne d'injection, à cause de l'effet de proximité (voir figure 6).



Charge primaire et densités de courant sur l'écran

CEI 657/193

Figure 6a

Figure 6b

Figure 6 (A.5.6) – Géométrie et grandeurs électriques dans les montages de mesure

A.5.6 Line injection method (frequency domain)

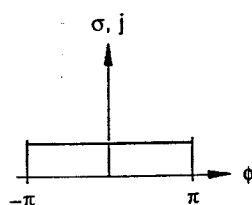
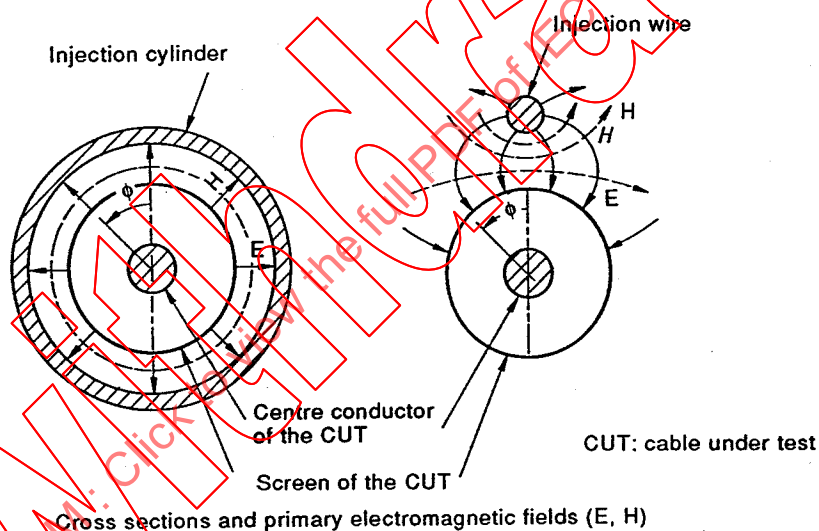
A.5.6.1 Principle

The test determines the screening effectiveness of an r.f. coaxial cable by applying a well defined current and voltage to the screen of the cable and measuring the internally induced voltage in order to determine the surface transfer impedance.

Usually a test set-up for screening effectiveness measurements consists of a matched transmission line, the screen under test being one of the conductors of this transmission line. In contrast to the triaxial system, see figure 6a, the primary or outer circuit of the line injection method (see figure 6b) is formed by a two-wire transmission line.

With the two-wire transmission line system used for the line injection set-up, measurements in the frequency range of a few kHz up to at least 3 GHz can be made with the use of normal high-frequency instrumentation.

The main difference between the triaxial and the line injection set-up is the current and charge distribution on the circumference of the screen. It is homogeneous and independent of ϕ in the triaxial set-up, whereas it is a function of ϕ in the line injection set-up, due to the proximity effect (see figure 6).



Primary charge and current densities on the screen

Figure 6a

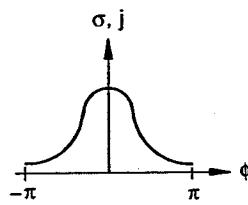


Figure 6b

IEC 657/93

Figure 6 (A.5.6) – Geometry and electric quantities in test set-ups

Puisque le couplage total dans une section droite est la somme des couplages sur la circonférence de l'écran et que d'autre part, Z_T et Z_F sont définis par rapport au courant total et à la charge totale sur l'écran, on peut démontrer que pour un écran homogène, on obtient pratiquement les mêmes valeurs Z_T et Z_F avec les deux montages. Z_T est l'impédance de transfert de surface (Ω/m) et Z_F est l'impédance de couplage capacitif (Ω/m). On entend par écran homogène, un écran dont les caractéristiques sont indépendantes de ϕ et z (axe longitudinal), par exemple un tube parfait. Ceci est également vrai pour les écrans quasi homogènes, c'est-à-dire comportant un grand nombre de petites ouvertures ou autres petites discontinuités uniformément réparties sur la circonférence.

Une différence nette entre les résultats mesurés en ligne d'injection et en triaxial peut être observée sur les écrans comportant une discontinuité longitudinale unique telle que la fente d'un film métallisé posé en long. Quand le fil d'injection est placé au voisinage d'une telle fente, on obtient une valeur d'efficacité d'écran plus mauvaise qu'avec le montage triaxial.

De la figure 6b, on peut conclure que le montage à ligne d'injection simule les champs existant sur les câbles coaxiaux quand ils sont installés au voisinage d'autres conducteurs. Dans ce cas, l'essai avec la ligne d'injection fournit une mesure réaliste du pire des cas si on déplace le fil d'injection autour du blindage.

A.5.6.2 Notions de base

A.5.6.2.1 Schéma théorique du montage d'essai à ligne d'injection

Sur la figure 7, le circuit primaire (extérieur) est une ligne de transmission constituée de deux ou plusieurs fils parallèles et du conducteur extérieur du câble en essai.

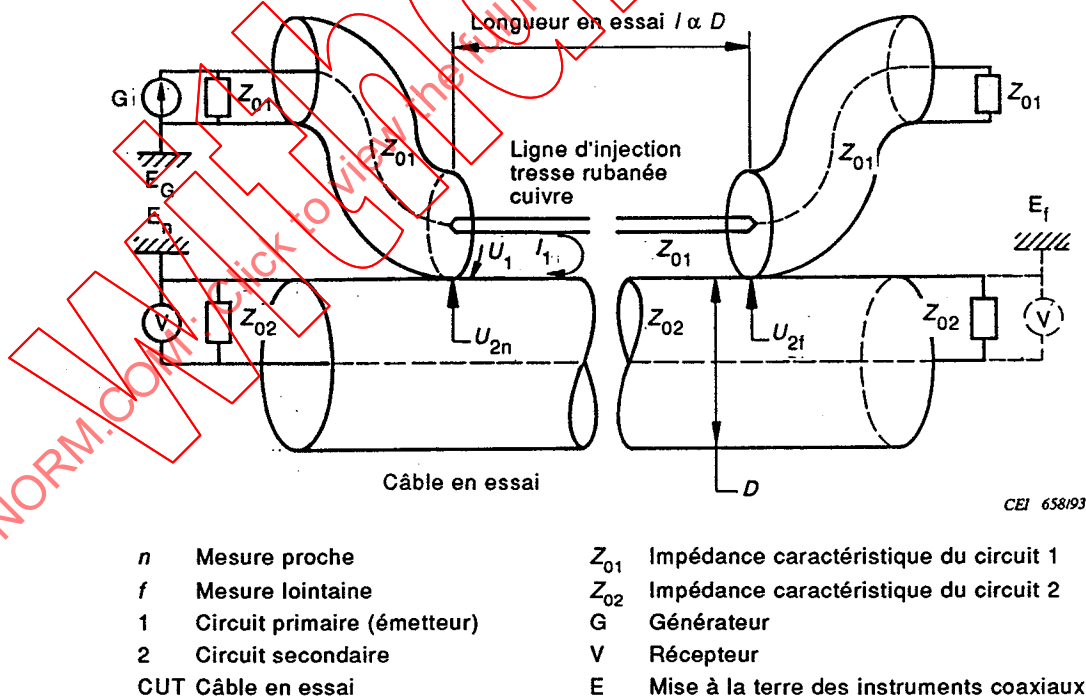


Figure 7a (A.5.6) – Schéma théorique du montage d'essai à ligne d'injection

Les deux extrémités des fils sont connectées à des câbles coaxiaux. L'impédance caractéristique du circuit d'injection doit être adaptée à celle des appareils utilisés de façon à constituer un système complètement adapté.

Since the total coupling in a cross-section is the sum of the couplings on the circumference of the screen and, furthermore, as Z_T and Z_F are related to the total current and charge on the screen, it can be proven that for a homogeneous screen, practically the same Z_T and Z_F values are obtained with both set-ups. Z_T is the surface transfer impedance (Ω/m) and Z_F is the capacitive coupling impedance (Ω/m). A homogeneous screen means no variation with respect to ϕ and z (longitudinal axis), i.e. a perfect tube. This is also true for quasi-homogeneous screens, i.e. for screens having many small openings or other small discontinuities equally distributed on the circumference.

A clear difference between line injection and triaxial test data can be observed on screens having a single longitudinal discontinuity such as the slot of a "cigarette wrap" foil. When the injection line is placed close to such a slot a worse screening effectiveness value will be obtained than with the triaxial set-up.

From figure 6b, it can be concluded that the line injection set-up simulates the fields existing on coaxial cables when installed near other conductors. Thus, the line injection test can provide a realistic worst case test when the injection wire is placed at points around the screen.

A.5.6.2 Basics

A.5.6.2.1 Theoretical transmission type line injection test lay-out

As shown in figure 7, the primary (outer) circuit is constructed as a transmission line using two or more parallel wires and the outer conductor of the CUT.

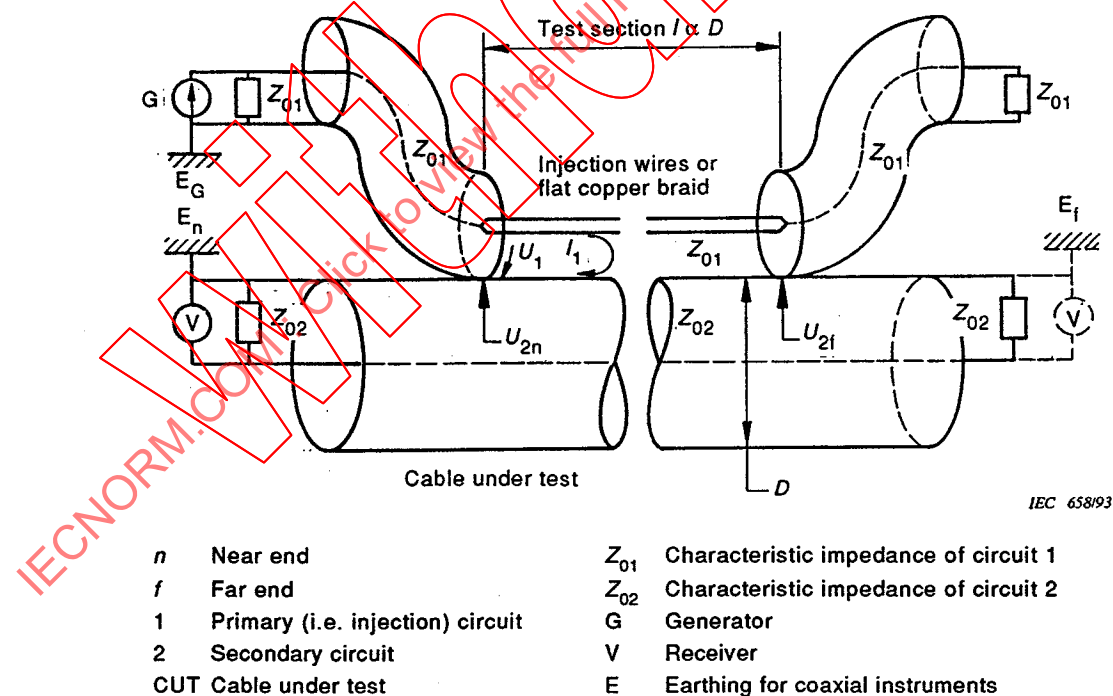


Figure 7a (A.5.6) – Theoretical transmission type line injection test lay-out

Both ends of the wires are connected to coaxial cables. The characteristic impedance of the signal injection circuit shall be adjusted to that of the available test equipment to create a fully matched system.

L'efficacité de l'écran d'un câble en essai peut être déduite des relations entre courants et tensions de la figure 7. Comme la longueur d'onde des signaux à la fréquence de mesure réagit avec la longueur de la zone de couplage entre systèmes primaire et secondaire, une analyse complémentaire est nécessaire.

A.5.6.2.2 Câbles électriquement courts

L'impédance de transfert de surface, Z_T , pour un câble électriquement court et de structure longitudinale uniforme, est définie comme le rapport de la tension induite dans le circuit secondaire (circuit intérieur), au courant circulant dans le circuit primaire (circuit extérieur).

Bien que la plupart des câbles aient des capacités de couplage négligeables, dans le cas d'un câble à tresse unique peu serrée, le couplage au travers des trous de l'écran est exprimé en fonction de la capacité de couplage, C_T , ou de l'admittance capacitive de couplage, (Y_C). Y_C est défini comme le rapport du courant induit dans le circuit secondaire (circuit intérieur) à la tension induite dans le circuit primaire (circuit extérieur). Pour un câble électriquement court et de structure longitudinale uniforme

$$Y_C = j\omega C_T \quad (1)$$

La capacité C_T dépend du circuit extérieur.

NOTE - La condition $l < \lambda/10$ constitue un bon critère pour un câble électriquement court (régime basse fréquence où l est la longueur du câble, λ est la longueur d'onde ($\lambda = \frac{300}{f\sqrt{\epsilon_r}}$) avec f en mégahertz et λ en mètres.

A.5.6.2.3 Câbles électriquement longs

Pour les câbles électriquement longs, les couplages inductifs et capacitifs agissent simultanément sur le câble, de sorte que l'impédance équivalente de transfert Z_{TE} (qui inclut les deux effets) ou l'affaiblissement d'écran, constitue des mesures adéquates de l'efficacité d'écran aux fréquences élevées.

L'impédance capacitive de couplage, Z_F , est définie par:

$$Z_F = Z_{01} Z_{02} \cdot j\omega C_T \quad (2)$$

L'impédance de transfert équivalente, Z_{TE} , est définie par:

$$Z_{TE} = \max. |Z_F \pm Z_T| \quad (3)$$

D'après la figure 7, la fonction de transfert du couplage T , ne dépend pas du sens de l'injection.

From the current and voltage relationships in figure 7, the screening effectiveness of a CUT can be determined. As the wavelength of the test frequency interacts with the length of the coupled section between the primary and secondary system, additional considerations are necessary.

A.5.6.2.2 Electrically short cable lengths

Surface transfer impedance, Z_T of an electrically short longitudinally uniform cable is defined as the quotient of the longitudinal voltage induced in the secondary (inner) circuit to the current flowing in the primary (outer) circuit.

Although most cables have negligible capacitance coupling, in the case of a loose single braided cable the coupling through the holes in the screen is described in terms of the through capacitance, C_T or the capacitance coupling admittance, (Y_C). Y_C is defined as the quotient of the current induced in the secondary (inner) circuit to the voltage developed in the primary (outer) circuit. For an electrically short longitudinally uniform cable

$$Y_C = j\omega C_T \quad (1)$$

The through capacitance, C_T is dependent on the outer circuit.

NOTE - A good criterion for an electrically short cable or for low frequencies may be taken as $l < \lambda/10$ where l is the length of the cable and λ is the wavelength ($\lambda = \frac{300}{\sqrt{\epsilon_r} f}$) with f in megahertz and λ in metres.

A.5.6.2.3 Electrically long cable lengths

For electrically long cables the capacitance and inductive couplings act on the cable at the same time so that either the equivalent transfer impedance, Z_{TE} (which includes both effects) or the screening attenuation may be an adequate measure of the screening at high frequencies.

The capacitance coupling impedance, Z_F , is defined as:

$$Z_F = Z_{01} Z_{02} \cdot j\omega C_T \quad (2)$$

The equivalent transfer impedance, Z_{TE} , is defined as:

$$Z_{TE} = \max. |Z_F \pm Z_T| \quad (3)$$

With reference to figure 7, the coupling transfer function, T , is the invariant quantity with respect to the direction of feeding.

Les amplitudes normalisées pour les couplages en extrémités proche et éloignée s'écrivent respectivement comme suit:

$$T_n = \frac{U_{2n}/\sqrt{Z_{02}}}{U_1/\sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2n} \cdot \sqrt{Z_{02}}}{I_1 \cdot \sqrt{Z_{01}}} \quad (4)$$

$$T_f = \frac{U_{2f}/\sqrt{Z_{02}}}{U_1/\sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2f} \cdot \sqrt{Z_{02}}}{I_1 \cdot \sqrt{Z_{01}}} \quad (5)$$

où

U_1 est la tension, à l'extrémité proche du circuit primaire, de l'onde se déplaçant vers l'extrémité éloignée.

Du fait de l'adaptation des circuits et en faisant l'hypothèse que l'interaction du secondaire sur le primaire est négligeable, il n'y a pas d'onde se déplaçant vers l'origine du circuit primaire. L'hypothèse de $T \ll 1$ est vraie pour les câbles r.f. classiques.

U_{2n} est la tension à l'extrémité proche du circuit secondaire, se déplaçant vers l'extrémité proche;

U_{2f} est la tension à l'extrémité éloignée du circuit secondaire, se déplaçant vers l'extrémité éloignée.

A.5.6.3 Constructions pratiques du montage de mesure à ligne d'injection

Comme il est indiqué sur la figure 8, l'installation complète comprend tous les éléments nécessaires pour des mesures précises dans la bande de fréquences comprises entre quelques kHz et au moins 3 GHz, avec une dynamique de mesure de 150 dB.

Le circuit d'injection est connecté à des câbles coaxiaux à ses deux extrémités par l'intermédiaire d'un adaptateur. Le type de conducteur (deux ou plusieurs fils parallèles, tresse de cuivre plate, etc.) et le type d'isolant doivent être choisis de façon à adapter l'impédance de l'ensemble du circuit primaire. La ligne d'injection peut être fixée au câble en essai au moyen de ruban adhésif, d'un frettage ou de moyens équivalents.

La forme des adaptateurs est déterminée de manière à permettre la meilleure adaptation du mode TEM symétrique, dans les câbles coaxiaux d'alimentation et de charge, au champ asymétrique dans la ligne à fils parallèles, tout en assurant une bonne rigidité mécanique pour des utilisations répétées. Les détails d'un adaptateur possible sont donnés dans les figures 9 à 12. Le réglage précis de la discontinuité J peut être obtenu par déformation de la mousse isolante, repère 8 de la figure 9. Pour les fréquences supérieures à 3 GHz, il convient que le facteur de réflexion de chaque adaptateur soit inférieur à $r = 0,3$.

L'adaptation peut être contrôlée à l'aide d'un réflectomètre temporel (TDR) ou avec un analyseur de réseau effectuant la transformation fréquence temps par utilisation d'une transformée de Fourier rapide.

A et B sont des boîtes blindées pour la connexion du câble en essai au récepteur et au circuit de terminaison, voir figure 14. C et D sont les connecteurs (par exemple SMA, N, TNC, etc.).

It is the normalized wave amplitudes for near end and far end coupling respectively as follows:

$$T_n = \frac{U_{2n}/\sqrt{Z_{02}}}{U_1/\sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2n} \cdot \sqrt{Z_{02}}}{I_1 \cdot \sqrt{Z_{01}}} \quad (4)$$

$$T_f = \frac{U_{2f}/\sqrt{Z_{02}}}{U_1/\sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2f} \cdot \sqrt{Z_{02}}}{I_1 \cdot \sqrt{Z_{01}}} \quad (5)$$

where

U_1 is the voltage wave in the primary circuit at the near end, travelling to the far end.

Due to matched circuits and to the assumption that the total re-coupled wave from the secondary to the primary circuit is negligible there is no wave in the primary circuit travelling to the near end. This assumption of $T \ll 1$ is true for practical r.f. cables.

U_{2n} is the voltage wave in the secondary circuit to the near end and measured at the near end.

U_{2f} is the voltage wave in the secondary circuit to the far end and measured at the far end.

A.5.6.3 Practical construction of the line injection test set-up

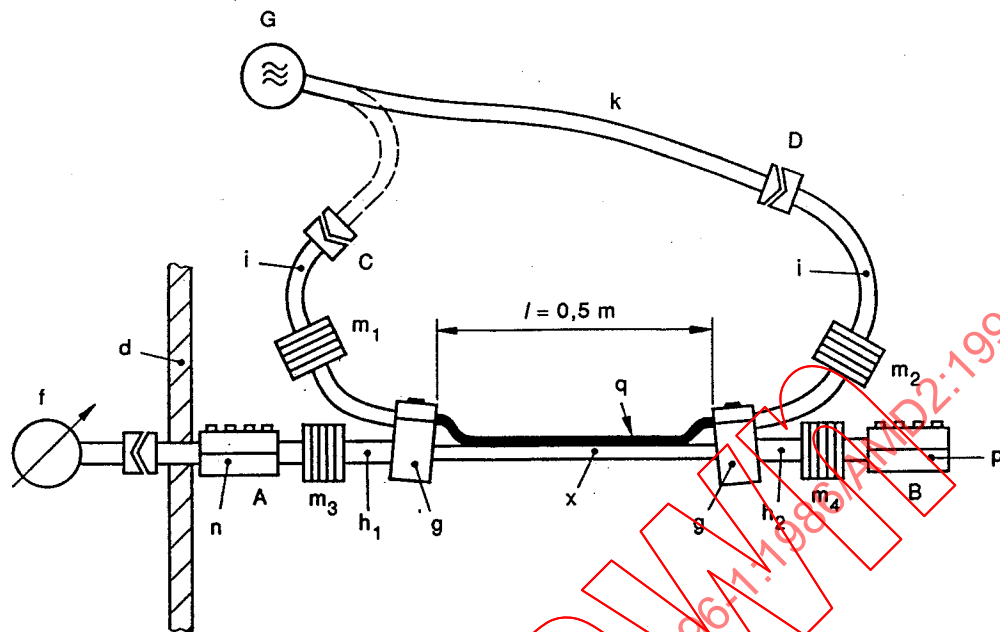
As shown in figure 8, the complete installation includes all the necessary elements for accurate measurements in the frequency range from a few kHz up to at least 3 GHz and a dynamic range measurement of up to 150 dB.

The injection circuit is connected to a coaxial cable at each end via a launcher. The type of conductor (two or more parallel wires, flat copper braid, etc.) and the type of insulation shall be chosen to match the characteristic impedance of the whole primary circuit. The injection line itself may be attached to the CUT by means of adhesive tape, binding thread or equivalent.

The design of the launchers is adjusted to allow an optimum matching of the symmetrical TEM-field in the coaxial feeding and terminating cables to the asymmetrical field along the parallel line whilst maintaining good mechanical strength for repeated use. Details of a possible launcher are given in figures 9 to 12. Fine tuning of the discontinuity J can be made by varying the foam insert, item 8 of figure 9. For frequencies up to 3 GHz the reflection factor of each launcher should be lower than $r = 0,3$.

Matching can be checked with a time domain reflectometer (TDR) or with a network analyser capable of frequency-to-time conversion using fast Fourier transform.

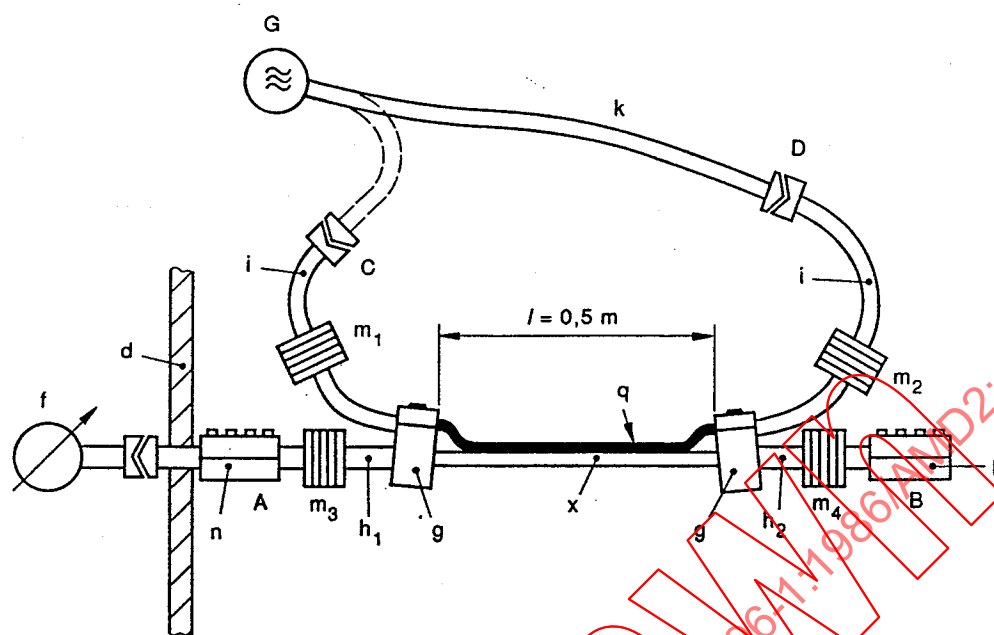
A and B are screening boxes for connecting the CUT to the receiver and to the termination, see figure 14. C and D are connectors (e.g. SMA, N, TNC, etc.).



CEI 659/93

- A, B, C, D Décrits dans le texte
 x Câble en essai (CUT)
 d Parois de la cage écran avec passage pour le coaxial
 G Générateur (synthétiseur ou générateur de poursuite, etc.)
 f Récepteur (analyseur de spectre, analyseur de réseau, etc.)
 g Adaptateurs de la ligne d'injection
 h Tube laiton ou de cuivre servant d'écran supplémentaire au câble en essai
 i Câble d'alimentation pour la ligne d'injection (faible perte)
 k Câble d'alimentation en provenance du générateur
 m Bagues de ferrite (longueur d'environ 100 mm)
 n Blindage supplémentaire pour le raccordement de la cage de Faraday au câble en essai
 p Blindage supplémentaire pour la résistance de terminaison du câble en essai
 q Ligne d'injection

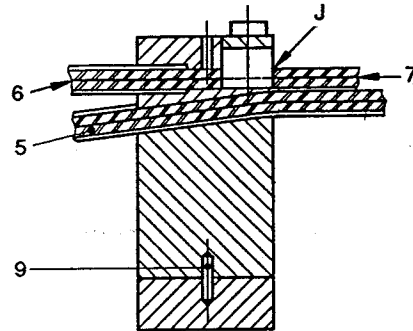
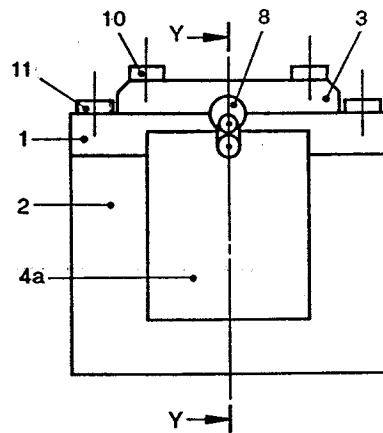
Figure 8 (A.5.6) – Montage complet pour la mesure d'efficacité d'écran



IEC 659/93

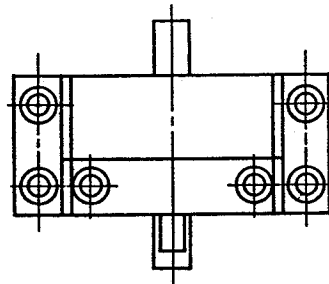
- A, B, C, D Described in the text
 x Cable under test (CUT)
 d Screened room wall with screened coaxial feed-through
 G Generator (synthesiser or tracking generator, etc.)
 f Test receiver (spectrum analyser, network analyser, etc.)
 g Launcher to the injection line
 h Brass/copper tube for additional screening for the CUT
 i Feeding cables for injection wire (low loss)
 k Feeding cable from the generator
 m Ferrite rings (length approximately 100 mm)
 n Additional screening for connection screened room/CUT
 p Additional screening for terminating resistance of CUT
 q Injection line

Figure 8 (A.5.6) – Complete installation for practical screening effectiveness measurements



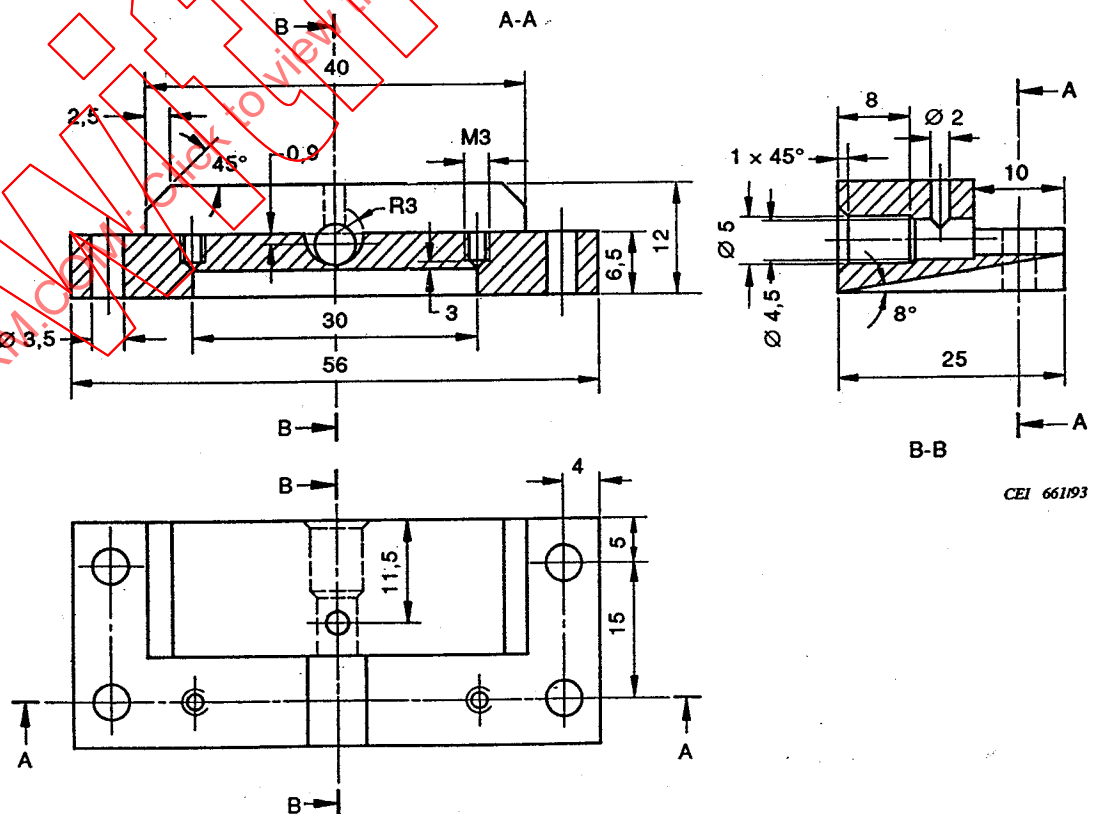
Y-Y

CEI 660/93



Quantité	Nature	Rep	Remarques, matière
4	Vis métrique M3 x M10	11	
2	Vis métrique M3 x M6	10	
1	Clavette 2 x 8	9	
1	Diélectrique expansé	8	à voisin de 1
1	Fil d'injection	7	
1	Câble coaxial 50 Ω	6	Selon impédance requise
1	Câble en essai	5	
1	Support du câble en essai	4a	Laiton
1	Dispositif d'adaptation d'impédance	3	Laiton
1	Partie inférieure	2	Laiton
1	Partie supérieure	1	Laiton
Adaptateur (quantité requise: 2)			

Figure 9 (A.5.6) – Ensemble d'adaptation pour la méthode de la ligne d'injection – liste des composants



CEI 661/93

Figure 10 (A.5.6) – Partie supérieure de l'adaptateur – repère 1

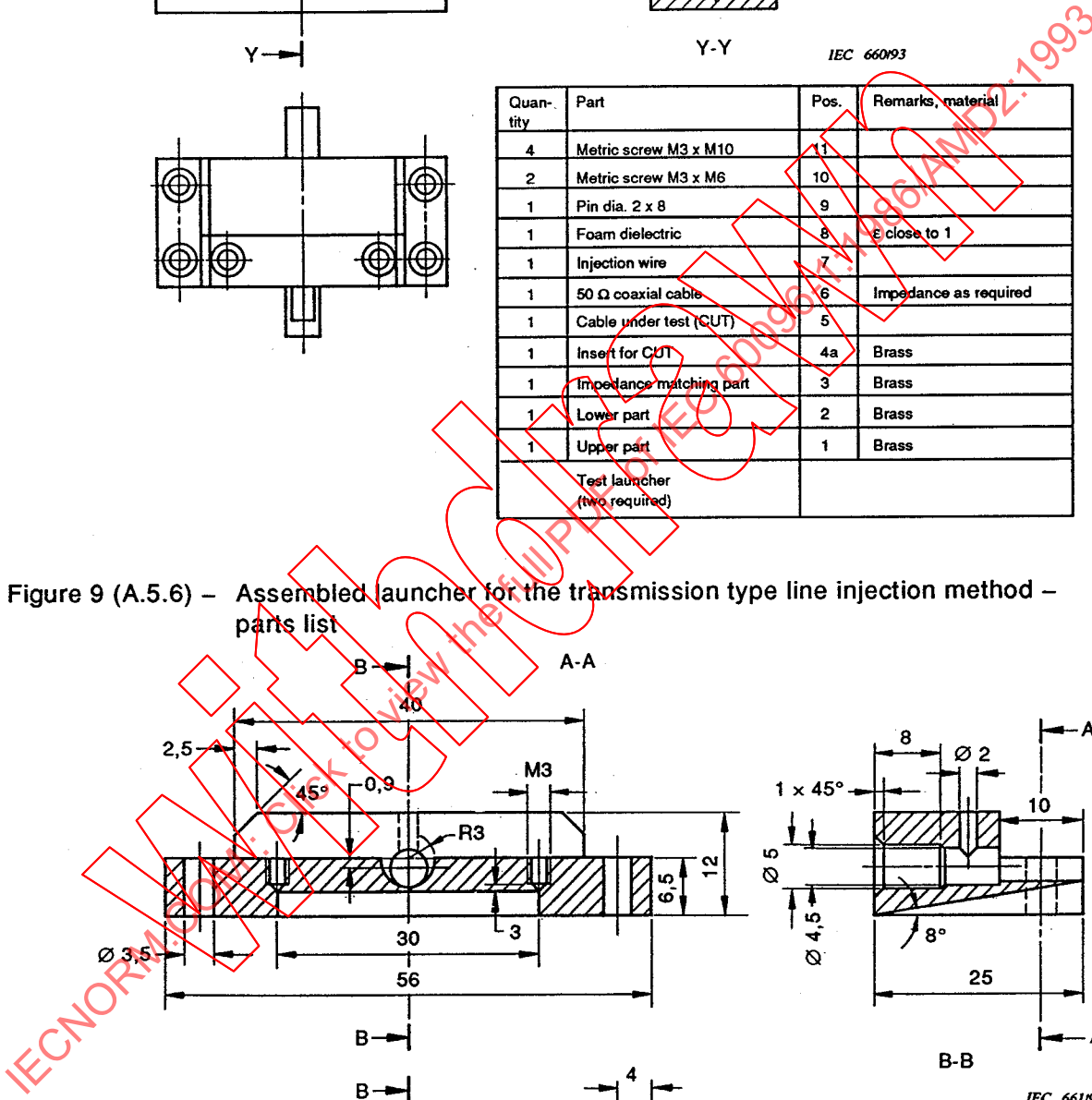


Figure 9 (A.5.6) – Assembled launcher for the transmission type line injection method – parts list

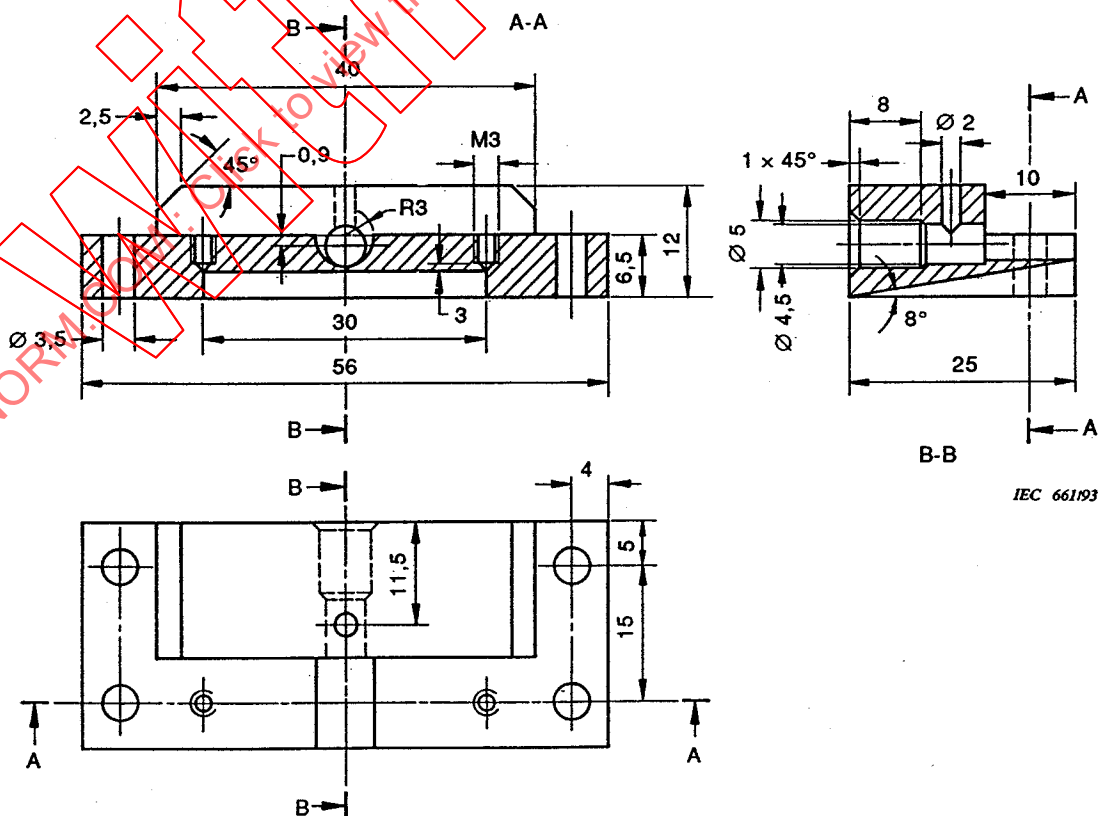


Figure 10 (A.5.6) – Upper part of launcher – position 1

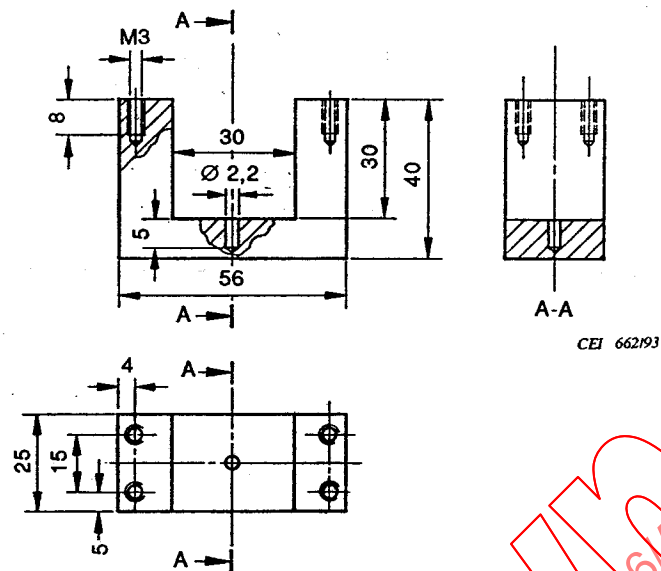


Figure 11 (A.5.6) - Partie inférieure de l'adaptateur - repère 2

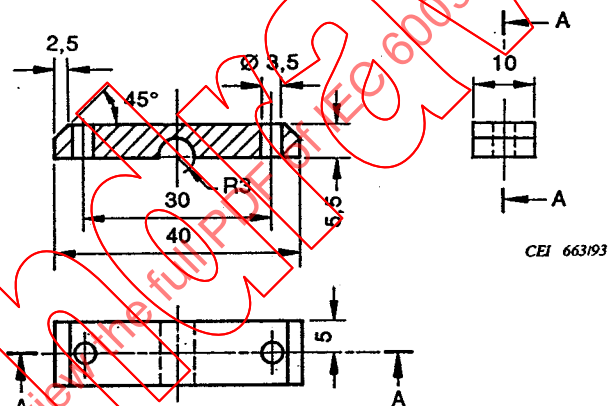


Figure 12 (A.5.6) - Dispositif d'adaptation d'impédance de l'adaptateur - repère 3

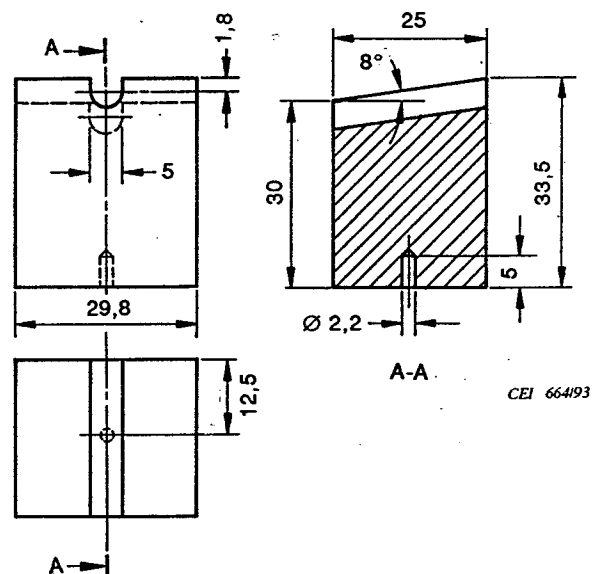


Figure 13 (A.5.6) - Support du câble en essai (adapté à la taille du câble) - repère 4a

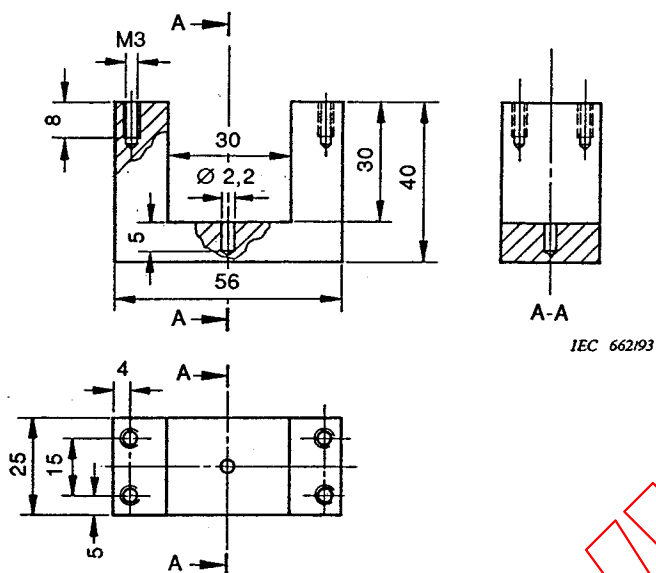


Figure 11 (A.5.6) – Lower part of launcher – position 2

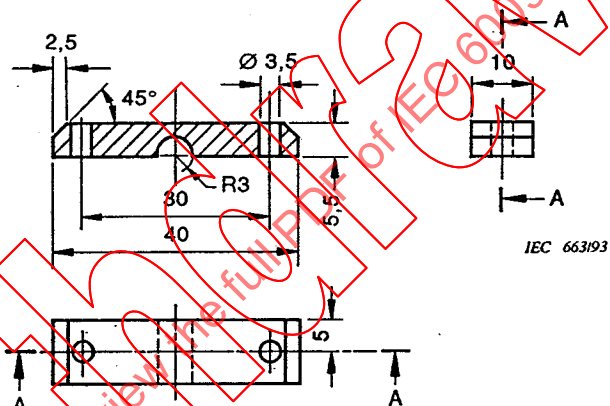


Figure 12 (A.5.6) – Impedance matching part of launcher – position 3

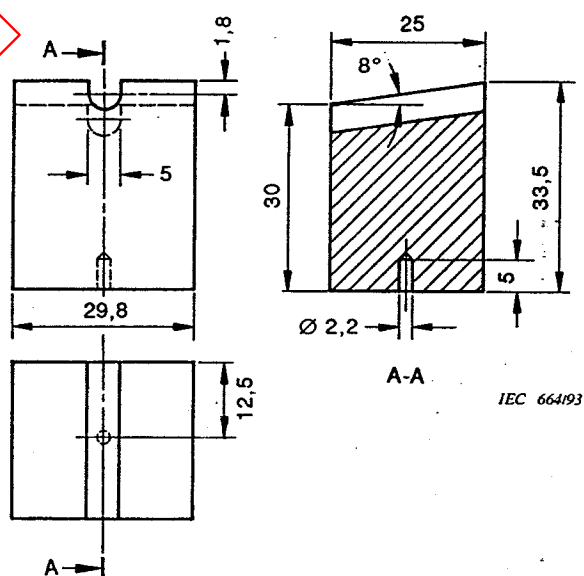


Figure 13 (A.5.6) – Insert for adapting the different sizes of CUTs – position 4a

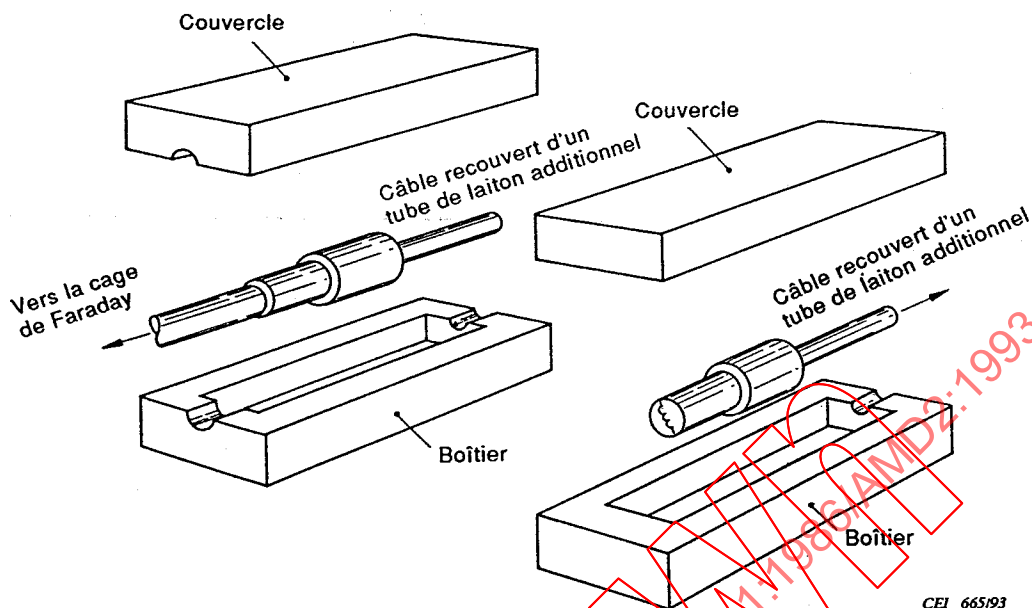


Figure 14 (A.5.6) - Ecran additionnel des connecteurs du câble en essai

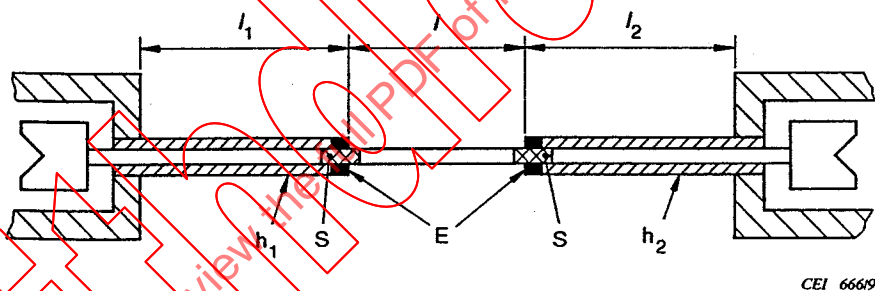


Figure 15 (A.5.6) - Préparation du câble en essai

Il convient que les anneaux en ferrite mentionnés aient l'inductance ad hoc, voir b), de A.5.6.6.1 et une longueur d'au moins 100 mm afin d'éviter l'excitation, comme une antenne, de l'extrémité terminée par une charge et afin d'augmenter l'impédance de boucle à la terre.

A.5.6.4 Equipement de mesure

L'équipement de mesure pour une gamme d'impédance de transfert très étendue est composé de:

Générateur de signaux

- générateur de poursuite ou synthétiseur;
- amplificateur de puissance pour des impédances de transfert de valeur inférieure à $3 \mu\Omega/m$ (c'est-à-dire >150 dB);
- atténuateur à pas calibrés.

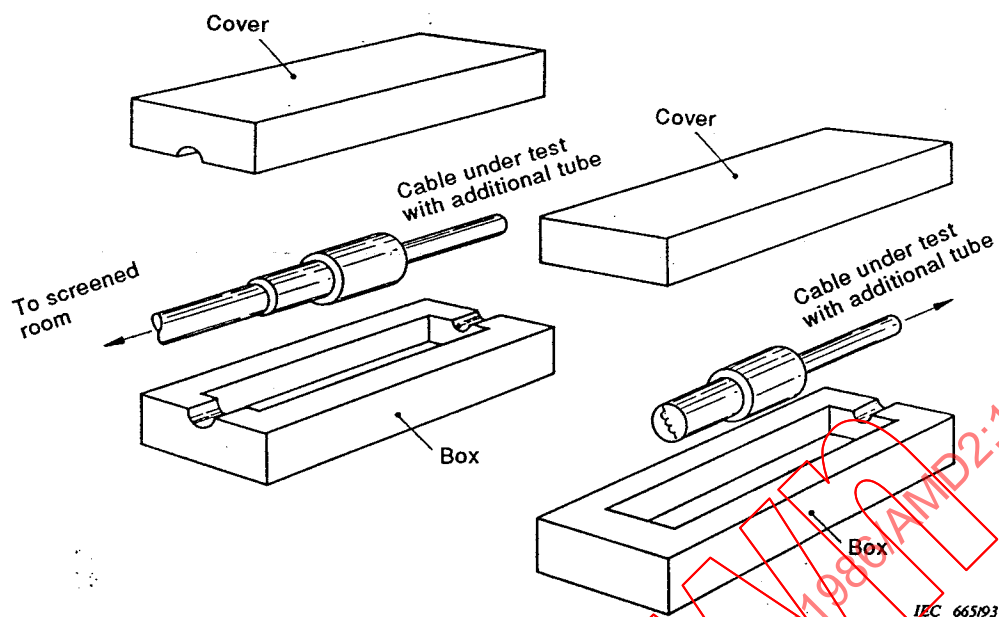


Figure 14 (A.5.6) – Additional screening of connectors on the CUT

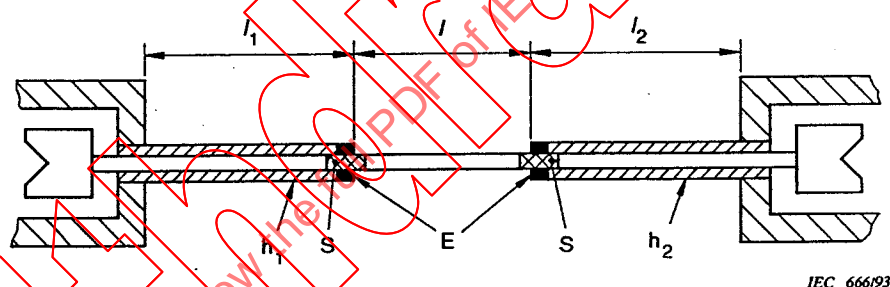


Figure 15 (A.5.6) – Preparation of the cables under test

The ferrite rings shown should have adequate inductance, see b), of A.5.6.6.1 and be at least 100 mm in length to prevent the excitation of the terminated end as an antenna and in order to increase the impedance of the earth loop.

A.5.6.4 Test equipment

The measurement equipment for high dynamic range transfer impedance tests consists of:

Signal generator

- tracking generator or synthesised signal generator;
- power amplifier for transfer impedance values below $3 \mu\Omega/\text{m}$ (i.e. $>150 \text{ dB}$);
- calibrated step attenuator.

Récepteur

- amplificateur à faible bruit;
- analyseur de spectre.

NOTES

- 1 Il est préférable de contrôler le générateur de signaux et le récepteur à l'aide d'un ordinateur avec saisie des données et traitement graphique.
- 2 Une dynamique de 120 dB peut être obtenue avec un analyseur de réseau, si l'on prend soin d'éviter les couplages internes dans l'instrumentation. Ces appareils permettent de mesurer la phase de la fonction de transfert mais aux très bas niveaux, la précision de la mesure de phase est critique.
- 3 Si la dynamique requise est inférieure à 120 dB, une cage de Faraday n'est pas nécessaire.

A.5.6.5 Préparation de l'éprouvette de mesure (câble en essai)

La longueur recommandée entre adaptateurs est de 0,5 m pour les fréquences inférieures ou égales à 3 GHz. Si la sensibilité de l'instrumentation est suffisante et si les effets d'extrémité sont négligeables par rapport à la longueur mesurée, celle-ci peut être réduite. Cela limite les effets de la différence des vitesses de propagation des circuits primaire et secondaire et réduit l'affaiblissement du circuit d'injection.

Il convient que la partie du câble en essai en dehors de la zone d'injection (on recommande 0,5 m à 1 m) ait un blindage additionnel constitué d'un tube de cuivre ou de laiton, voir les repères h_1 et h_2 de la figure 15. Ces tubes de blindage doivent être raccordés à l'écran S du câble aux points E par brasure ou sertissage. Dans le cas de brasure, prendre soin de ne pas endommager le diélectrique par une élévation de température excessive.

Il est recommandé de choisir un tube de diamètre tel que le câble en essai, débarrassé de sa gaine, passe à l'intérieur et soit servi à l'aide d'un outil standard. Cette méthode a l'avantage d'éviter l'effilochage de la tresse du câble S, dans la zone où la gaine est retirée, par la proximité du tube. Dans le cas de câbles à blindage non brasable (film ou tresse aluminium), on peut utiliser des coins pour réaliser le contact.

Des connecteurs (N, SMA) doivent être montés aux deux extrémités du câble en essai. Ils sont connectés à la charge et au récepteur dans des boîtiers blindés (lorsqu'une grande dynamique de mesure est nécessaire, voir A.5.6.4, notes 2 et 3).

L'ensemble du câble en essai doit être mesuré au TDR pour vérifier sa qualité. Pour empêcher les dégradations mécaniques, on doit éviter les efforts de pliage dans les zones de transition tubes/zone d'injection.

Pour réduire l'influence des couplages électromagnétiques indésirables dans les extrémités libres, la somme des longueurs l_1 et l_2 ne doit pas dépasser la longueur de la zone d'injection du câble en essai.

A.5.6.6 Précautions de mesure

A.5.6.6.1 Valeur du courant primaire

Quand on effectue des mesures en extrémité éloignée avec des instruments de type coaxial conventionnel, le récepteur est habituellement mis à la terre en E_r , voir figure 7. A basse fréquence, là où les effets résistifs peuvent prévaloir sur les effets inductifs, ou en raison de résonance à haute fréquence, une partie du courant inducteur peut passer

Receiver

- low noise amplifier;
- spectrum analyser.

NOTES

- 1 It is preferable to control the signal generator and the receiver by desk-top computer for data acquisition and presentation.
- 2 Level differences of about 120 dB can be measured with network analysers if care is taken to avoid internal signal leakage in the signal instrumentation. These instruments allow for testing of the phase of the transfer function, but at the low signal levels involved, the accuracy of phase measurement becomes critical.
- 3 If the dynamic range required is not more than about 120 dB, a screened room is unnecessary.

A.5.6.5 Preparation of the test sample (CUT)

The recommended test length between the two launchers is 0,5 m for frequencies up to 3 GHz. If there is sufficient sensitivity in the measuring instruments and if end effects on the test length are not significant, the test length may be reduced. This minimises the effect of propagation velocity difference between the primary and secondary circuits and reduces the attenuation in the injection circuit.

The part of the CUT outside its test length (0,5 m to 1 m is recommended) should be additionally shielded with brass or copper tubes, see items h_1 and h_2 in figure 15. The shielding tubes shall make contact with the cable screen outer conductor S at E by soldering or by crimping. If soldering is used care must be taken not to overheat the cable dielectric.

A good practice is to choose the tube diameter such that the CUT can be inserted with the outer sheath removed and fixed by applying a standard crimping tool. The advantage of this method is that the cable braid S is prevented from unravelling near the sheath of the CUT by the close positioning of the tube. Another possibility is the use of wedges to contact non-solderable aluminium foil/braid cables.

Suitable connectors (N, SMA) shall be mounted on both ends of the CUT. These are coupled to the termination and to the receiver and are mounted in screening boxes (if necessary, for high dynamic range measurements, see A.5.6.4, notes 2 and 3).

The completed CUT shall be tested with a TDR for the electrical quality of the CUT itself. Bending forces shall be avoided at the joints between the tubes and the test section of the CUT to prevent mechanical damage.

To reduce the influence of unwanted coupling of electromagnetic energy into the free ends, the sum of both l_1 and l_2 shall not exceed the length of the test section 1 of the CUT.

A.5.6.6 Measurement precautions**A.5.6.6.1 Primary current value**

When making far end measurements with conventional coaxial instruments, the receiver is usually earthed at E_r , see figure 7. At low frequencies where resistive effects may dominate over inductive ones or due to resonance in the high kHz range, a part of the injection current may pass directly from E_f to E_g without returning along the screen

directement de E_f à E_g , sans retourner à l'écran du câble en essai. Cela entraîne une réduction de la sensibilité en extrémité éloignée, et même à des erreurs de mesures, si le courant circulant dans l'écran n'est pas mesuré directement sur la zone d'injection. On peut remédier à ce problème de la manière suivante:

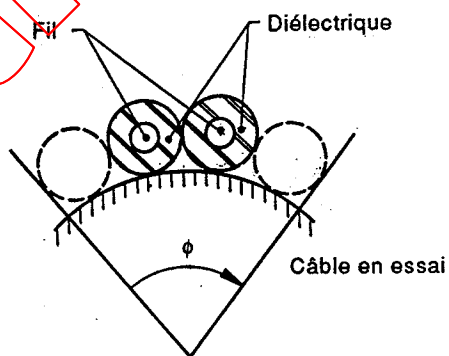
- a) éviter les mesures d'extrémités à basse fréquence (principalement dans la gamme des kHz);
- b) disposer une self d'arrêt de mode commun dans le coaxial d'alimentation du fil d'injection (efficace dans les fréquences de l'ordre du kHz et au-delà). Pour les basses fréquences, la réactance inductive totale de m_1 et m_2 indiquée à la figure 8 doit être supérieure à 10 fois la résistance du câble en essai;
- c) utiliser un transformateur d'isolement soit pour l'alimentation secteur du générateur, ou du récepteur (s'ils ne sont pas dans le même bâti), soit pour l'alimentation coaxiale du circuit perturbateur. (Ces dispositions sont efficaces dans les basses fréquences mais veiller à éviter les résonances longitudinales.)

A.5.6.6.2 Courants incontrôlés survenant au travers de défauts d'écran

Une attention particulière est requise au sujet des courants de terre basse fréquence dans le circuit coaxial primaire. De tels courants s'écoulent par certains éléments de montage qui ne sont pas dans le circuit de mesures et spécialement par le châssis du récepteur. C'est pourquoi il se peut que la sensibilité requise ne soit pas obtenue lors de la mesure de coefficients d'affaiblissement d'écran très élevés. La meilleure façon d'éviter ce phénomène est l'utilisation de transformateur d'isolement comme signalé en A.5.6.6.1.

A.5.6.6.3 Hétérogénéité sur la périphérie des écrans

L'angle sous lequel le conducteur d'injection recouvre la circonférence dépend de la structure (nombre de fils ou longueur) choisie pour adapter le circuit d'injection.



CEI 667/93

Figure 15 (A.5.6) – Angle de couverture du circuit d'injection

Pour une couverture suffisante de la circonférence, normalement quatre mesures à 90° doivent être faites avec un angle de couverture ϕ de 60° à 120°. Dans le cas de câble de diamètre supérieur à 10 mm, un nombre de mesures plus important peut être nécessaire.

of the CUT. This leads to reduced sensitivity and even to measurement errors if the current in the screen is not directly monitored over the test section. The problem may be solved by:

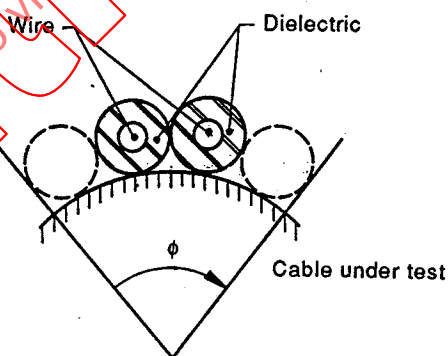
- a) avoiding far end measurements at the lower frequencies (mainly in the kHz range);
- b) using common mode choke on the coaxial feed of the injection wire (effective in the higher kHz and beyond). For lower frequencies, the total inductive impedance of m_1 and m_2 shown in figure 8 shall exceed the resistive impedance of the CUT by a factor of 10.
- c) using an isolating transformer either for the generator or receiver mains supply (if not in the same frame) or for the coaxial feed of the injection wire. (These measures are effective from the lowest frequency ranges but care shall be taken to avoid longitudinal resonances.)

A.5.6.6.2 Uncontrolled currents through poorly screened parts

Special care is required concerning low-frequency earth currents through the coaxial feeding circuit. Such currents pass through parts of the set-up that are not under test and especially through the frame of the receiver. Therefore, the required sensitivity may not be obtained when measuring very high screening attenuation. The best method is the use of isolating transformers as discussed in A.5.6.6.1.

A.5.6.6.3 Inhomogeneities of cable screens around the circumference

The angle that the injection circuit covers of the circumference will depend on the characteristic impedance of the injection circuit to match the impedance of the test equipment with the use of two or more parallel wires.



IEC 667/93

Figure 15 (A.5.6) – Covering angle due to the injection circuit

For sufficient coverage of the circumference normally four measurements 90° apart shall be taken with a coverage angle ϕ , of 60° to 120°. In the case of cable diameters larger than 10 mm, more measurements may be necessary.

A.5.6.6.4 *Affaiblissement du circuit primaire et du circuit secondaire du câble en essai*

L'affaiblissement doit être suffisamment faible pour que toute la longueur de câble en essai participe à la mesure (voir dimension l , figure 15).

A.5.6.7 *Procédure de mesure*

Monter le banc de mesure selon la figure 8.

Relever le niveau de référence en connectant la sortie du générateur à l'entrée du récepteur. Pour cette mesure et les étapes ultérieures de la calibration, un affaiblissement de valeur convenable peut être inséré dans la chaîne de mesure de façon à se situer à un niveau compatible avec le récepteur.

Mesurer et enregistrer les valeurs de perte d'insertion du circuit d'injection, en connectant le générateur en C et le récepteur en D.

Mesurer et enregistrer les pertes d'insertion du câble en essai en connectant le générateur en B et le récepteur en A à l'autre extrémité du câble en essai.

Mesurer la fonction du transfert à l'extrémité proche en connectant le générateur au point point C et en fermant les extrémités B et D sur des charges adaptées.

Mesurer la fonction du transfert à l'extrémité éloignée en connectant le générateur au point D et en fermant l'extrémité C sur une charge adaptée.

Dans le cas de mesure de fonctions de transfert de faible valeur, les extrémités A et B doivent être protégées par un écran additionnel.

Tout élément métallique doit être éloigné d'au moins 0,5 m du circuit d'injection pendant les mesures.

La mesure de la vitesse de phase, v , peut être effectuée à l'aide de techniques courantes, en se servant d'un réflectomètre (TDR) ou avec un analyseur de réseau avec conversion mathématique temps/fréquence.

Quand cela est nécessaire, l'admittance capacitive de couplage, C_T , peut être mesurée à l'aide des procédures d'essai décrites dans la CEI 96-1.

A.5.6.8 *Expression des résultats*

La méthode d'essai décrite permet la mesure de la fonction de transfert entre le circuit primaire (extérieur) et le circuit secondaire (intérieur). Dans le cas où la capacité de couplage est négligeable, l'évaluation de l'impédance de transfert de surface, Z_T , peut être faite en utilisant des procédures simplifiées. L'organigramme de cette procédure est donné à la page suivante.