

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62153-4-6**

Première édition  
First edition  
2006-05

---

---

**Méthodes d'essai des câbles métalliques  
de communication –**

**Partie 4-6:  
Compatibilité électromagnétique (CEM) –  
Impédance de transfert de surface –  
Méthode d'injection de ligne**

**Metallic communication cable test methods –**

**Part 4-6:  
Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Surface transfer impedance –  
Line injection method**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 62153-4-6:2006

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62153-4-6**

Première édition  
First edition  
2006-05

---

---

**Méthodes d'essai des câbles métalliques  
de communication –**

**Partie 4-6:  
Compatibilité électromagnétique (CEM) –  
Impédance de transfert de surface –  
Méthode d'injection de ligne**

**Metallic communication cable test methods –**

**Part 4-6:  
Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Surface transfer impedance –  
Line injection method**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	4
1 Domaine d'application .....	8
2 Références normatives .....	8
3 Termes et définitions .....	8
4 Considérations générales sur le couplage .....	8
4.1 Circuit intérieur et extérieur .....	8
4.2 Impédance de transfert $Z_T$ .....	8
4.3 Longueur d'échantillon .....	10
5 Montage d'essai .....	12
5.1 Généralités .....	12
5.2 Appareils .....	14
5.3 Injecteur .....	16
5.4 Circuit d'adaptation d'impédance .....	24
6 Préparation des échantillons d'essai .....	28
6.1 Généralités .....	28
6.2 Câbles symétriques sous écran .....	30
6.3 Câbles multiconducteurs sous écran .....	32
7 Mesure .....	32
7.1 Généralités .....	32
7.2 Précautions de mesure .....	32
7.3 Etalonnage .....	32
7.4 Méthode de mesure .....	34
7.5 Evaluation des résultats d'essais .....	36
8 Expression des résultats d'essai .....	38
8.1 Expression .....	38
8.2 Correction de température .....	38
8.3 Rapport d'essai .....	38
9 Exigence .....	38
Figure 1 – Installation complète .....	14
Figure 2 – Injecteur assemblé pour ligne de type à transmission, Méthode d'injection – Liste des éléments .....	18
Figure 3 – Partie supérieure de l'injecteur – Position 1 .....	20
Figure 4 – Partie inférieure de l'injecteur – Position 2 .....	22
Figure 5 – Partie d'adaptation d'impédance de l'injecteur – Position 3 .....	22
Figure 6 – Insert pour adapter les différentes tailles des câbles en essai – Position 4 .....	24
Figure 7 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 < 50 \Omega$ .....	26
Figure 8 – Adaptation d'impédance pour $Z_1 > 50 \Omega$ .....	28
Figure 9 – Préparation du câble en essai (CUT) .....	30
Figure 10 – Ecran supplémentaire des connecteurs sur le câble en essai (CUT) .....	30
Figure 11 – Préparation des échantillons symétriques .....	30
Figure 12 – Montage d'étalonnage .....	34
Figure 13 – Montage de mesure à l'extrémité éloignée .....	36

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions .....	9
4 General coupling considerations .....	9
4.1 Inner and outer circuit.....	9
4.2 Transfer impedance $Z_T$ .....	9
4.3 Sample length .....	11
5 Test set-up .....	13
5.1 General .....	13
5.2 Equipment .....	15
5.3 Launcher .....	17
5.4 Impedance matching circuit .....	25
6 Preparation of the test sample .....	29
6.1 General .....	29
6.2 Screened symmetrical cables .....	31
6.3 Screened multi-conductor cables .....	33
7 Measurement.....	33
7.1 General .....	33
7.2 Measurement precautions.....	33
7.3 Calibration .....	33
7.4 Measuring procedure .....	35
7.5 Evaluation of the test results .....	37
8 Expression of test results.....	39
8.1 Expression .....	39
8.2 Temperature correction .....	39
8.3 Test report.....	39
9 Requirement.....	39
Figure 1 – Complete installation .....	15
Figure 2 – Assembled launcher for the transmission type line, Injection method – Parts list... 19	19
Figure 3 – Upper part of launcher – Position 1 .....	21
Figure 4 – Lower part of launcher – Position 2 .....	23
Figure 5 – Impedance matching part of launcher – Position 3 .....	23
Figure 6 – Insert for adapting the different sizes of the cables under test – Position 4 .....	25
Figure 7 – Impedance matching for $Z_1 < 50 \Omega$ .....	27
Figure 8 – Impedance matching for $Z_1 > 50 \Omega$ .....	29
Figure 9 – Preparation of the cable under test (CUT).....	31
Figure 10 – Additional screening of connectors on the cable under test (CUT) .....	31
Figure 11 – Preparation of symmetrical samples.....	31
Figure 12 – Calibration set-up .....	35
Figure 13 – Far end measuring set-up .....	37

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

### Partie 4-6: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert de surface – Méthode d'injection de ligne

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62153-4-6 a été établie par le sous-comité 46A: Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
46A/800/FDIS	46A/817/RVD

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

**Part 4-6: Electromagnetic compatibility (EMC) –  
Surface transfer impedance –  
Line injection method**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62153-4-6 has been prepared by subcommittee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, r.f. and microwave passive components and accessories.

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

FDIS	Report on voting
46A/800/FDIS	46A/817/RVD

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

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

La CEI 62153 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*:

- Partie 1-1: Electrique – Mesure de la perte par réflexions à une impulsion/échelon dans le domaine fréquentiel en utilisant la Transformée Inverse de Fourier Discrète (TIFD)
- Partie 1-2: Reflection measurement correction (disponible en anglais seulement)<sup>1</sup>
- Partie 4-0: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Relationship between Surface transfer impedance and Screening attenuation, recommended limits (disponible en anglais seulement)<sup>1</sup>
- Partie 4-1: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements (disponible en anglais seulement)
- Partie 4-2: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran et de couplage – Méthode de la pince à injection
- Partie 4-3: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance surfacique de transfert – Méthode triaxiale
- Partie 4-4: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "a<sub>s</sub>" up to and above 3 GHz (disponible en anglais seulement)
- Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante
- Partie 4-6: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert de surface – Méthode d'injection de ligne
- Partie 4-7: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Méthode d'essai pour mesurer l'impédance de transfert et l'affaiblissement d'écran – ou l'affaiblissement de couplage – Méthode des tubes concentriques
- Partie 4-8: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Capacitive Coupling Admittance (disponible en anglais seulement)<sup>1</sup>

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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.

---

<sup>1</sup> A l'étude.

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

IEC 62153 consists of the following parts under the general title *Metallic communication cable test methods*:

- Part 1-1: Electrical – Measurement of the pulse/step return loss in the frequency domain using the Inverse Discrete Fourier Transformation (IDFT)
- Part 1-2: Reflection measurement correction<sup>1</sup>
- Part 4-0: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Relationship between Surface transfer impedance and Screening attenuation, recommended limits<sup>1</sup>
- Part 4-1: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements<sup>1</sup>
- Part 4-2: Electromagnetic compatibility (EMC) – Screening and coupling attenuation – Injection clamp method
- Part 4-3: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method
- Part 4-4: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Shielded screening attenuation, test method for measuring of the screening attenuation "as " up to and above 3 GHz
- Part 4-5: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Coupling or screening attenuation – absorbing clamp method
- Part 4-6: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – line injection method
- Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring the transfer impedance and the screening – or the coupling attenuation – Tube in tube method
- Part 4-8: Electromagnetic Compatibility (EMC) – Capacitive Coupling Admittance <sup>1</sup>

The committee has decided that the contents of this 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.

---

<sup>1</sup> Under consideration.

## MÉTHODES D'ESSAI DES CÂBLES MÉTALLIQUES DE COMMUNICATION –

### Partie 4-6: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance de transfert de surface – Méthode d'injection de ligne

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62153 détermine l'efficacité d'écran d'un câble métallique blindé de communication en appliquant un courant et une tension bien définis à l'écran du câble et en mesurant la tension induite afin de déterminer l'impédance de transfert de surface.

Les mesures dans la plage de fréquences comprise entre quelques kHz et plus de 1 GHz peuvent être effectuées en utilisant des instruments normaux à haute fréquence.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61196-1:2005, *Câbles coaxiaux de communication – Partie 1: Spécification générique – Généralités, définitions et exigences*

CEI 62153-4-3, *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication – Compatibilité électromagnétique (CEM) – Impédance surfacique de transfert – Méthode triaxiale*

#### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 61196-1 s'appliquent.

#### 4 Considérations générales sur le couplage

##### 4.1 Circuit intérieur et extérieur

Le circuit extérieur (circuit d'injection de ligne) est alimenté et indiqué par l'indice 1. Il se compose de la surface de l'écran et du fil d'injection. L'indice 2 indique le circuit intérieur (câble en essai) sur lequel la tension induite est mesurée.

##### 4.2 Impédance de transfert $Z_T$

Un des éléments importants dans la détermination de l'efficacité d'écran des câbles est l'impédance de transfert  $Z_T$  de l'écran.

Pour un câble uniforme électriquement court, elle est définie comme le quotient de la tension longitudinale induite dans le circuit intérieur du câble en essai par le courant du circuit extérieur (circuit d'injection de ligne) – ou vice versa – par rapport à la longueur de l'unité.

## METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

### Part 4-6: Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Line injection method

#### 1 Scope

This part of IEC 62153 determines the screening effectiveness of a shielded metallic communication cable by applying a well-defined current and voltage to the screen of the cable and measuring the induced voltage in order to determine the surface transfer impedance.

Measurements in the frequency range from a few kHz up to and above 1 GHz can be made with the use of normal high frequency instrumentation.

#### 2 Normative references

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

IEC 61196-1:2005, *Coaxial communication cables – Part 1: Generic specification – General, definitions and requirements*

CEI 62153-4-3, *Metallic communication cable test methods – Electromagnetic Compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method*

#### 3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in IEC 61196-1 apply.

#### 4 General coupling considerations

##### 4.1 Inner and outer circuit

The outer circuit (line injection circuit) is fed and indicated by the subscript 1. It consists of the screen surface and the injection wire. The subscript 2 denotes the inner circuit (cable under test) where the induced voltage is measured.

##### 4.2 Transfer impedance $Z_T$

One important element in the determination of the screening effectiveness of cables is the transfer impedance  $Z_T$  of its screen.

For an electrically short uniform cable, it is defined as the quotient of the longitudinal voltage induced in the inner circuit of the cable under test to the current in the outer circuit (line injection circuit) – or vice versa – related to unit length.

La plupart des câbles présentent un couplage capacitif négligeable. Mais pour les câbles lâches à tressage individuel, le couplage capacitif ne peut pas être négligé. Le couplage à travers les trous de l'écran est décrit en termes de capacité directe  $C_T$  ou d'admittance de couplage capacitif  $Y_C$ . Pour un câble uniforme électriquement court,  $Y_C$  est définie comme le quotient du courant induit dans le circuit intérieur par la tension développée dans le circuit extérieur – formé par l'écran en essai et le fil d'injection – ou vice versa – par rapport à la longueur de l'unité.

Dans le cas d'un couplage capacitif ne pouvant pas être négligé, l'efficacité d'écran est décrite par l'impédance de transfert équivalente  $Z_{TE}$ :

$$Z_{TE} = \max|Z_F \pm Z_T| \quad (1)$$

$$Z_F = j\omega C_T Z_1 Z_2 = Y_C Z_1 Z_2 \quad (2)$$

où

- $\omega$  est la fréquence angulaire;
- $\pm$  fait référence à une mesure à l'extrémité proche/à l'extrémité éloignée;
- $C_T$  est la capacité directe;
- $Y_C$  est l'admittance de couplage capacitif;
- $Z_1$  est l'impédance caractéristique du circuit intérieur (câble en essai);
- $Z_2$  est l'impédance caractéristique du circuit d'injection;
- $Z_F$  est l'impédance de couplage capacitif;
- $Z_T$  est l'impédance de transfert;
- $Z_{TE}$  est l'impédance de transfert équivalente.

### 4.3 Longueur d'échantillon

La longueur du câble en essai doit permettre la longueur de couplage nécessaire pour la gamme de fréquences spécifiée et la connexion à l'instrument d'essai.

La longueur de couplage dépend de la fréquence la plus élevée à mesurer. La longueur de couplage minimale doit être de 0,3 m.

Pour les circuits adaptés, la longueur de couplage maximale peut être calculée comme suit:

$$L_{c,max} \leq \frac{c}{\pi \times f_{max} \times \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} \pm \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (3)$$

où

- $\epsilon_{r1}$  est la permittivité diélectrique relative résultante du diélectrique du circuit d'injection;
- $\epsilon_{r2}$  est la permittivité diélectrique relative résultante du diélectrique du câble;
- $\pm$  fait référence à une mesure à l'extrémité proche/à l'extrémité éloignée;
- $c$  est la vitesse de la lumière,  $3 \times 10^8$  m/s;
- $f_{max}$  est la fréquence la plus élevée à mesurer en Hz;
- $L_{c,max}$  est la longueur maximale de couplage en m.

Most cables have negligible capacitive coupling. But for loose single braided cables, capacitive coupling cannot be neglected. The coupling through the holes in the screen is described in terms of the through capacitance  $C_T$  or the capacitive coupling admittance  $Y_C$ . For an electrically short uniform cable,  $Y_C$  is defined as the quotient of the current induced in the inner circuit to the voltage developed in the outer circuit – formed by the screen under test and the injection wire – or vice versa – related to unit length.

In case of a non negligible capacitive coupling, the screening effectiveness is described by the equivalent transfer impedance  $Z_{TE}$ :

$$Z_{TE} = \max|Z_F \pm Z_T| \quad (1)$$

$$Z_F = j\omega C_T Z_1 Z_2 = Y_C Z_1 Z_2 \quad (2)$$

where

- $\omega$  is the radian frequency;
- $\pm$  refers to near/far end measurement;
- $C_T$  is the through capacitance;
- $Y_C$  is the capacitive coupling admittance;
- $Z_1$  is the characteristic impedance of the inner circuit (cable under test);
- $Z_2$  is the characteristic impedance of the injection circuit;
- $Z_F$  is the capacitive coupling impedance;
- $Z_T$  is the transfer impedance;
- $Z_{TE}$  is the equivalent transfer impedance.

### 4.3 Sample length

The length of the cable under test shall allow the coupling length necessary for the specified frequency range and the connection to the test instrument.

The coupling length depends on the highest frequency to be measured. The minimum coupling length shall be 0,3 m.

For matched circuits the maximum coupling length may be calculated by:

$$L_{c,max} \leq \frac{c}{\pi \times f_{max} \times \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} \pm \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (3)$$

where

- $\epsilon_{r1}$  is the resulting relative dielectric permittivity of the dielectric of the injection circuit;
- $\epsilon_{r2}$  is the resulting relative dielectric permittivity of the dielectric of cable;
- $\pm$  refers to near/far end measurement;
- $c$  is the velocity of light,  $3 \times 10^8$  m/s;
- $f_{max}$  is the highest frequency to be measured in Hz;
- $L_{c,max}$  is the maximum coupling length in m.

Les conditions pour les circuits adaptés sont les suivantes:

- a) l'impédance caractéristique du circuit d'injection est égale à la résistance de sortie du générateur et à la résistance de charge  $R_2$ ,
- b) l'impédance caractéristique du circuit d'injection ne varie pas sur la longueur de couplage (coefficient de réflexion inférieur à 0,1) et la résistance de charge  $R_1$ ,
- c) le coefficient de réflexion de chaque injecteur est inférieur à 0,1,
- d) l'impédance caractéristique de la ligne quasi-coaxiale de l'échantillon de câble préparé est égale à la résistance d'entrée du récepteur et à la résistance de charge  $R_2$ . C'est pourquoi le câble en essai peut être connecté au récepteur via un circuit d'adaptation d'impédance.

Pour tout défaut d'adaptation dans le montage d'essai, la fréquence la plus élevée à mesurer avec une longueur de couplage définie sera inférieure à celle calculée. Dans ce cas, la fréquence la plus élevée peut être déduite au niveau de l'écart de 6 dB de la progression linéaire de la courbe dans un schéma où l'axe des x correspond à la fréquence selon l'échelle logarithmique et où l'axe des y est le rapport de tension logarithmique  $U_{\text{récepteur}}/U_{\text{générateur}}$ .

## 5 Montage d'essai

### 5.1 Généralités

Comme représenté à la Figure 1, le circuit d'injection est construit comme une ligne de transmission utilisant un ou plusieurs fils parallèles, une bande en cuivre ondulé ou une tresse plate en cuivre avec le conducteur extérieur du câble en essai. Le circuit d'injection est connecté à la ligne coaxiale à chaque extrémité via un injecteur. Le fil d'injection doit être solidement fixé à l'échantillon de câble le long de la longueur de couplage (par exemple avec un ruban adhésif). L'impédance caractéristique du circuit d'injection doit être égale à la résistance de sortie du générateur et à la résistance de charge  $R_2$ , cela est obtenu en choisissant une taille de conducteur appropriée et le type d'isolation du fil d'injection.

Le coefficient de réflexion de l'injecteur et du circuit d'injection le long de la longueur de couplage doit être inférieur à 0,1 en liaison avec la résistance de sortie du générateur, c'est-à-dire qu'il convient que le facteur d'adaptation soit supérieur à 20 dB.

The conditions for matched circuits are

- a) the characteristic impedance of the injection circuit is equal to the generator output resistance and the load resistance  $R_2$ ,
- b) the characteristic impedance of the injection circuit does not vary along the coupling length (reflection coefficient less than 0,1) and the load resistance  $R_1$ ,
- c) the reflection coefficient of each launcher is less than 0,1,
- d) the characteristic impedance of the quasi coaxial line of the prepared cable sample is equal to the receiver input resistance and the load resistance  $R_2$ . Therefore the cable under test may be connected to the receiver via an impedance matching circuit.

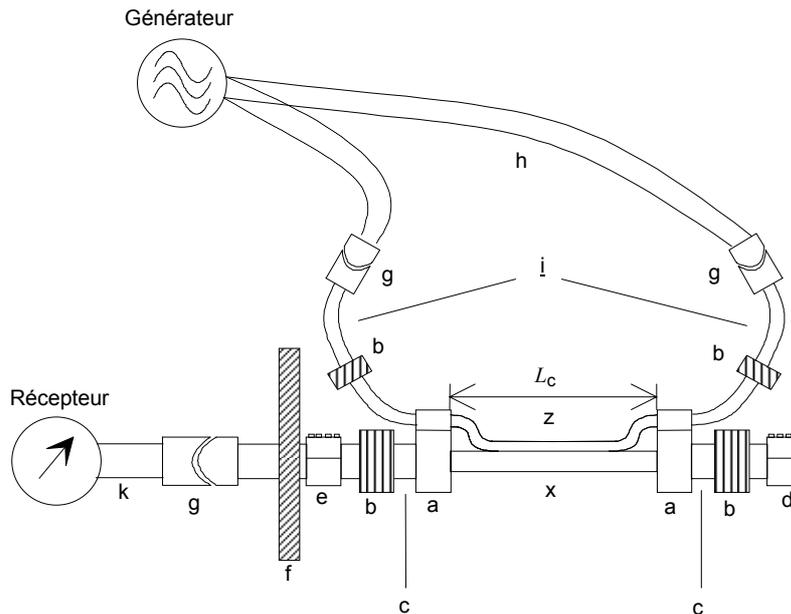
For any mismatch in the test set-up, the highest frequency to be measured with a defined coupling length will be less than calculated. In this case the highest frequency may be derived at the 6 dB deviation of the linear progress of the curve in a diagram where the x-axis is the frequency in the logarithmic scale and the y-axis is the logarithmic voltage ratio  $U_{\text{receiver}}/U_{\text{generator}}$ .

## 5 Test set-up

### 5.1 General

As shown in Figure 1, the injection circuit is constructed as a transmission line using one or more parallel wires, a corrugated copper strip or a flat copper braid with the outer conductor of the cable under test. The injection circuit is connected to the coaxial line at each end via a launcher. The injection wire shall be fitted tightly to the cable sample along the coupling length (for example, with an adhesive tape). The characteristic impedance of the injection circuit shall be equal to the generator output resistance and the load resistance  $R_2$ , this is achieved by choosing an appropriate conductor size and the type of insulation of the injection wire.

The reflection coefficient of the launcher and the injection circuit along the coupling length shall be less than 0,1 related to the generator output resistance, i.e. the return loss should be higher than 20 dB.



**Légende**

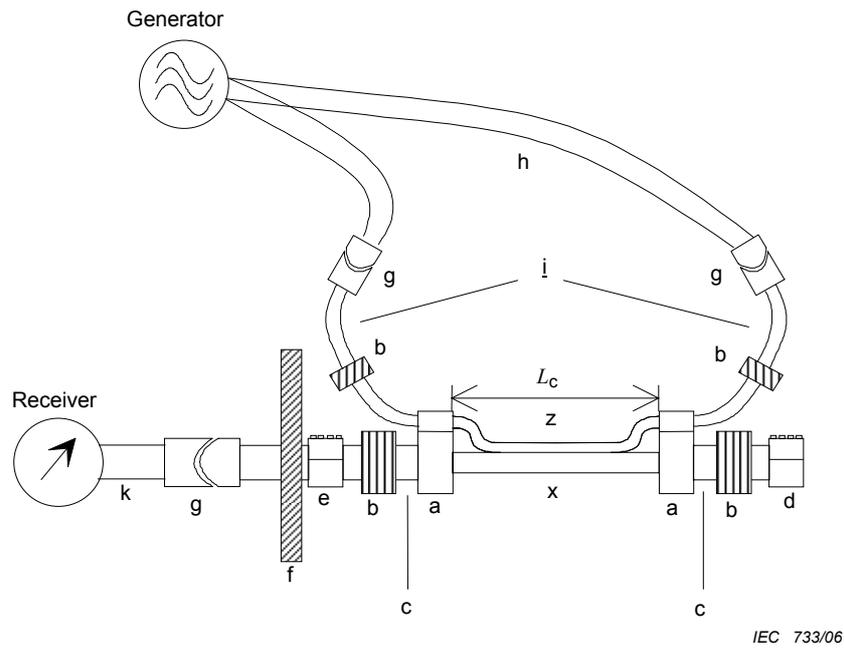
- a injecteur
- b ferrite
- c tube en laiton/cuivre pour écran supplémentaire
- d boîte d'écran pour la résistance d'adaptation du câble en essai
- e boîte d'écran pour connecter le câble en essai au récepteur
- f mur de local écranté avec couplage direct coaxial écranté
- g connecteurs (SMA, N etc.)
- h câble d'alimentation venant du générateur
- i câble d'alimentation pour fil d'injection
- k câble de connexion au récepteur
- x câble en essai
- z ligne d'injection
- $L_c$  longueur de couplage

**Figure 1 – Installation complète**

**5.2 Appareils**

L'équipement de mesure se compose des éléments suivants:

- a) un analyseur de réseaux ou sinon
  - un générateur de signal avec la même impédance caractéristique que le système (quasi)-coaxial du câble en essai ou avec un adaptateur d'impédance, complété par un amplificateur de puissance si nécessaire pour une impédance de transfert très faible,
  - un récepteur avec un affaiblisseur à pas étalonné et complété par un amplificateur à faible bruit pour impédance de transfert très faible,
- b) un réflectomètre dans le domaine temporel (TDR) avec un temps de montée inférieur à 350 ps ou un analyseur de réseaux (au moins 3 GHz) effectuant une mesure du facteur d'adaptation transformée dans le domaine temporel,



### Key

- a launcher
- b ferrite
- c brass/copper tube for additional screening
- d screening box for the matching resistor of the cable under test
- e screening box for connecting the cable under test to the receiver
- f screened-room wall with screened coaxial feed-through
- g connectors (SMA, N etc.)
- h feeding cable from the generator
- i feeding cables for injection wire
- k connecting cable to receiver
- x cable under test
- z injection line
- $L_c$  coupling length

**Figure 1 – Complete installation**

## 5.2 Equipment

The measuring equipment consists of

- a) a network analyser or alternatively
  - signal generator with the same characteristic impedance as the (quasi) -coaxial system of the cable under test or with an impedance adapter and complemented with a power amplifier if necessary for very low transfer impedance,
  - receiver with a calibrated step attenuator and complemented with a low noise amplifier for very low transfer impedance,
- b) time domain reflectometer (TDR) with a rise time of less than 350 ps or network analyser (at least 3 GHz) performing a return loss measurement transformed into the time domain,

- c) une installation pour l'impression,
- d) un circuit d'adaptation d'impédance si nécessaire. L'impédance nominale du côté primaire est égale à l'impédance nominale du générateur. L'impédance nominale du côté secondaire est égale à l'impédance nominale du système (quasi)-coaxial du câble en essai (voir 5.4). Le facteur d'adaptation mesuré du côté primaire doit être au minimum de 10 dB.

### 5.3 Injecteur

La conception des injecteurs est ajustée pour permettre une adaptation optimale du mode électromagnétique transverse (TEM) symétrique dans les câbles coaxiaux d'alimentation et de terminaison avec le champ asymétrique le long de la ligne parallèle tout en maintenant une bonne résistance mécanique pour une utilisation répétée. Des informations détaillées sur un injecteur possible sont données dans les Figures 2 à 6. Un réglage fin de la discontinuité peut être réalisé en faisant varier l'insert de matériau cellulaire, voir le point 8 de la Figure 2.

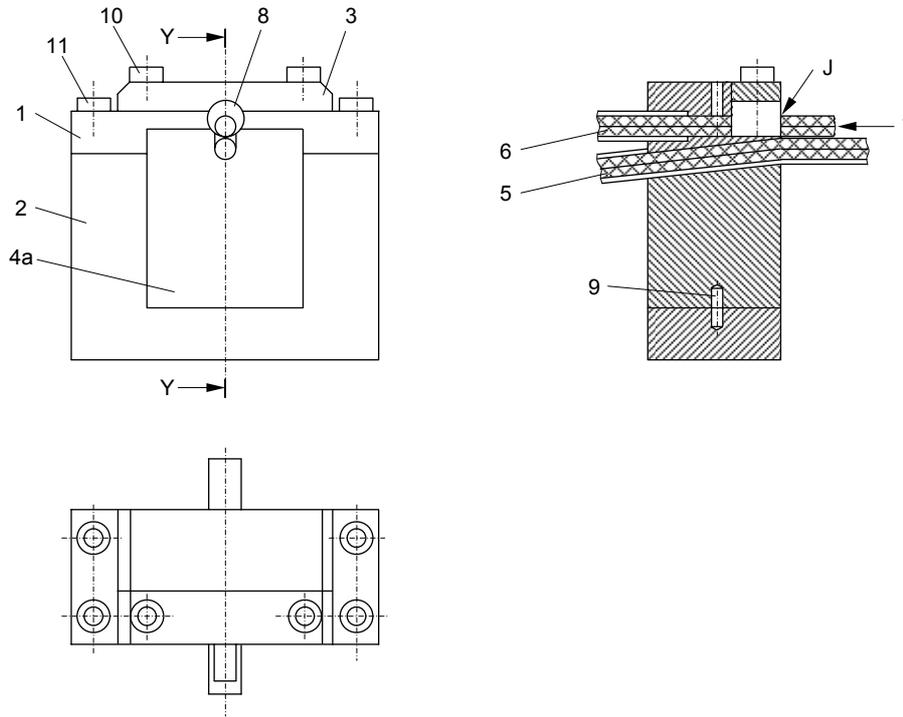
Sinon, un injecteur adapté peut être réalisé avec un petit connecteur (type soudure coulée) attaché au câble en essai, ou plus facilement en attachant le conducteur extérieur d'un petit câble coaxial d'impédance caractéristique appropriée à la gaine dénudée du câble en essai. Dans la section d'essai elle-même, le conducteur central du câble coaxial est continué en utilisant deux ou quatre fils parallèles, une bande de cuivre ondulé ou un tressage de cuivre plat. Un réglage fin d'une discontinuité d'injecteur peut être obtenu en attachant plus près le joint et le fil d'injection sur la gaine du câble en essai dans la section d'essai.

- c) printing facility,
- d) impedance matching circuit if necessary. The nominal impedance of the primary side is equal to the nominal impedance of the generator. The nominal impedance of the secondary side is equal to the nominal impedance of the (quasi) –coaxial system of the cable under test (see 5.4). The return loss measured from the primary side shall be minimum 10 dB.

### 5.3 Launcher

The design of the launchers is adjusted to allow an optimum matching of the symmetrical transverse electromagnetic mode (TEM) 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 Figure 2 to Figure 6. Fine tuning of the discontinuity can be made by varying the foam insert, see item 8 of Figure 2.

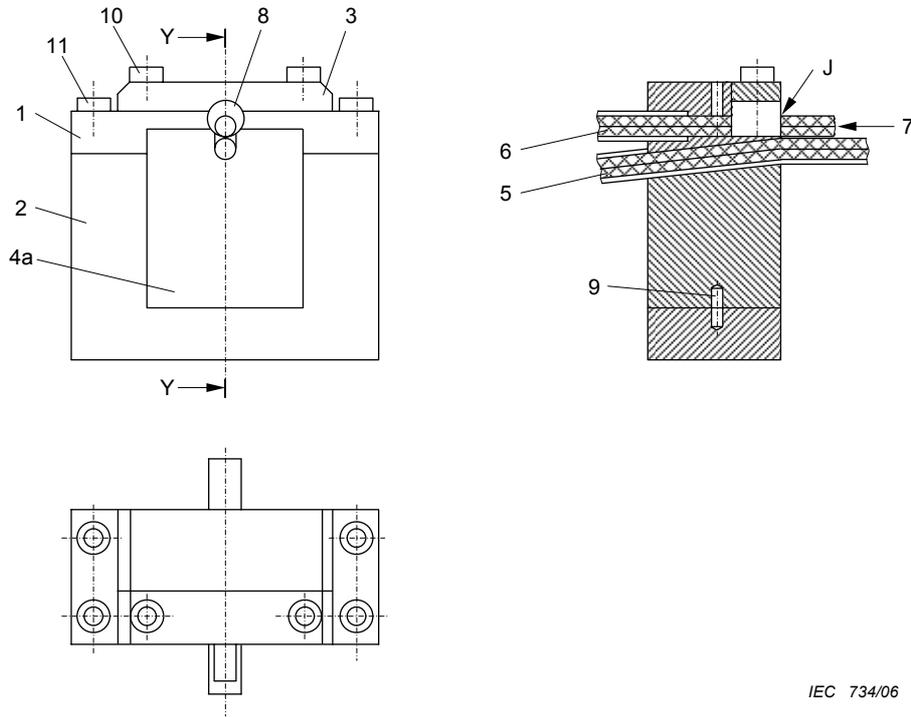
Alternatively, a suitable launcher can be made with a small connector (solder spill type) strapped to the CUT (cable under test), or more easily by strapping the outer conductor of a small coaxial cable of appropriate characteristic impedance to the bared sheath of the CUT. In the test section itself, the centre conductor of the coaxial cable is continued using two or four parallel wires, corrugated copper strip or flat copper braid. Fine tuning of a launcher discontinuity can be achieved by strapping the joint and the injection wire more closely onto the sheath of the CUT in the test section.



**Légende**

Quantité	Partie	Position	Remarques, matériau
4	Vis métrique M3 × M10	11	
2	Vis métrique M3 × M6	10	
1	Diamètre de broche 2 × 8 (mm)	9	
1	Diélectrique cellulaire	8	$\epsilon_r$ près de 1
1	Fil d'injection	7	
1	Câble coaxial 50 $\Omega$	6	Impédance comme exigé
1	Câble en essai (Cable under test – CUT)	5	
1	Insert pour CUT	4a	Laiton
1	Partie d'adaptation d'impédance	3	Laiton
1	Partie basse	2	Laiton
1	Partie haute	1	Laiton
	Injecteur d'essai (deux exigés)		

**Figure 2 – Injecteur assemblé pour ligne de type à transmission, Méthode d'injection – Liste des éléments**



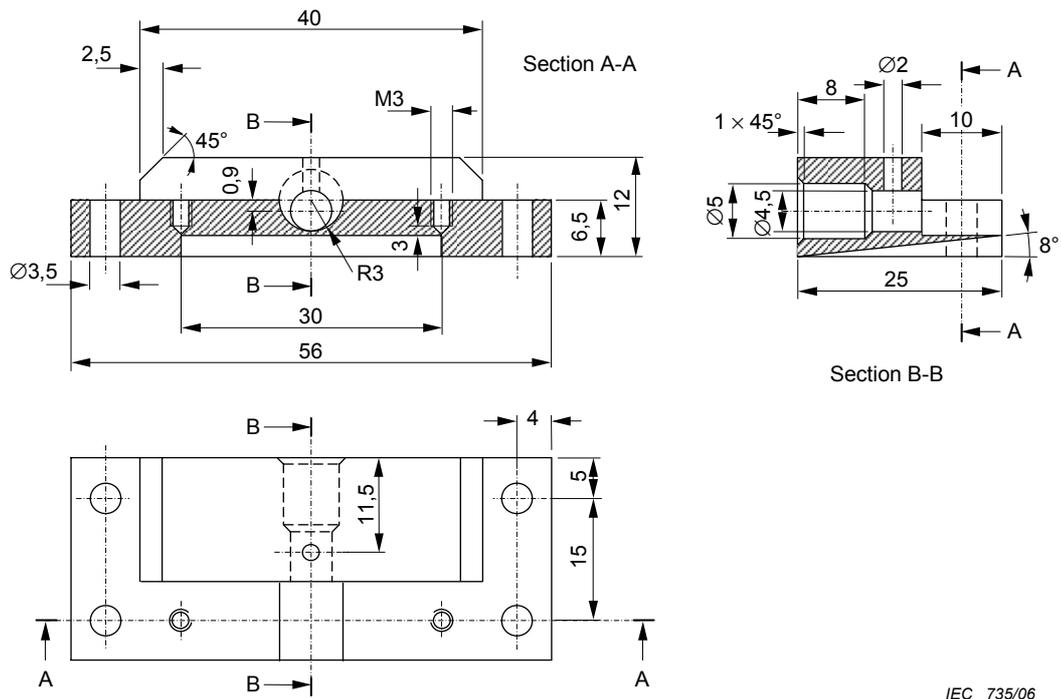
IEC 734/06

**Key**

Quantity	Part	Position	Remarks, material
4	Metric screw M3 × M10	11	
2	Metric screw M3 × M6	10	
1	Pin diameter 2 × 8 (mm)	9	
1	Foam dielectric	8	$\epsilon_r$ close to 1
1	Injection wire	7	
1	50 Ω coaxial cable	6	Impedance as required
1	Cable under test (CUT)	5	
1	Insert for CUT	4a	Brass
1	Impedance matching part	3	Brass
1	Lower part	2	Brass
1	Upper part	1	Brass
	Test launcher (two required)		

**Figure 2 – Assembled launcher for the transmission type line, Injection method – Parts list**

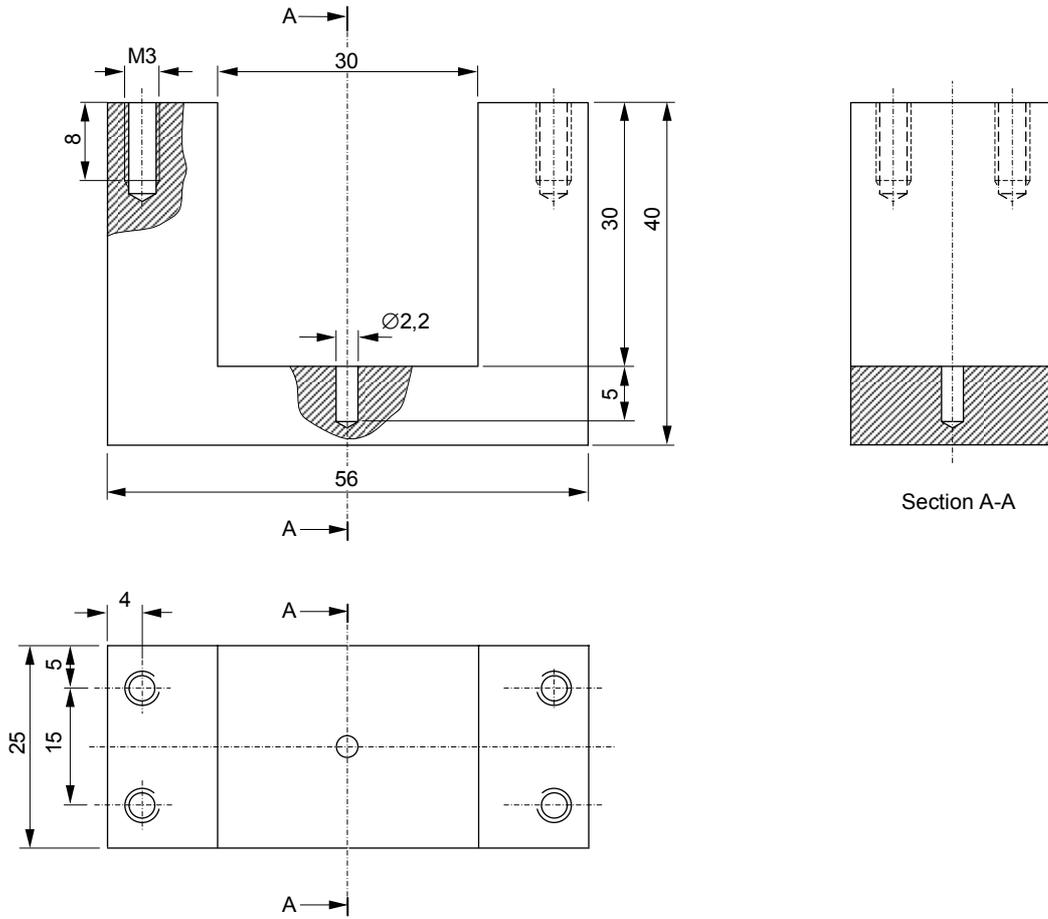




IEC 735/06

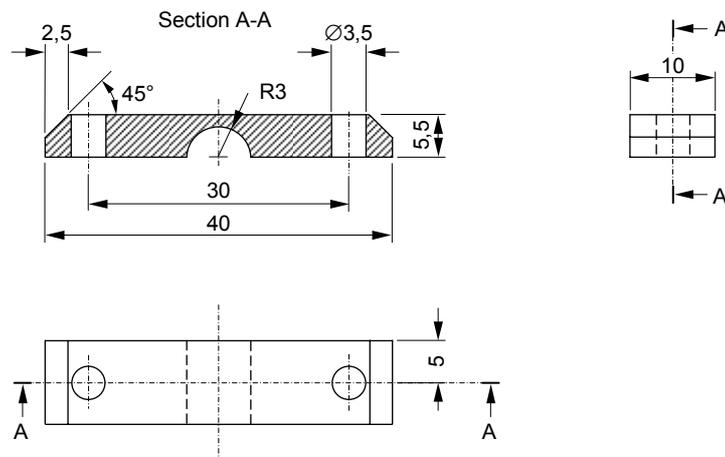
Dimensions in mm

Figure 3 – Upper part of launcher – Position 1



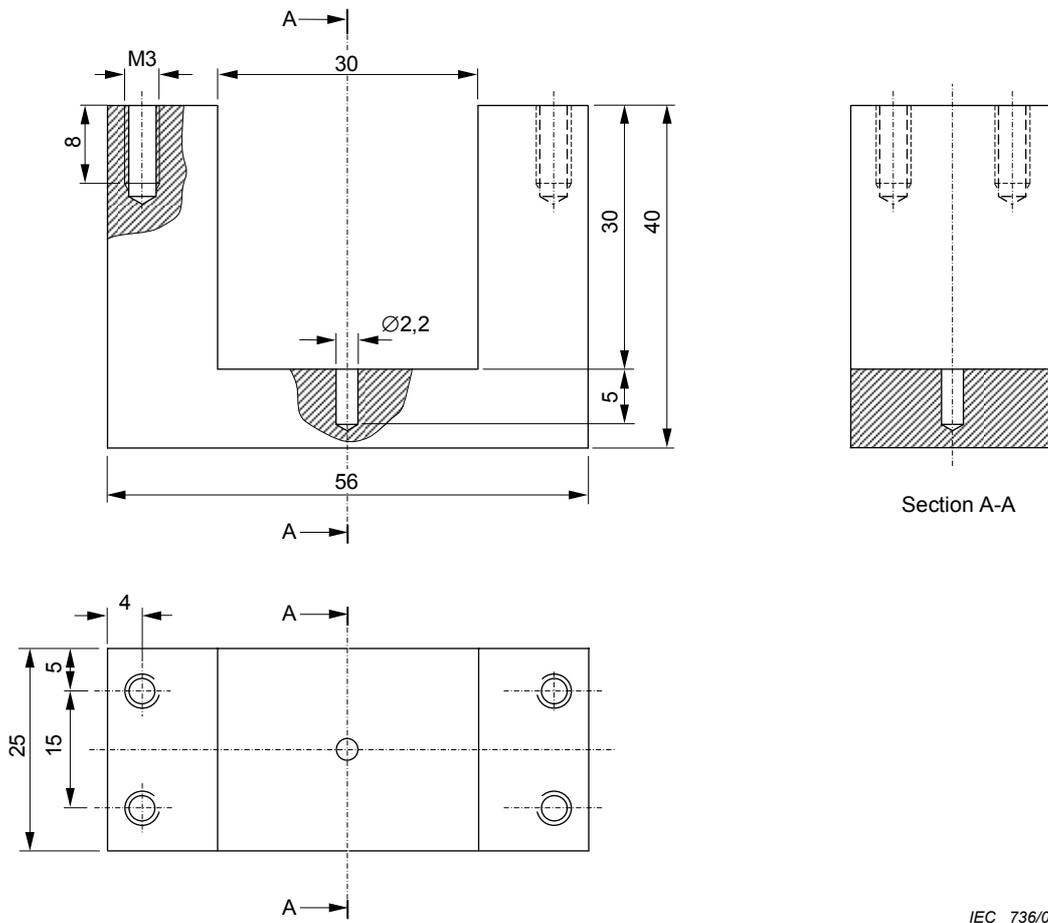
Dimensions en mm

Figure 4 – Partie inférieure de l'injecteur – Position 2



Dimensions en mm

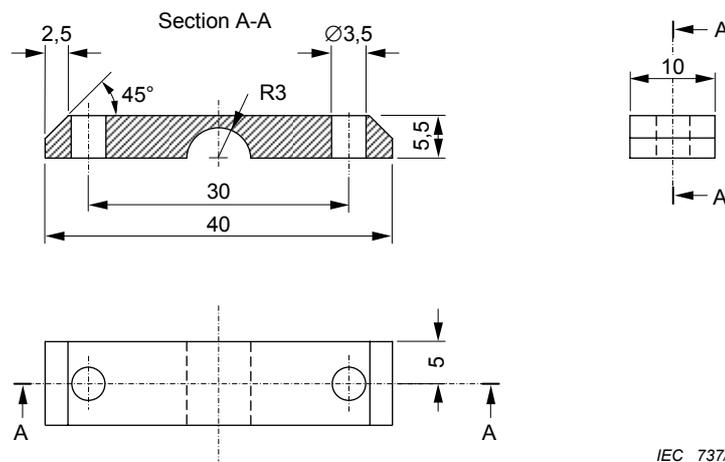
Figure 5 – Partie d'adaptation d'impédance de l'injecteur – Position 3



IEC 736/06

Dimensions in mm

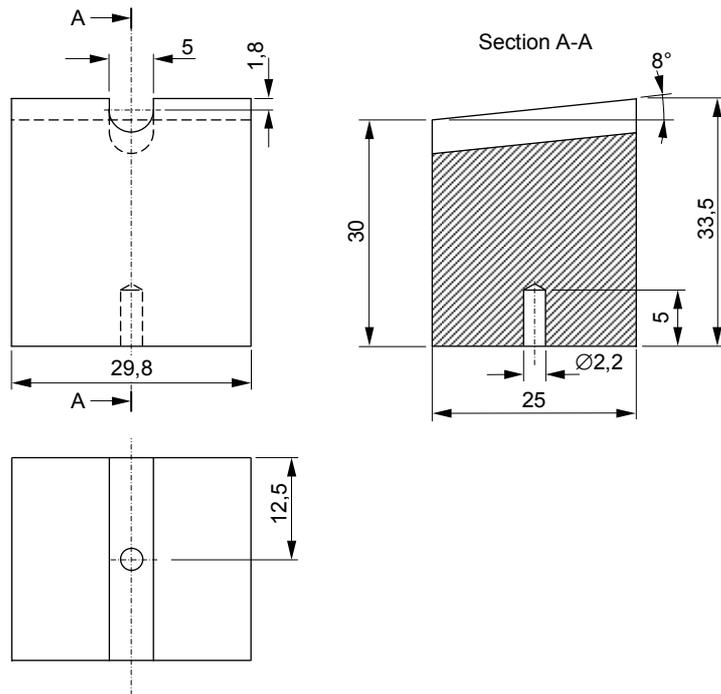
Figure 4 – Lower part of launcher – Position 2



IEC 737/06

Dimensions in mm

Figure 5 – Impedance matching part of launcher – Position 3



Dimensions en mm

Figure 6 – Insert pour adapter les différentes tailles des câbles en essai – Position 4

## 5.4 Circuit d'adaptation d'impédance

### 5.4.1 Généralités

Si l'impédance du câble en essai  $Z_1$  n'est pas égale à la résistance d'entrée du récepteur (généralement  $50 \Omega$ ), alors un circuit d'adaptation d'impédance est nécessaire. Il doit être mis en place sous la forme d'un circuit à deux résistances avec une résistance série,  $R_s$  et d'une résistance parallèle  $R_p$ . La valeur des résistances et des configurations est donnée dans les Paragraphes 5.4.2 à 5.4.5.

### 5.4.2 Impédance du système intérieur

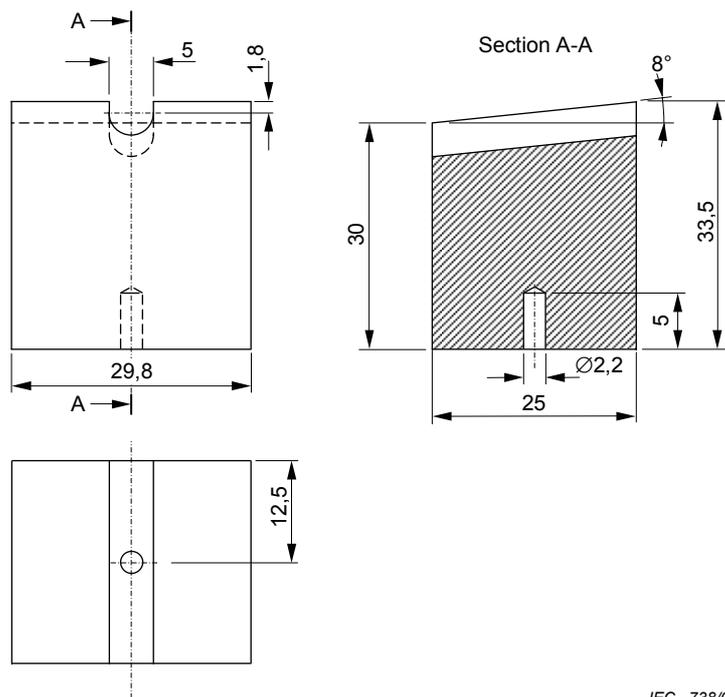
Si l'impédance  $Z_1$  du système intérieur (coaxial ou quasi-coaxial) n'est pas connue, elle peut être déterminée soit avec un réflectomètre dans le domaine temporel soit en utilisant la méthode suivante.

Une extrémité de l'échantillon préparé est connectée à un analyseur de réseaux qui est étalonné pour les mesures d'impédance au plan de référence de l'interface avec le connecteur. La fréquence d'essai doit être environ la fréquence pour laquelle la longueur de l'échantillon est de  $1/8 \lambda$ , où  $\lambda$  est la longueur d'onde.

$$f_{\text{essai}} \approx \frac{c}{8 \times L_{\text{échantillon}} \times \sqrt{\epsilon_{r1}}} \tag{4}$$

où

- $f_{\text{essai}}$  est la fréquence en Hz;
- $c$  est la vitesse de la lumière,  $3 \times 10^8$  m/s;
- $L_{\text{échantillon}}$  est la longueur de l'échantillon.



IEC 738/06

Dimensions in mm

**Figure 6 – Insert for adapting the different sizes of the cables under test – Position 4**

## 5.4 Impedance matching circuit

### 5.4.1 General

If the impedance of the cable under test  $Z_1$  is not equal to the receiver input resistance (commonly  $50 \Omega$ ) then an impedance matching circuit is needed. It shall be implemented as a two resistor circuit with one series resistor,  $R_s$  and one parallel resistor  $R_p$ . The value of the resistors and the configurations are shown in 5.4.2 to 5.4.5.

### 5.4.2 Impedance of inner system

If the impedance  $Z_1$  of the inner system (coaxial or quasi coaxial) is not known, it may be either determined with a time domain reflectometer or by using the following method.

One end of the prepared sample is connected to a network analyser, which is calibrated for impedance measurements at the connector interface reference plane. The test frequency shall be the approximate frequency for which the length of the sample is  $1/8 \lambda$ , where  $\lambda$  is the wavelength.

$$f_{\text{test}} \approx \frac{c}{8 \times L_{\text{sample}} \times \sqrt{\epsilon_{r1}}} \quad (4)$$

where

- $f_{\text{test}}$  is the test frequency in Hz;
- $c$  is the velocity of light,  $3 \times 10^8$  m/s;
- $L_{\text{sample}}$  is the length of sample.

L'échantillon est court-circuité à l'extrémité éloignée. L'impédance  $Z_{\text{courte}}$  est mesurée.

L'échantillon est laissé ouvert au point où il a été coupé. L'impédance  $Z_{\text{ouverte}}$  est mesurée.

$Z_1$  est calculée comme:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{\text{courte}} \times Z_{\text{ouverte}}} \quad (5)$$

### 5.4.3 Circuit d'adaptation si $Z_1 < 50 \Omega$

Si l'impédance du système intérieur  $Z_1$  et en conséquence la résistance de charge  $R_1$  est inférieure à  $50 \Omega$ , les formules ci-dessous sont utilisées:

$$R_s = 50 \times \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}} \quad (6)$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}} \quad (7)$$

La configuration est illustrée à la Figure 7.

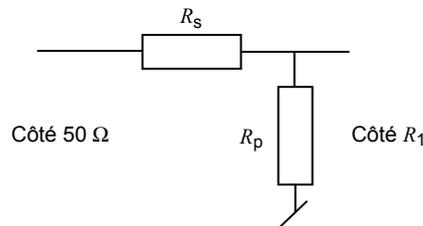


Figure 7 – Adaptation d'impédance pour  $Z_1 < 50 \Omega$

Le gain de tension,  $k_m$  du circuit est:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s} \quad (8)$$

### 5.4.4 Circuit d'adaptation si $Z_1 > 50 \Omega$

Si l'impédance du système intérieur  $Z_1$  et par conséquent  $R_1$  est supérieure à  $50 \Omega$ , on utilise les formules ci-dessous.

$$R_s = R_2 \sqrt{1 - \frac{50}{R_2}} \quad (9)$$

The sample is short-circuited at the far end. The impedance  $Z_{\text{short}}$  is measured.

The sample is left open at the same point where it was shorted. The impedance  $Z_{\text{open}}$  is measured.

$Z_1$  is calculated as:

$$Z_1 = \sqrt{Z_{\text{short}} \times Z_{\text{open}}} \quad (5)$$

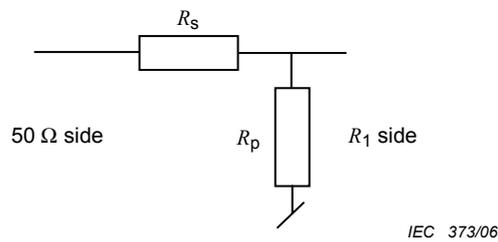
#### 5.4.3 Matching circuit if $Z_1 < 50 \Omega$

If the impedance of the inner system  $Z_1$  and subsequently the load resistor  $R_1$  is less than  $50 \Omega$  the formulas below are used:

$$R_s = 50 \times \sqrt{1 - \frac{R_1}{50}} \quad (6)$$

$$R_p = \frac{R_1}{\sqrt{1 - \frac{R_1}{50}}} \quad (7)$$

The configuration is depicted in Figure 7.



**Figure 7 – Impedance matching for  $Z_1 < 50 \Omega$**

The voltage gain  $k_m$  of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_1 R_p}{R_1 R_p + R_p R_s + R_1 R_s} \quad (8)$$

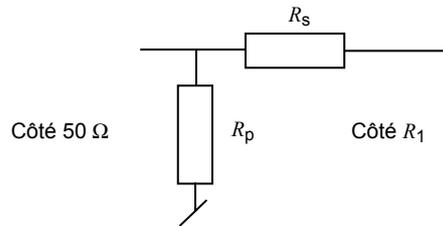
#### 5.4.4 Matching circuit if $Z_1 > 50 \Omega$

If the impedance of the inner system  $Z_1$  and subsequently  $R_1$  is greater than  $50 \Omega$ , the formulas below are used:

$$R_s = R_2 \sqrt{1 - \frac{50}{R_2}} \quad (9)$$

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_2}}} \tag{10}$$

La configuration est illustrée à la Figure 8.



**Figure 8 – Adaptation d'impédance pour  $Z_1 > 50 \Omega$**

Le gain de tension,  $k_m$  du circuit est:

$$k_m = \frac{R_2}{R_s + R_2} \tag{11}$$

## 6 Préparation des échantillons d'essai

### 6.1 Généralités

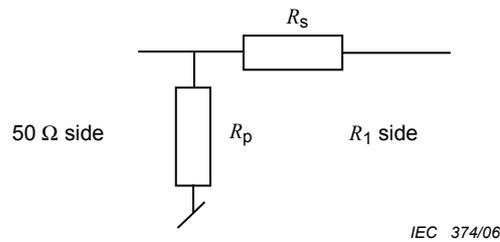
La longueur d'essai recommandée entre les deux injecteurs est de 0,5 m pour les fréquences jusqu'à 1 GHz (voir aussi 4.3). Pour un injecteur tel que décrit en 5.3, il convient que le CUT possède un écran en tubes de laiton ou de cuivre à l'extérieur de sa longueur d'essai (voir points  $h_1$  et  $h_2$  à la Figure 9). Les tubes de blindage doivent créer un contact avec l'écran du câble S en E par soudage ou sertissage. Si la technique du soudage est utilisée, on doit veiller à ne pas surchauffer le diélectrique du câble. Une bonne pratique consiste à choisir le diamètre du tube de manière à ce que le câble en essai puisse être inséré avec la gaine extérieure retirée et fixé par un outil de sertissage normal. L'avantage de cette méthode est d'empêcher la fragmentation du tressage de câble S près de la longueur d'essai du câble en essai par le positionnement à proximité du tube. Une autre possibilité est l'utilisation de coins pour être en contact avec des câbles à tressage/à feuille d'aluminium non soudable.

Des connecteurs adaptés (N, SMA) doivent être montés aux deux extrémités du câble en essai. Ils sont couplés à la terminaison et au câble du récepteur et ils sont montés dans les boîtes d'écran (Figure 10). Le câble en essai complet doit être soumis aux essais avec un TDR pour la qualité électrique du câble en essai lui-même. Les forces de pliage doivent être évitées au niveau des joints entre les tubes et la section d'essai du câble en essai pour empêcher les dommages mécaniques.

Pour réduire l'influence du couplage non désiré d'énergie électromagnétique aux extrémités libres, la somme de  $l_1$  et  $l_2$  ne doit pas dépasser la longueur de la section d'essai du câble en essai.

$$R_p = \frac{50}{\sqrt{1 - \frac{50}{R_2}}} \quad (10)$$

The configuration is depicted in Figure 8.



**Figure 8 – Impedance matching for  $Z_1 > 50 \Omega$**

The voltage gain  $k_m$  of the circuit is:

$$k_m = \frac{R_2}{R_s + R_2} \quad (11)$$

## 6 Preparation of the test sample

### 6.1 General

The recommended test length between the two launchers is 0,5 m for frequencies up to 1 GHz (see also 4.3). For a launcher as described in 5.3, the CUT should be shielded with brass or copper tubes outside its test length (see items  $h_1$  and  $h_2$  in Figure 9). The shielding tubes shall make contact with the cable screen S at E by soldering or crimping. If soldering is used, care shall 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 a standard crimping tool. The advantage of this method is that the cable braid S is prevented from unravelling near the test length 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 cable and are mounted in screening boxes (Figure 10). 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 of the CUT.

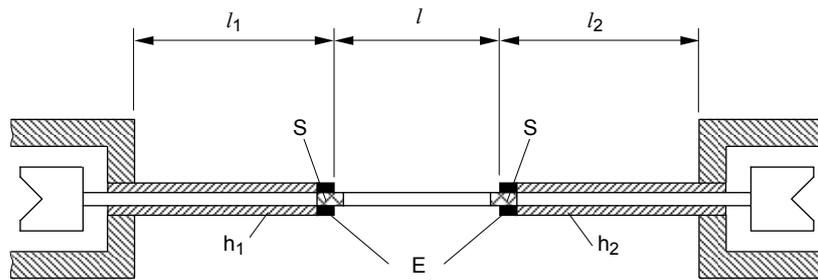


Figure 9 – Préparation du câble en essai (CUT)

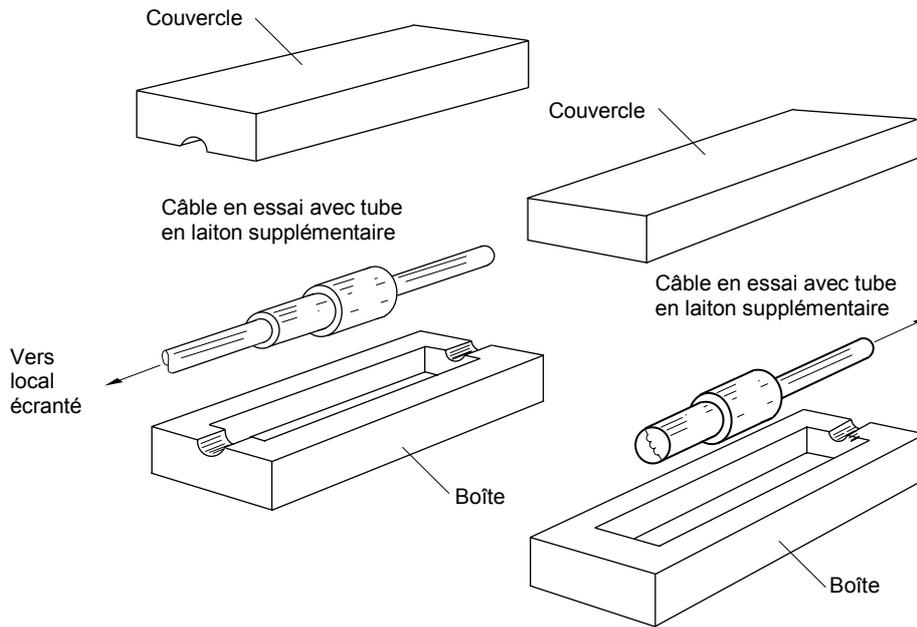


Figure 10 – Ecran supplémentaire des connecteurs sur le câble en essai (CUT)

### 6.2 Câbles symétriques sous écran

Les câbles symétriques sous écran sont traités comme un système quasi-coaxial. C'est pourquoi tous les conducteurs de toutes les paires doivent être connectés ensemble aux deux extrémités. Tous les écrans, y compris ceux des paires ou des quartes à écran individuel, doivent être connectés ensemble aux deux extrémités. Les écrans doivent être connectés sur toute la circonférence.

Le principe de préparation des échantillons symétriques est donné à la Figure 11.

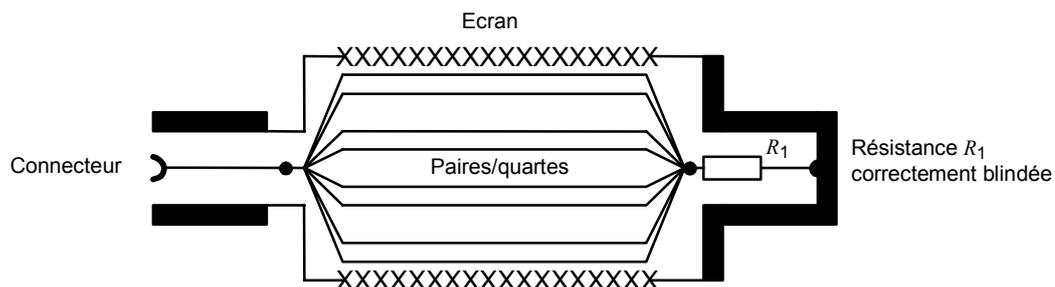


Figure 11 – Préparation des échantillons symétriques

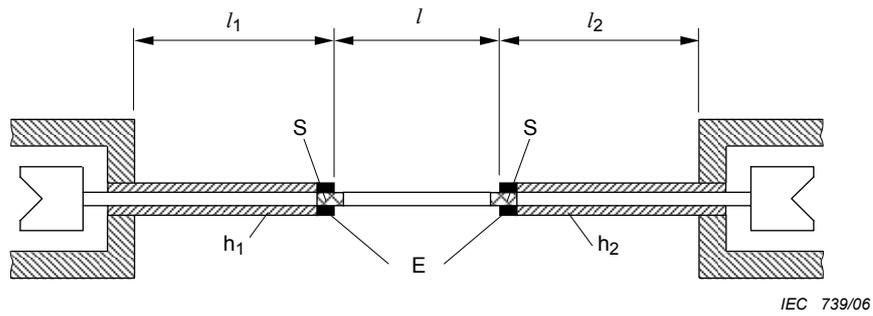


Figure 9 – Preparation of the cable under test (CUT)

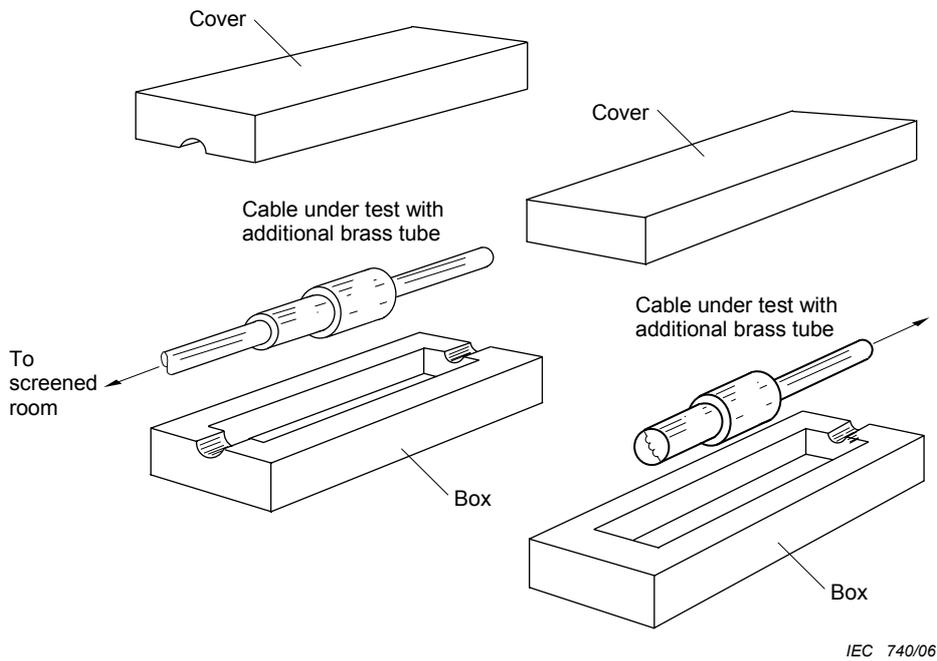


Figure 10 – Additional screening of connectors on the cable under test (CUT)

### 6.2 Screened symmetrical cables

Screened symmetrical cables are treated as a quasi coaxial system. Therefore all conductors of all pairs shall be connected together at both ends. All screens, including those of individually screened pairs or quads, shall be connected together at both ends. The screens shall be connected over the whole circumference.

The principle preparation of symmetrical samples is given in Figure 11.

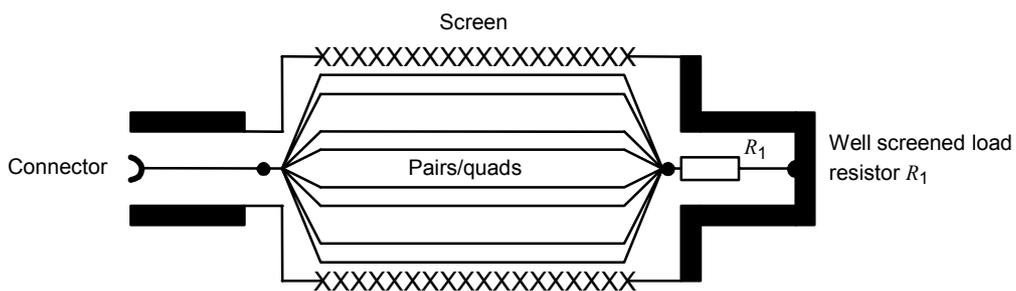


Figure 11 – Preparation of symmetrical samples

### 6.3 Câbles multiconducteurs sous écran

Les câbles multiconducteurs sous écran sont préparés comme des câbles symétriques.

## 7 Mesure

### 7.1 Généralités

Le montage d'essai doit être assemblé conformément à la Figure 1. Si cela est nécessaire, l'adaptateur d'impédance doit être utilisé pour adapter le câble en essai à l'impédance du récepteur, respectivement à la charge.

### 7.2 Précautions de mesure

#### 7.2.1 Courant primaire réduit

Lorsqu'on effectue des mesures à l'extrémité éloignée avec des instruments coaxiaux conventionnels, le récepteur est généralement relié à la terre. Aux basses fréquences où des effets résistifs peuvent dominer des effets inductifs ou, en raison de la résonance dans la plage élevée des kHz, une partie du courant d'injection peut passer directement par le sol sans retourner le long de l'écran du câble en essai. Cela conduit à une sensibilité réduite et même à des erreurs de mesure si le courant dans l'écran n'est pas directement surveillé sur la section d'essai. Le problème peut être résolu comme suit:

- a) en évitant des mesures à l'extrémité éloignée à des fréquences basses (principalement dans la gamme des kHz);
- b) en utilisant une inductance en mode commun sur l'alimentation coaxiale du fil d'injection (efficace pour les valeurs supérieures de kHz et au-delà);
- c) en utilisant un transformateur d'isolement soit pour le réseau générateur soit pour le réseau récepteur (s'il n'est pas dans le même cadre) ou pour l'alimentation coaxiale du fil d'injection. (Ces mesures sont efficaces à partir des plages de fréquences les plus basses mais il convient de veiller à éviter les résonances longitudinales.)

#### 7.2.2 Courants non contrôlés

Un soin particulier est nécessaire concernant les courants à la terre à basse fréquence ne retournant pas à travers le circuit d'alimentation coaxial. De tels courants passent à travers les parties du montage qui ne sont pas soumises aux essais et en particulier à travers le cadre du récepteur. C'est pourquoi la sensibilité exigée peut ne pas être obtenue lorsqu'on mesure un affaiblissement d'écran très élevé. La meilleure méthode est l'utilisation des transformateurs d'isolement tels qu'ils sont présentés en 7.2.1.

#### 7.2.3 Manques d'homogénéité des écrans de câbles autour de la circonférence

Le fil d'injection ne couvre pas toute la circonférence de l'écran du câble. Ainsi, pour des écrans de câbles présentant un manque d'homogénéité, les résultats d'essai dépendent de la position du fil d'injection. Ainsi pour une couverture suffisante de la circonférence, au moins quatre mesures à 90° d'intervalle doivent être prises avec un angle de couverture de 60° à 120°. Dans le cas de diamètres de câble supérieurs à 10 mm, un plus grand nombre de mesures peut être nécessaire.

### 7.3 Etalonnage

La perte composite des câbles de connexion et du circuit d'injection doit être mesurée de préférence avec un balayage de fréquence logarithmique sur la plage de fréquences qui est spécifiée pour l'impédance de transfert dans la spécification de câble applicable. Les données d'étalonnage doivent être sauvegardées de manière à ce que les résultats puissent être corrigés.

### 6.3 Screened multi-conductor cables

Screened multi-conductor cables are prepared as symmetrical cables.

## 7 Measurement

### 7.1 General

The test set-up shall be assembled in accordance with Figure 1. If necessary, impedance matching adapter shall be used to match the CUT to the receiver impedance, respectively load.

### 7.2 Measurement precautions

#### 7.2.1 Reduced primary current

When making far-end measurements with conventional coaxial instruments, the receiver is usually earthed. 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 over the ground without returning along the screen of the CUT. This leads to a 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);
- 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 should be taken to avoid longitudinal resonances.)

#### 7.2.2 Uncontrolled currents

Special care is required concerning low frequency earth currents not returning 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 7.2.1.

#### 7.2.3 Inhomogeneities of cable screens around the circumference

The injection wire does not cover the whole circumference of the cable screen. Thus for inhomogeneous cable screens, the test results may depend on the position of the injection wire. Therefore for a sufficient coverage of the circumference, at least four measurements 90° apart shall be taken, with a coverage angle of 60° to 120°. In the case of cable diameters larger than 10 mm, more measurements may be necessary.

### 7.3 Calibration

The composite loss of the connecting cables and the injection circuit shall be measured preferably in a logarithmic frequency sweep over the frequency range, which is specified for the transfer impedance in the relevant cable specification. The calibration data has to be saved, so that the results may be corrected.

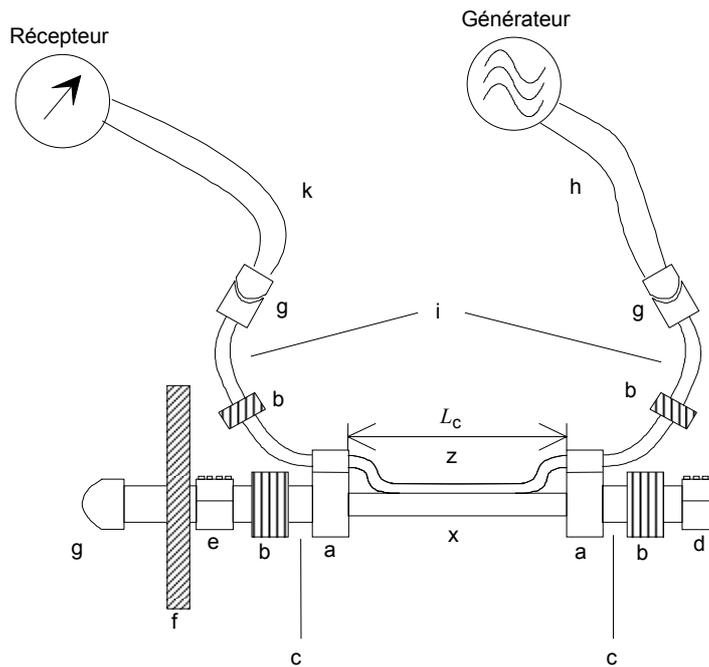
$$a_{cal} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{U_{gen, cal}}{U_{rec, cal}} \right| \tag{12}$$

où

$U_{gen, cal}$  est la tension de sortie du générateur au cours de la procédure d'étalonnage;

$U_{rec, cal}$  est la tension d'entrée au niveau du récepteur au cours de la procédure d'étalonnage.

Le principe de montage pour la mesure de l'étalonnage est donné à la Figure 12.



Légende, voir Figure 1.

**Figure 12 – Montage d'étalonnage**

#### 7.4 Méthode de mesure

Dans la méthode de mesure triaxiale pour déterminer l'impédance de transfert (CEI 62153-4-3), la capacité directe est court-circuitée par le court-circuit à l'extrémité proche du circuit extérieur. Dans le circuit d'injection de ligne, l'impédance de transfert  $Z_T$  et l'impédance de couplage capacitif  $Z_F$  agissent à la fois sur le câble au même moment et donnent l'impédance de transfert équivalente  $Z_{TE}$ . Ainsi, une mesure à l'extrémité proche et une mesure à l'extrémité éloignée doivent être réalisées.

L'affaiblissement doit être mesuré sur toute la plage de fréquences de préférence dans un balayage de fréquences logarithmique aux mêmes points de fréquence que la procédure d'étalonnage.

Etant donné que l'écran du câble ne peut pas être considéré homogène autour de la circonférence, au moins quatre mesures à 90° d'intervalle doivent être prises.

Le principe de montage pour la mesure à l'extrémité éloignée est donné à la Figure 13.

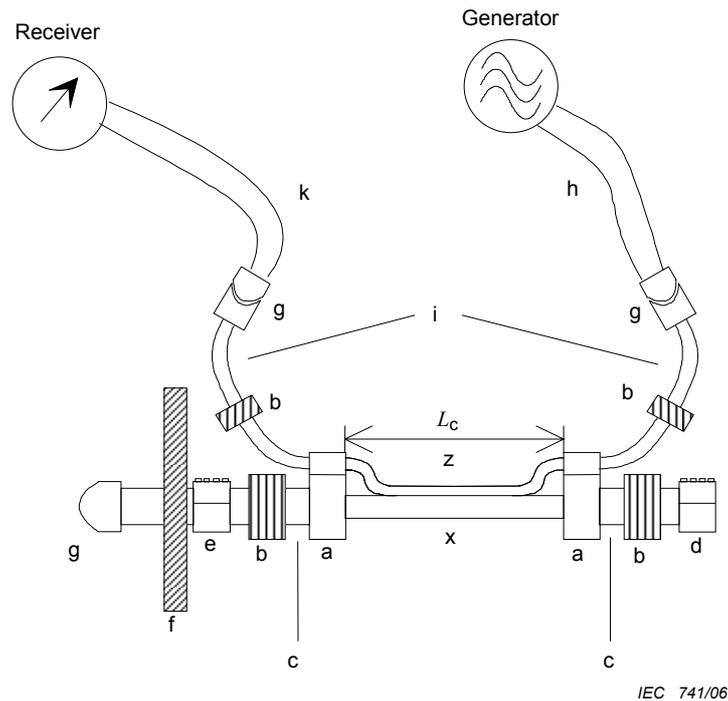
$$a_{\text{cal}} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{U_{\text{gen, cal}}}{U_{\text{rec, cal}}} \right| \quad (12)$$

where

$U_{\text{gen, cal}}$  is the output voltage of generator during calibration procedure;

$U_{\text{rec, cal}}$  is the input voltage at the receiver during calibration procedure.

The principle set-up for the calibration measurement is given in Figure 12.



Key see Figure 1.

**Figure 12 – Calibration set-up**

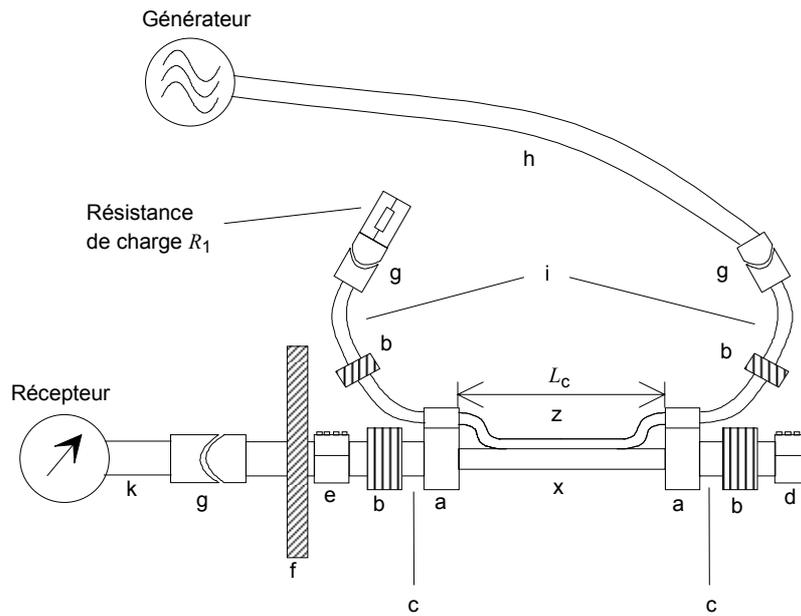
#### 7.4 Measuring procedure

In the triaxial measuring method to determine the transfer impedance (IEC 62153-4-3), the through capacitance is short-circuited by the short circuit at the near end of the outer circuit. In the line injection circuit, both the transfer impedance  $Z_T$  and the capacitive coupling impedance  $Z_F$  act on the cable at the same time, and result in the equivalent transfer impedance  $Z_{TE}$ . Thus a near and far end measurement shall be performed.

The attenuation shall be measured over the whole frequency range preferably in a logarithmic frequency sweep at the same frequency points as for the calibration procedure.

Because the cable screen cannot be considered homogeneous around the circumference, at least four measurements  $90^\circ$  apart shall be taken.

The principle set-up for the far end measurement is given in Figure 13.



Légende, voir Figure 1.

**Figure 13 – Montage de mesure à l'extrémité éloignée**

$$a_{\text{meas}_f^n} = 20 \times \log_{10} \left| \frac{U_{\text{gen, meas}_f^n}}{U_{\text{rec, meas}_f^n}} \right| \quad (13)$$

où

$U_{\text{gen, meas}_f^n}$  est la tension de sortie du générateur au cours de la mesure à l'extrémité proche (n) ou éloignée (f);

$U_{\text{rec, meas}_f^n}$  est la tension d'entrée au niveau du récepteur au cours de la mesure à l'extrémité proche (n) ou éloignée (f).

### 7.5 Evaluation des résultats d'essais

Définition:

$$Z_{\text{TE}_f^n} \times L_c = \frac{2 \times U_{1_f^n}}{k_m \times I_2} = (Z_F \pm Z_T) \times L_c \quad (14)$$

$$I_2 = \frac{U_{2,n}}{R_{2,f}} \text{ pour } Z_T \times L_c \ll R_1 \quad (15)$$

$$Z_{\text{TE}_f^n} \times L_c = \frac{2 \times U_{1_f^n}}{k_m \times U_{2,n}} \times R_2 = (Z_F \pm Z_T) \times L_c \quad (16)$$



$$Z_{TE\ n\ f} = \frac{2R_2}{L_c k_m} 10^{\frac{-A_{T\ n\ f}}{20}} \quad (17)$$

$$A_{T\ n\ f} = a_{meas\ n\ f} - a_{cal} \quad (18)$$

où

$U_{1\ n\ f}$  est la tension induite à l'extrémité proche (n) ou éloignée (f) mesurée au niveau du câble en essai;

$Z_{TE\ n\ f}$  est l'impédance de transfert équivalente de la mesure à l'extrémité proche (n) ou éloignée (f);

$a_{meas\ n\ f}$  est l'affaiblissement mesuré à l'extrémité proche (n) ou éloignée (f), procédure de mesure en dB;

$\pm$  fait référence à la mesure à l'extrémité proche (+) ou à l'extrémité éloignée (-);

$a_{cal}$  est la perte composite mesurée à la procédure d'étalonnage en dB;

$I_2$  est le courant dans l'écran causé par le circuit d'injection;

$k_m$  est le gain de tension du circuit d'adaptation d'impédance (voir 5.4.3 et 5.4.4);

$L_c$  est la longueur de couplage en m;

$R_2$  est la résistance de charge du circuit d'injection en  $\Omega$  (50  $\Omega$ );

$Z_F$  est l'impédance de couplage capacitif;

$Z_{TE}$  est l'impédance de transfert équivalente.

## 8 Expression des résultats d'essai

### 8.1 Expression

Les valeurs de l'impédance de transfert équivalente sont exprimées comme  $Z_{TE}$  par unité de longueur à des fréquences pour lesquelles les exigences sont stipulées dans les spécifications de câble applicables.

### 8.2 Correction de température

Une correction de température n'est pas nécessaire.

### 8.3 Rapport d'essai

La valeur la plus élevée par unité de longueur de l'impédance de transfert équivalente – obtenue à partir d'au moins quatre mesures soit à l'extrémité proche soit à l'extrémité éloignée – doit être enregistrée à des fréquences comme cela est exigé par la spécification de câble applicable.

## 9 Exigence

Les résultats de l'impédance de transfert équivalente maximale doivent être conformes à la valeur indiquée dans la spécification de câble applicable.

$$Z_{TE\ n\ f} = \frac{2R_2}{L_c k_m} 10^{-A_{T\ n\ f}/20} \quad (17)$$

$$A_{T\ n\ f} = a_{meas\ n\ f} - a_{cal} \quad (18)$$

where

$U_{1\ n\ f}$  is the induced near end (n) or far end (f) voltage measured at the cable under test;

$Z_{TE\ n\ f}$  is the equivalent transfer impedance of near end (n) or far end (f) measurement;

$a_{meas\ n\ f}$  is the attenuation measured at near end (n) or far end (f) measuring procedure in dB;

$\pm$  refers to near end (+) or far end (–) measurement;

$a_{cal}$  is the composite loss measured at calibration procedure in dB;

$I_2$  is the current in the screen caused by the injection circuit;

$k_m$  is the voltage gain of the impedance matching circuit (see 5.4.3 and 5.4.4);

$L_c$  is the coupling length in m;

$R_2$  is the load resistance of injection circuit in  $\Omega$  (50  $\Omega$ );

$Z_F$  is the capacitance coupling impedance;

$Z_{TE}$  is the equivalent transfer impedance.

## 8 Expression of test results

### 8.1 Expression

The values of the equivalent transfer impedance are expressed as  $Z_{TE}$  per unit length at the frequencies for which requirements are specified in the relevant cable specifications.

### 8.2 Temperature correction

A temperature correction is not necessary.

### 8.3 Test report

The highest value per unit length of the equivalent transfer impedance – obtained from at least four measurements either at the near or far end – shall be recorded at the frequencies as required by the relevant cable specification.

## 9 Requirement

The results of the maximum equivalent transfer impedance shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



**Standards Survey**

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé  
1211 Genève 20  
Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)  
**International Electrotechnical Commission**  
3, rue de Varembé  
1211 GENEVA 20  
Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembe  
1211 Genève 20  
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)  
**Commission Electrotechnique Internationale**  
3, rue de Varembe  
1211 GENÈVE 20  
Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
(ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?  
(cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres  
(1) inacceptable,  
(2) au-dessous de la moyenne,  
(3) moyen,  
(4) au-dessus de la moyenne,  
(5) exceptionnel,  
(6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-8634-1



9 782831 886343

---

ICS 33.120.10; 33.100

---