

# TECHNICAL REPORT

# RAPPORT TECHNIQUE

**Metallic communication cable test methods –  
Part 4-0: Electromagnetic compatibility (EMC) – Relationship between surface  
transfer impedance and screening attenuation, recommended limits**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –  
Partie 4-0: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Relation entre l'impédance  
de transfert en surface et l'affaiblissement d'écran, limites recommandées**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62153-4-0:2007



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

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

### A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

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

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# TECHNICAL REPORT

## RAPPORT TECHNIQUE

---

**Metallic communication cable test methods –  
Part 4-0: Electromagnetic compatibility (EMC) – Relationship between surface  
transfer impedance and screening attenuation, recommended limits**

**Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication –  
Partie 4-0: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Relation entre l'impédance  
de transfert en surface et l'affaiblissement d'écran, limites recommandées**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

N

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

### **Part 4-0: Electromagnetic compatibility (EMC) – Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, recommended limits**

#### 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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62153-4-0, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, R.F. connectors, R.F. and microwave passive components and accessories.

This publication cancels and replaces IEC/TR 62064, published in 1999.

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

| Enquiry draft | Report on voting |
|---------------|------------------|
| 46/197/DTR    | 46/252/RVC       |

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

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

A list of all parts of the IEC 62153 series, under the general title: *Metallic communication cable test methods*, can be found on the IEC website.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62153-4-0:2007

## METALLIC COMMUNICATION CABLE TEST METHODS –

### Part 4-0: Electromagnetic compatibility (EMC) – Relationship between surface transfer impedance and screening attenuation, recommended limits

#### 1 Scope

This technical report describes important background material used during the revision of IEC 61196-1:1995, Clause 14, Guidance for surface transfer impedance and screening attenuation limits for flexible r.f. cables.

In this technical report, the relationship between surface transfer impedance ( $Z_T$ ) and screening attenuation ( $a_s$ ) is given, also measurements of  $Z_T$  and  $a_s$  are provided to show the correlation of mean screening attenuation between 200 MHz and 500 MHz and  $Z_T$  at both 30 MHz and 300 MHz.

The sensitivity of  $a_s$  to the relative velocity difference between the inner and outer system is shown. The cable data sheet should show the  $a_s$  values in a standardized form –  $\Delta v/v = 10\%$  and the characteristic impedance of the outer system is  $150\ \Omega$ . It is also shown that a relative velocity difference change from 10 % to 40 % gives an improvement of 12 dB in screening attenuation.

#### 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/TR 61917, *Cables, cable assemblies and connectors – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements*

#### 3 General

At high frequencies, when the surface transfer impedance  $Z_T$  and effective transfer impedance  $Z_{TE,n,f} = |Z_F \pm Z_T|$  increase 6 dB per octave, the relationship to the screening attenuation  $a_s$  is frequency independent and can be written as (see also Figure 1):

$$a_{s_n} = -20 \times \log_{10} \left| T_n \right| \quad (1)$$

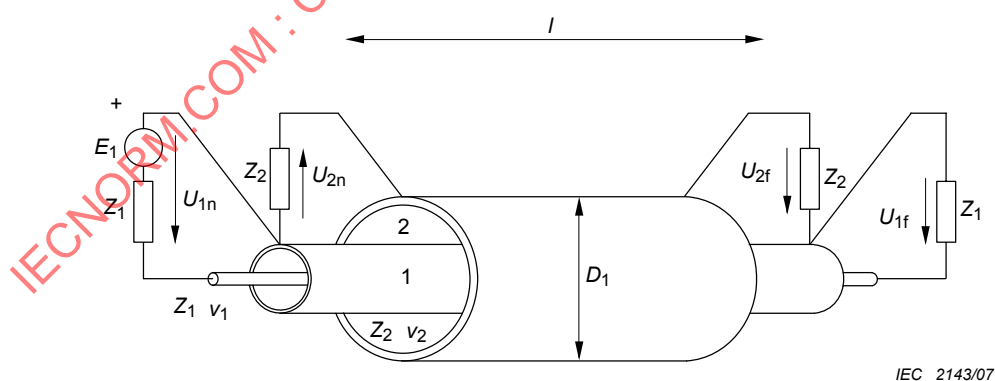
$$= -20 \times \log_{10} \frac{Z_T}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{I}{v_2} \pm \frac{I}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} \pm \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (2)$$

and

$$T_{nf} = \frac{U_{2n} / \sqrt{Z_2}}{U_{1f} / \sqrt{Z_1}} \quad (3)$$

where

- $l$  is the length of the cable under test;
- $D_1$  is the cylinder diameter;
- $E_1$  is the source voltage;
- $T_{n,f}$  are the coupling transfer functions;
- 'n' is for the near end and 'f' for the far end;
- $U_{1n}$  is the inner circuit near end voltage;
- $U_{2n}$  is the outer circuit near end voltage;
- $U_{1f}$  is the inner circuit far end voltage;
- $U_{2f}$  is the outer circuit far end voltage;
- $Z_1$  is the characteristic impedance of the cable;
- $Z_2$  is the impedance of the outer circuit;
- $\epsilon_{r1}$  is the cable dielectric permittivity;
- $\epsilon_{r2}$  is the permittivity of the outer circuit;
- $c_0$  is the velocity of light in vacuum;
- $\omega$  is the radian frequency;
- $v_1$  is the propagation velocity of the inner circuit;
- $v_2$  is the propagation velocity of the outer circuit;
- $Z_F$  is the capacitive coupling impedance;
- $Z_T$  is the surface transfer impedance;
- $Z_{TE_{n,f}}$  is the effective transfer impedance.



#### Key

- 1 inner circuit, cable under test
- 2 outer circuit, formed by test line or cylinder or the outer environment as in the absorbing clamp method

**Figure 1 – Concept of screening measurement set-ups**

When the capacitive coupling impedance  $Z_F$  is present (spaces in the outer conductor),  $Z_T$  shall be substituted by  $Z_{TE}$ .

"+" sign is for the near end and "-" sign for the far end.  $Z_1$  and  $Z_2$  are the impedances of the inner and outer system and  $v_1$  and  $v_2$  the corresponding velocities.

Screening attenuation  $a_s$  is a reliable measure of screening efficiency when the frequency is constant. This is true when  $Z_T$  or  $Z_{TE}$  increases 6 dB/octave and the following criterion is fulfilled:

$$I_n \geq \frac{\lambda_0}{\pi \sqrt{\epsilon_{r1} \pm \sqrt{\epsilon_{r2}}}} \quad (4)$$

where  $\lambda_0$  is the wave length in free space.

At lower frequencies when  $l$  is smaller than that found from (4), the coupling attenuation is:

$$A_{s_n} = -20 \times \log_{10} \left| T_n \right| = -20 \times \log_{10} \left| \frac{(Z_F \pm Z_T) \times l}{2 \sqrt{Z_1 Z_2}} \right| \quad (5)$$

More detailed information on the above equations is given in the IEC/TR 61917.

#### 4 Correlation between measured screening attenuation $a_s$ and measured surface transfer impedances at 30 MHz and 300 MHz

$Z_T$  and  $a_s$  were measured using the same cable construction. Figures 2, 3 and 4 show the correlation between  $a_s$  (mean value between 200 MHz and 500 MHz) and the  $Z_T$  values correspondingly at 30 MHz and 300 MHz.

In Figure 5, typical  $Z_T$  curves are shown. For single and double braided outer conductors, the 6 dB/octave increase is reached at 30 MHz but for foil-braid constructions at 30 MHz,  $Z_T$  can still be decreasing. The effect of this can be clearly seen when comparing the test results in Figures 2, 3 and 4 for the foil-braid cables. The correlation between  $a_s$  and  $Z_T$  (30 MHz) is poor, but much better between  $a_s$  and  $Z_T$  (300 MHz). For single and double braided cables, the correlation is equally good for 30 MHz and 300 MHz. The increase in the values of  $Z_T$  which should have been 10 fold (20 dB) is somewhat lower. The full 6 dB/octave increase in  $Z_T$  between 30 MHz and 300 MHz has not been reached for all single and double braided cables.

The  $Z_T(a_s)$  correlation line slope from Equations (1) and (2) is –20 dB/decade.

One reason for the spread in correlation is the strong effect of the velocity differences  $v_2 - v_1$  on the  $a_s$  value. To demonstrate this, two lines are shown for 40 % and one for 10 % relative velocity difference ( $|v_2 - v_1|/v_1$ ). Also, the outer circuit impedance has been altered from 300  $\Omega$  to 150  $\Omega$ .

Other reasons for the wide spread of the correlation points are that only the cable construction has been kept the same, but the tested samples are different. It is impossible to use the same samples in  $Z_T$  and  $a_s$  measurements because of the required difference in length of the cable under test (CUT). Even if the samples had been the same, a difference of  $\pm 6$  dB would exist when the CUT is removed from the test fixture and then remounted.

As shown above, the screening attenuation  $a_s$  is dependent on the outer circuit propagation velocity and to a lesser extent on the impedance, and decreases rapidly when the velocities  $v_2$

and  $v_1$  approach each other. For these reasons, it has been recommended that  $a_s$  shall also be given in standardized conditions  $a_{sn}$  where the outer circuit velocity differs by 10 % from the inner circuit velocity, and the outer circuit impedance is 150  $\Omega$ .

It can be seen from Figures 2 and 3 that the difference is about 10 dB. A drop in relative velocity difference from 40 % to 10 % causes a decrease of 12 dB in  $a_s$ . A decrease in impedance of 50 % causes an increase in  $a_s$  of 3 dB.

The values of the standardized condition 10 % relative velocity difference / 150  $\Omega$  have been shown to be that of a typical cable tray surrounding. Normally, the measurement conditions of the absorbing clamp set-up give approximately a 10 dB improvement value for  $a_s$ .

Figures 5, 6 and 7 show typical test results for single braided, double braided and foil-braid outer conductor constructions.

## 5 Recommended limits for surface transfer impedance and screening attenuation

In Clause 14 of IEC 61196-1:1995, Table 5 provides the recommended limits. To reach the limit of 100 m $\Omega$ /m at 30 MHz for single braided cables, some optimization is needed, but even values below 50 m $\Omega$ /m are not difficult to obtain. A guide for optimization of single braided outer conductors is in preparation by the IEC. Some older cable design standards have requirements for too great a screen coverage, for example, too much copper in the braid. They are so heavily overbraided that a  $Z_T$  of 300 m $\Omega$ /m at 30 MHz is common.

To reach an  $a_s$  by an absorbing clamp measured screening attenuation of 90 dB for double braided cables, some optimization is needed. In CATV networks, an  $a_s$  higher than 85 dB is under discussion and an optimized double braided construction may fulfil the requirement.

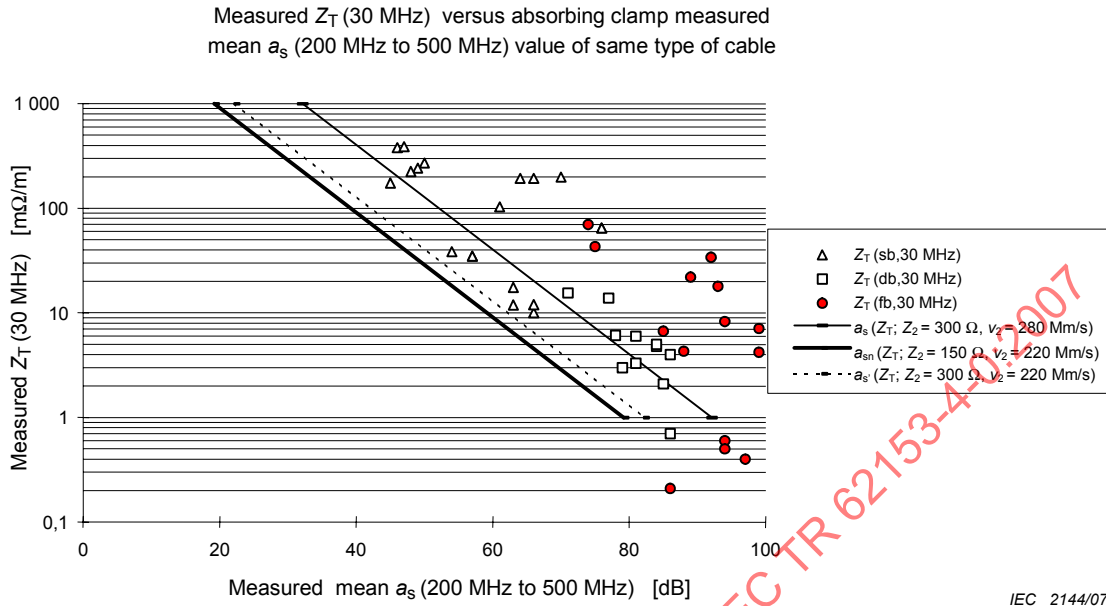
When good screening is needed below 30 MHz, the so-called superscreened construction is available, i.e.  $\mu$ -metal tape sandwiched between two braids.

The most commonly used cable construction, when good screening at relatively high frequencies is needed, is the foil-braid type. A copper or aluminium foil of suitable thickness and overlap should be used to meet the screening values required.

At frequencies below 30 MHz, the screening properties should be defined at an upper limit of the transfer impedance.

For foil-braid constructions, a  $Z_T \leq 5$  m $\Omega$ /m at 5 MHz and  $\leq 50$  m $\Omega$ /m at d.c. is recommended.

As it is becoming more common to utilize the 5 MHz to 30 MHz return path of the CATV systems, it is important to specify the screening properties below 30 MHz. The relevant values should be calculated in cooperation between IEC TC 46 and IEC TC 100/TA5.



**Figure 2 – Measured surface transfer impedance versus measured mean screening attenuation and the calculated relation between  $Z_T$  and  $a_s$  when  $Z_T$  is directly proportional to frequency at high frequencies**

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (6)$$

where

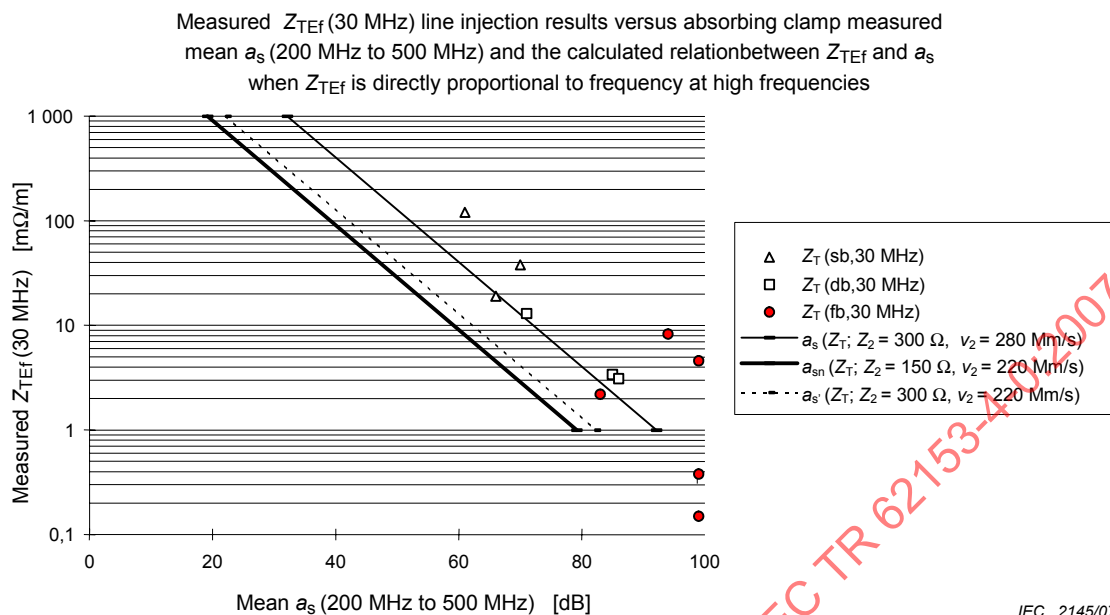
$$Z_1 = 75 \Omega;$$

$$v_1 = 200 \text{ Mm/s, assumed for the cable under test;}$$

$$Z_2 = 300 \Omega \text{ or } 150 \Omega;$$

$$v_2 = 220 \text{ Mm/s } (\Delta v/v_1 = 10 \%) \text{ or } 280 \text{ Mm/s } (\epsilon_{r2} = 1,15; \Delta v/v_1 = 40 \%);$$

$$c_0 = 300 \text{ Mm/s.}$$



**Figure 3 – Line-injection versus absorption clamp results at 30 MHz and the calculated relation between  $Z_{TEf}$  and  $a_s$  when  $Z_{TEf}$  is directly proportional to frequency**

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf}}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf} c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (7)$$

where

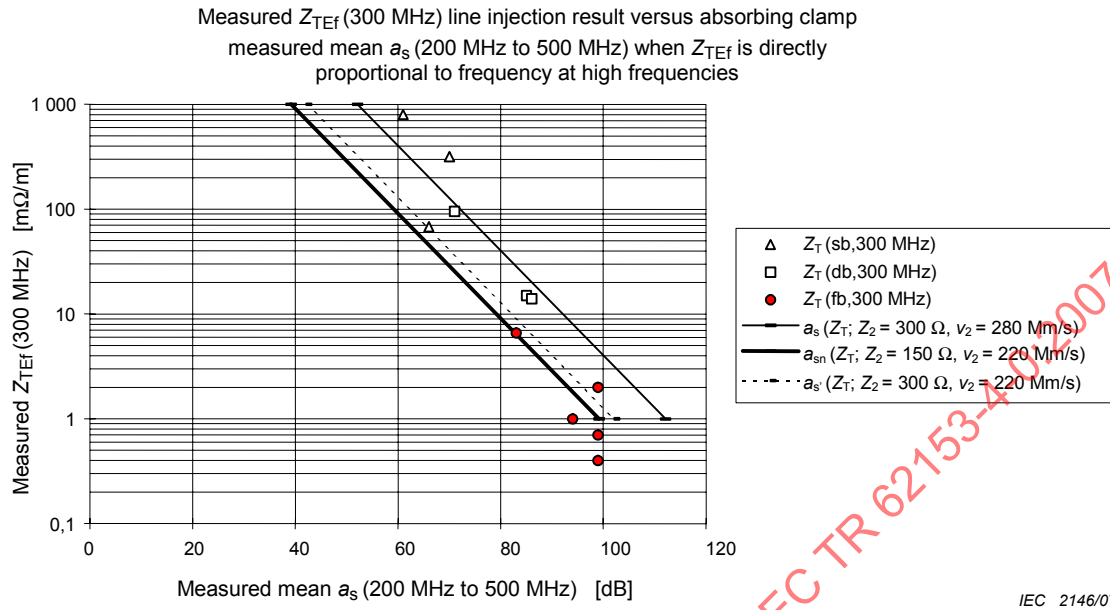
$Z_1 = 75 \Omega$ ;

$v_1 = 200$  Mm/s assumed for the cable under test;

$Z_2 = 300 \Omega$  or  $150 \Omega$ ;

$v_2 = 220$  Mm/s ( $\Delta v/v_1 = 10\%$ ) or  $280$  Mm/s ( $\epsilon_{r2} = 1,15$ ;  $\Delta v/v_1 = 40\%$ );

$c_0 = 300$  Mm/s.



**Figure 4 – Line-injection versus absorption clamp results at 300 MHz and the calculated relation between  $Z_{TEf}$  and  $a_s$  when  $Z_{TEf}$  is directly proportional to frequency**

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf}}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf} c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (8)$$

where

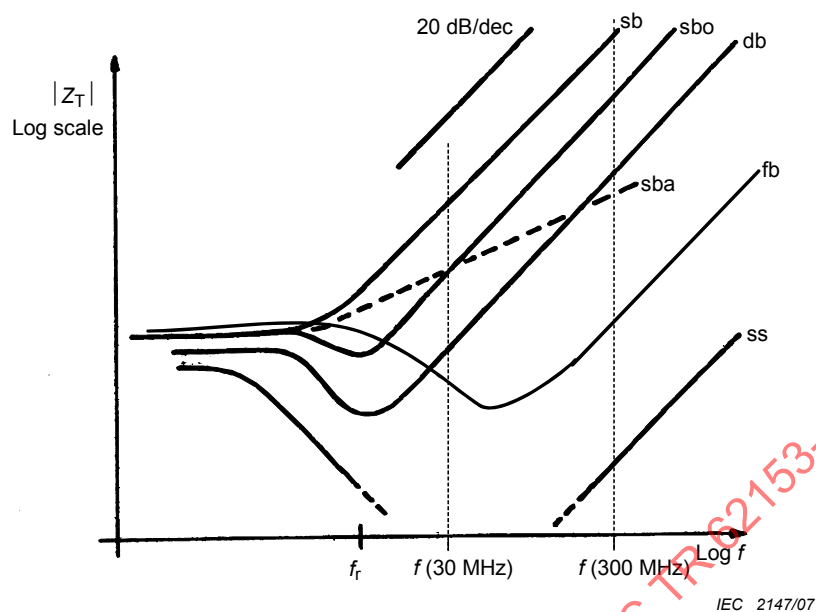
$Z_1 = 75 \Omega$ ;

$v_1 = 200$  Mm/s assumed for the cable under test;

$Z_2 = 300 \Omega$  or  $150 \Omega$ ;

$v_2 = 220$  Mm/s ( $\Delta v/v_1 = 10\%$ ) or  $280$  Mm/s ( $\epsilon_{r2} = 1,15$ ;  $\Delta v/v_1 = 40\%$ );

$c_0 = 300$  Mm/s.

**Key**

|       |                          |
|-------|--------------------------|
| $f_r$ | typically 1....10 MHz    |
| sb    | single braid             |
| sbo   | single braid optimized   |
| sba   | single braid "irregular" |
| db    | double braid             |
| ss    | superscreen              |
| fb    | foil+braid               |

**Figure 5 – Surface transfer impedance of typical cables**

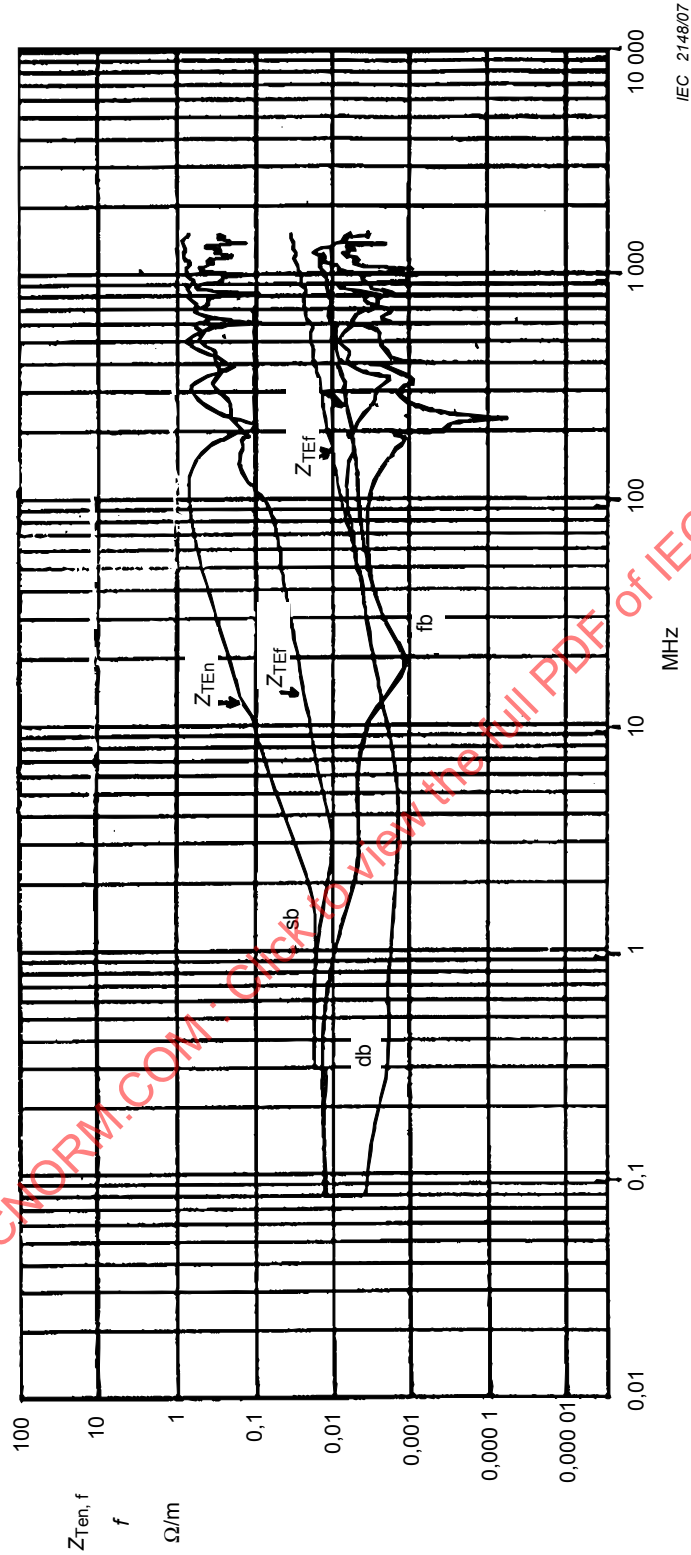
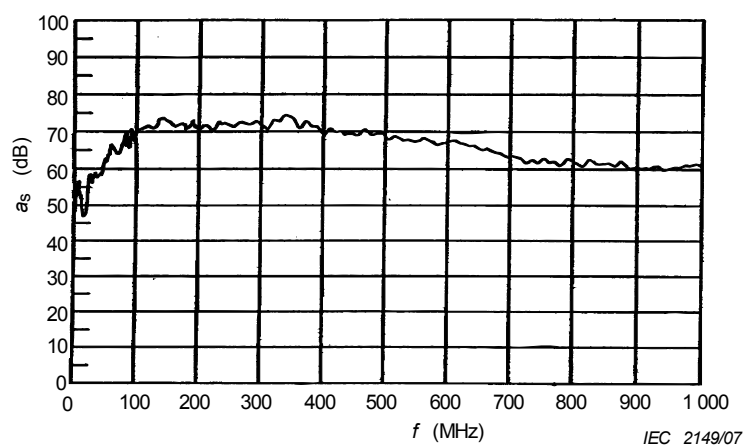
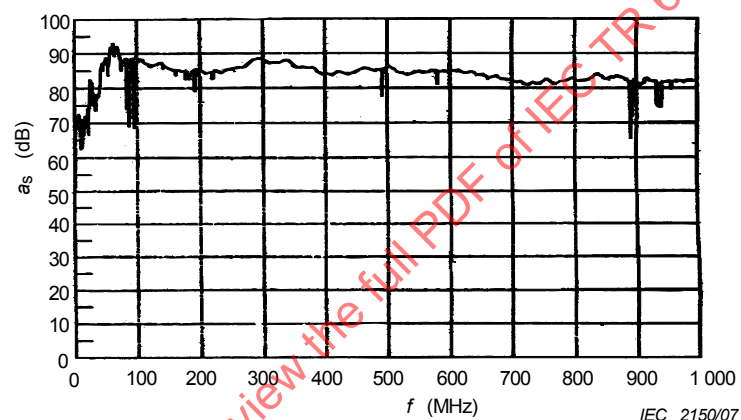
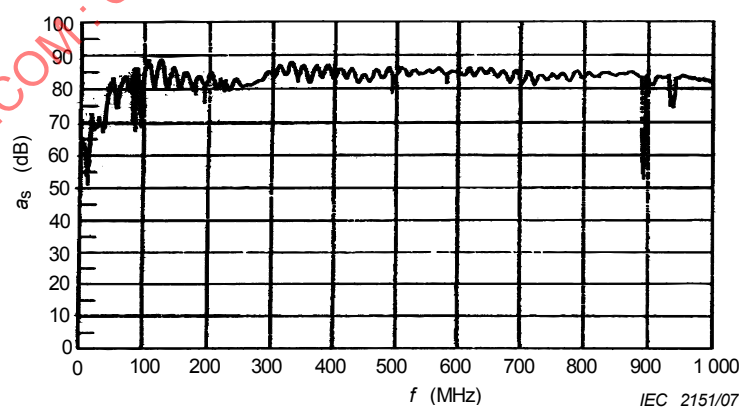


Figure 6 – Typical effective transfer impedance values measured with the line-injection method,  
(sb = single braid, db = double braid and fb = foil + braid)

**Figure 7a – sb: single braid****Figure 7b – db: double braid****Figure 7c – fb: foil + braid****Figure 7 – Measured screening attenuation ( $a_s$  / dB) of the cables in Figure 6**

## Bibliography

IEC 61196-1:1995, *Radio-frequency cables – Part 1: Generic specification – General, definitions, requirements and test methods* (withdrawn)

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62153-4-0:2007

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62153-4-0:2007

## COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

#### **Partie 4-0: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Relation entre l'impédance de transfert en surface et l'affaiblissement d'écran, limites recommandées**

#### 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles 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. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 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 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 ou de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 62153-4-0, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Cette publication annule et remplace la CEI/TR 62064, parue en 1999.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

| Projet d'enquête | Rapport de vote |
|------------------|-----------------|
| 46/197/DTR       | 46/252/RVC      |

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

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 62153, sous le titre général: *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication*, est disponible sur le site web de la CEI.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 62153-4-0:2007

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

### Partie 4-0: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Relation entre l'impédance de transfert en surface et l'affaiblissement d'écran, limites recommandées

#### 1 Domaine d'application

Le présent rapport technique fournit les informations générales utiles utilisées au cours de la révision de la CEI 61196-1:1995, Article 14, Instructions pour l'impédance de transfert en surface et les limites d'affaiblissement d'écran pour les câbles r.f. souples.

Dans ce rapport technique est donnée la relation entre l'impédance en transfert en surface ( $Z_T$ ) et l'affaiblissement d'écran ( $a_s$ ) ; de même, les mesures de  $Z_T$  et  $a_s$  sont fournies pour montrer la corrélation de l'affaiblissement moyen de l'écrantage entre 200 MHz et 500 MHz et  $Z_T$  à 30 MHz et 300 MHz.

La sensibilité de  $a_s$  en fonction de la différence de vitesse relative entre le système intérieur et extérieur est mise en évidence. Il convient que la fiche technique du câble présente les valeurs de  $a_s$  sous une forme normalisée –  $\Delta v/v = 10\%$  et l'impédance caractéristique du système extérieur est de  $150\ \Omega$ . On démontre également qu'une variation de la différence de vitesse relative de  $10\%$  à  $40\%$  fournit une amélioration de  $12\text{ dB}$  de l'affaiblissement d'écran.

#### 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

CEI/TR 61917, *Câbles, cordons et connecteurs – Introduction aux mesures de blindage électromagnétique (CEM)* (disponible en anglais seulement)

#### 3 Généralités

A de hautes fréquences, lorsque l'impédance de transfert en surface  $Z_T$  et l'impédance de transfert efficace  $Z_{TE_{n,f}} = |Z_F \pm Z_T|$  augmentent de  $6\text{ dB}$  par octave, la relation à l'affaiblissement d'écran  $a_s$  est indépendante de la fréquence et peut être lue comme suit (voir aussi la Figure 1):

$$a_{s_n} = -20 \times \log_{10} \left| T_n \right| \quad (1)$$

$$= -20 \times \log_{10} \frac{Z_T}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{l}{v_2} \pm \frac{l}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} \pm \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (2)$$

et

$$T_{nf} = \frac{U_{2n} / \sqrt{Z_2}}{U_{1f} / \sqrt{Z_1}} \quad (3)$$

où

$l$  est la longueur du câble en essai;

$D_1$  est le diamètre du cylindre;

$E_1$  est la source de tension;

$T_{n,f}$  sont les fonctions de transfert du couplage;

'n' indique l'extrémité proche et 'f' l'extrémité éloignée;

$U_{1n}$  est la tension à l'extrémité proche pour le circuit intérieur;

$U_{2n}$  est la tension à l'extrémité proche pour le circuit extérieur;

$U_{1f}$  est la tension à l'extrémité éloignée pour le circuit intérieur;

$U_{2f}$  est la tension à l'extrémité éloignée pour le circuit extérieur;

$Z_1$  est l'impédance caractéristique du câble;

$Z_2$  est l'impédance du circuit extérieur;

$\epsilon_{r1}$  est la permittivité diélectrique du câble;

$\epsilon_{r2}$  est la permittivité du circuit extérieur;

$c_0$  est la vitesse de la lumière dans le vide;

$\omega$  est la pulsation;

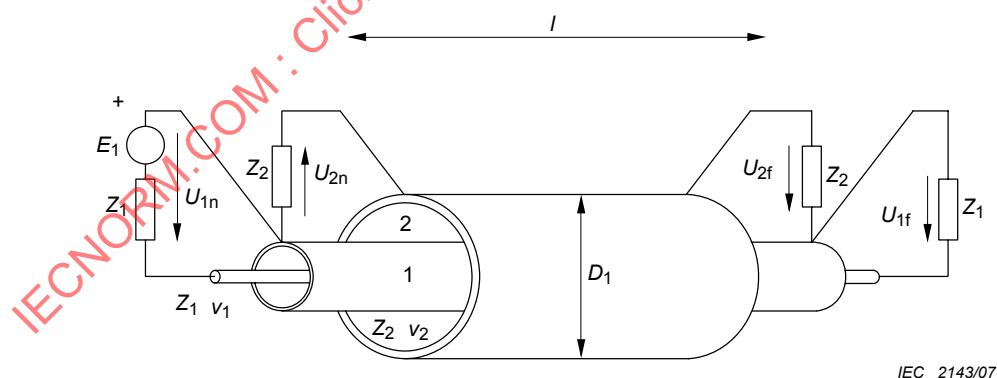
$v_1$  est la vitesse de propagation du circuit intérieur;

$v_2$  est la vitesse de propagation du circuit extérieur;

$Z_F$  est l'impédance de couplage capacitif;

$Z_T$  est l'impédance de transfert en surface;

$Z_{TE_{n,f}}$  est l'impédance de transfert efficace.



#### Légende

1 circuit intérieur, câble en essai

2 circuit extérieur, formé par la ligne ou le cylindre d'essai ou l'environnement extérieur comme dans la méthode par pince absorbante

**Figure 1 – Principe du montage relatif à la mesure de l'écran**

Lorsque l'impédance de couplage capacitif  $Z_F$  est présente (espaces dans le conducteur extérieur),  $Z_T$  doit être remplacé par  $Z_{TE}$ .

Le signe "+" correspond à l'extrémité proche et le signe "-" à l'extrémité éloignée.  $Z_1$  et  $Z_2$  sont les impédances des systèmes intérieur et extérieur et  $v_1$  et  $v_2$  les vitesses correspondantes.

L'affaiblissement d'écran  $a_s$  est une mesure fiable de l'efficacité d'écran lorsque la fréquence est constante. Cela est vrai lorsque  $Z_T$  ou  $Z_{TE}$  augmente de 6 dB/octave et que le critère suivant est rempli:

$$I_n \geq \frac{\lambda_0}{\pi \left| \sqrt{\epsilon_{r1}} \pm \sqrt{\epsilon_{r2}} \right|} \quad (4)$$

où  $\lambda_0$  est la longueur d'onde en espace libre.

A des fréquences plus faibles, lorsque  $I$  est inférieur au résultat de (4), l'affaiblissement de couplage est le suivant:

$$A_{s_n} = -20 \times \log_{10} \left| T_n \right| = -20 \times \log_{10} \left| \frac{(Z_F \pm Z_T) \times I}{2\sqrt{Z_1 Z_2}} \right| \quad (5)$$

Davantage d'informations détaillées sur les équations ci-dessus sont données dans la CEI/TR 61917.

#### 4 Corrélation entre l'affaiblissement d'écran mesuré $a_s$ et les impédances de transfert en surface à 30 MHz et 300 MHz

$Z_T$  et  $a_s$  ont été mesurés en utilisant la même construction de câble. Les Figures 2, 3 et 4 montrent la corrélation entre  $a_s$  (valeur moyenne entre 200 MHz et 500 MHz) et les valeurs  $Z_T$  respectivement à 30 MHz et 300 MHz.

Dans la Figure 5, des courbes typiques de  $Z_T$  sont représentées. Pour des conducteurs extérieurs à tressage simple et double, l'augmentation de 6 dB/octave est atteinte à 30 MHz, mais pour les constructions feuille-tresse à 30 MHz,  $Z_T$  peut encore être en diminution. On peut clairement voir l'effet de cet état de fait en comparant les résultats d'essai des Figures 2, 3 et 4 pour les câbles à feuille-tresse. La corrélation entre  $a_s$  et  $Z_T$  (30 MHz) est faible, mais bien meilleure entre  $a_s$  et  $Z_T$  (300 MHz). Pour des câbles à tressage simple et double, cette corrélation est aussi bonne à 30 MHz qu'à 300 MHz. L'augmentation des valeurs de  $Z_T$  qui aurait dû être de 10 fois (20 dB) est quelque peu plus faible. L'augmentation pleine de 6 dB/octave de  $Z_T$  entre 30 MHz et 300 MHz n'a pas été atteinte pour tous les câbles à tressage simple ou double.

La pente de la ligne de corrélation de  $Z_T(a_s)$  à partir des équations (1) et (2) est de -20 dB/décade.

L'une des raisons de l'étendue de la corrélation est l'effet prépondérant des différences de vitesse  $v_2 - v_1$  sur la valeur de  $a_s$ . Pour le démontrer, deux lignes sont représentées pour des différences de vitesse relative ( $|v_2 - v_1|/v_1$ ) de 40 % et de 10 %. De même, l'impédance du circuit extérieur a été modifiée pour passer de 300  $\Omega$  à 150  $\Omega$ .

Les autres raisons de l'extension des points de corrélation résident dans le fait que seule la construction du câble a été maintenue à l'identique, tandis que les échantillons essayés sont différents. Il est impossible d'utiliser les mêmes échantillons dans les mesures de  $Z_T$  et de  $a_s$  du fait de la différence de longueur du câble en essai (CUT: *cable under test*) exigée. Même si les échantillons avaient été les mêmes, une différence de  $\pm 6$  dB aurait existé une fois le CUT enlevé du dispositif d'essai et ensuite remonté.

Comme on le montre ci-dessus, l'affaiblissement d'écran  $a_s$  dépend de la vitesse de propagation du circuit extérieur et dans une moindre mesure de l'impédance, et diminue rapidement lorsque les vitesses  $v_2$  et  $v_1$  se rapprochent. Pour ces raisons, il a été recommandé que  $a_s$  soit également donné dans des conditions normalisées  $a_{sn}$ , là où la vitesse du circuit extérieur diffère de 10 % de la vitesse du circuit intérieur, avec une impédance du circuit extérieur de 150  $\Omega$ .

On peut voir à partir des Figures 2 et 3 que la différence est d'environ 10 dB. Une baisse de la différence de vitesse relative de 40 % à 10 % provoque une diminution de  $a_s$  de 12 dB. Une diminution de l'impédance de 50 % provoque une augmentation de  $a_s$  de 3 dB.

Les valeurs de la différence de vitesse relative de 10 % en condition normalisée / 150  $\Omega$  se sont avérées être celles d'un environnement typique de chemins de câbles. Normalement, les conditions de mesure du montage par pince absorbante donnent approximativement une amélioration de la valeur de  $a_s$  de 10 dB.

Les Figures 5, 6 et 7 présentent des résultats d'essai typiques pour des constructions de conducteurs extérieurs à tressage simple, à tressage double ou à feuille-tresse.

## **5 Limites recommandées pour l'impédance de transfert en surface et l'affaiblissement d'écran**

A l'Article 14 de la CEI 61196-1:1995, le Tableau 5 fournit les limites recommandées. Pour atteindre la limite de 100 m $\Omega$ /m à 30 MHz pour les câbles à tressage simple, une certaine optimisation est nécessaire, mais même des valeurs inférieures à 50 m $\Omega$ /m ne sont pas difficiles à obtenir. Un guide pour l'optimisation des conducteurs extérieurs à tressage simple est en préparation à la CEI. Certaines normes de conception de câble plus anciennes contiennent des exigences de recouvrement d'écran trop grandes, par exemple, une quantité trop grande de cuivre dans la tresse. Ils sont tressés de façon si dense qu'un  $Z_T$  de 300 m $\Omega$ /m à 30 MHz est commun.

Pour atteindre un affaiblissement d'écran  $a_s$  de 90 dB pour des câbles à tresse double mesuré par pince absorbante, une certaine optimisation est nécessaire. Pour des réseaux pour antennes communautaires, un  $a_s$  supérieur à 85 dB est en cours de discussion, et une construction optimisée à tresse double peut satisfaire à cette exigence.

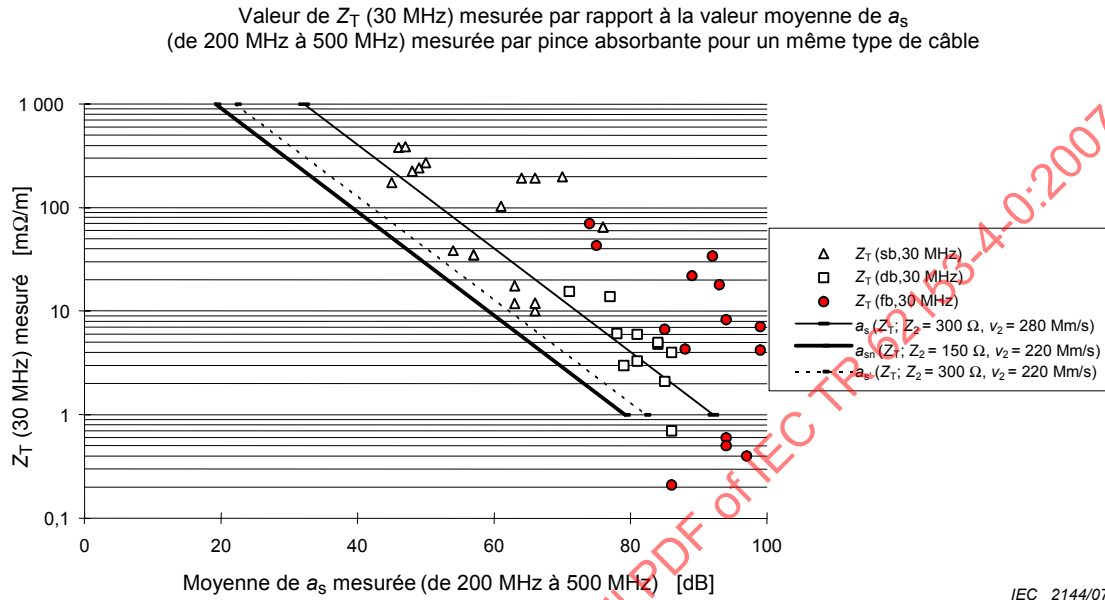
Lorsqu'un bon écran est nécessaire en dessous de 30 MHz, la construction dite super-écrantée, c'est-à-dire en intercalant un ruban en  $\mu$ -métal entre deux tresses, est possible.

La construction de câble la plus communément utilisée, lorsqu'un bon écrantage à fréquences relativement élevées est nécessaire, est le type feuille-tresse. Une feuille en cuivre ou aluminium, avec recouvrement et épaisseur nécessaire vis à vis l'affaiblissement d'écran exigé, est recommandée.

A des fréquences inférieures à 30 MHz, il convient de définir les propriétés d'écran à la limite supérieure de l'impédance de transfert.

Pour les constructions feuille-tresse, un  $Z_T \leq 5$  m $\Omega$ /m à 5 MHz et  $\leq 50$  m $\Omega$ /m en courant continu est recommandé.

Comme il est de plus en plus courant d'utiliser un chemin de retour des systèmes CATV de 5 MHz à 30 MHz, il est important de spécifier les propriétés d'écran en dessous de 30 MHz. Il convient de calculer les valeurs correspondantes par coopération entre le TC 46 et le TC 100/TA 5 de la CEI.



**Figure 2 – Valeurs d'impédance de transfert en surface mesurée par rapport aux valeurs d'affaiblissement d'écran moyennes et relation calculée entre  $Z_T$  et  $a_s$  lorsque  $Z_T$  est directement proportionnelle à la fréquence, aux hautes fréquences**

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_T c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (6)$$

où

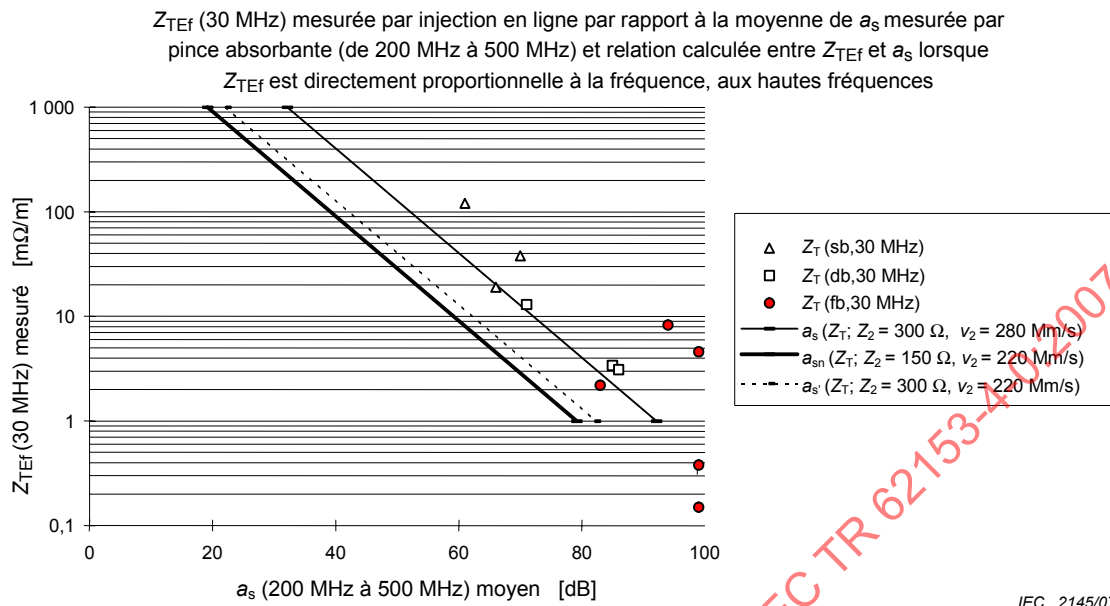
$Z_1 = 75 \Omega$ ;

$v_1 = 200 \text{ Mm/s}$ , supposés pour le câble en essai;

$Z_2 = 300 \Omega$  ou  $150 \Omega$ ;

$v_2 = 220 \text{ Mm/s}$  ( $\Delta v/v_1 = 10 \%$ ) ou  $280 \text{ Mm/s}$  ( $\epsilon_{r2} = 1,15$ ;  $\Delta v/v_1 = 40 \%$ );

$c_0 = 300 \text{ Mm/s}$ .



**Figure 3 – Injection en ligne par rapport aux résultats par pince absorbante à 30 MHz, et relation calculée entre  $Z_{TEf}$  et  $a_s$  lorsque  $Z_{TEf}$  est directement proportionnelle à la fréquence**

$$a_s = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf}}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right|} = -20 \times \log_{10} \frac{Z_{TEf} c_0}{\sqrt{Z_1 Z_2} \omega \left| \sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}} \right|} \quad (7)$$

où

$Z_1 = 75 \Omega$ ;

$v_1 = 200$  Mm/s, supposés pour le câble en essai;

$Z_2 = 300 \Omega$  ou  $150 \Omega$ ;

$v_2 = 220$  Mm/s ( $\Delta v/v_1 = 10 \%$ ) ou  $280$  Mm/s ( $\epsilon_{r2} = 1,15$ ;  $\Delta v/v_1 = 40 \%$ );

$c_0 = 300$  Mm/s.