

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61663-2

Première édition
First edition
2001-03

**Protection contre la foudre –
Lignes de télécommunication –**

**Partie 2:
Lignes utilisant des conducteurs métalliques**

**Lightning protection –
Telecommunication lines –**

**Part 2:
Lines using metallic conductors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61663-2:2001

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)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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
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)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61663-2

Première édition
First edition
2001-03

**Protection contre la foudre –
Lignes de télécommunication –**

**Partie 2:
Lignes utilisant des conducteurs métalliques**

**Lightning protection –
Telecommunication lines –**

**Part 2:
Lines using metallic conductors**

© IEC 2001 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Configuration de référence	24
5 Facteur d'environnement K_e , facteur d'installation K_i , facteur d'écran K_s et longueur conventionnelle de points de transition L_{CT}	26
5.1 Facteur d'environnement K_e	26
5.2 Facteur d'installation K_i	28
5.3 Facteur d'écran K_s	28
5.4 Longueur conventionnelle de points de transition L_{CT}	30
6 Nécessité d'une protection	32
6.1 Généralités	32
6.2 Nécessité d'une protection contre la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication	36
6.3 Nécessité d'une protection contre la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication	40
6.4 Nécessité d'une protection contre la foudre directe sur la ligne de télécommunications	44
7 Mesures de protection	46
7.1 Généralités	46
7.2 Mesures de protection contre la foudre indirecte sur les lignes de télécommunication	46
7.3 Mesures de protection contre la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication	52
7.4 Mesures de protection contre la foudre directe sur les lignes de télécommunication	56
Annexe A (normative) Procédure d'évaluation de la nécessité de protection contre la foudre des lignes de télécommunication et de signaux utilisant des conducteurs métalliques	60
Annexe B (normative) Valeur de la résistance d'écran relié à la terre sur le parcours de la ligne de télécommunications	66
Annexe C (normative) Evaluation du courant de foudre / frappant la structure et entraînant des dommages à la ligne de télécommunications pénétrant dans cette structure .	70
Annexe D (informative) Surtensions, surintensités et fréquence des dommages F_p , sur une ligne de télécommunication.....	74
Annexe E (informative) Quantité relative de pertes présumées par dommage δ	78
Annexe F (informative) Application des prescriptions de protection: exemples	80
Annexe G (informative) Facteur d'environnement K_e	98
Annexe H (informative) Risque de dommages R_p	100

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Reference configuration	25
5 Environmental factor K_e , installation factor K_i , shielding factor K_s and conventional transition point length L_{CT}	27
5.1 Environmental factor K_e	27
5.2 Installation factor K_i	29
5.3 Shielding factor K_s	29
5.4 Conventional transition point length L_{CT}	31
6 Protection need	33
6.1 General	33
6.2 Protection need against indirect lightning to the telecommunication line	37
6.3 Protection need against direct lightning to the structure that the telecommunication line enters	41
6.4 Protection need against direct lightning to the telecommunication line	45
7 Protection measures	47
7.1 General	47
7.2 Protective measures against indirect lightning to the telecommunication line	47
7.3 Protective measures against direct lightning to the structure that the telecommunication line enters	53
7.4 Protective measures against direct lightning to the telecommunication lines	57
Annex A (normative) Procedure for evaluating the protection needs against lightning of telecommunication or signal lines using metallic conductors	61
Annex B (normative) Resistance value of the cable shield connection to earth along the telecommunication line	67
Annex C (normative) Evaluation of the lightning current I striking the structure which causes damage to the telecommunication line entering the structure	71
Annex D (informative) Overvoltages, overcurrents and frequency of damage F_p on a telecommunication line	75
Annex E (informative) Relative amount of expected losses per damage δ	79
Annex F (informative) Application of protection need requirements: examples	81
Annex G (informative) Environmental factor K_e	99
Annex H (informative) Risk of damage R_p	101

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE – LIGNES DE TÉLÉCOMMUNICATION –

Partie 2: Lignes utilisant des conducteurs métalliques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61663-2 a été établie par le comité d'études 81 de la CEI: Protection contre la foudre.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
81/164/FDIS	81/169/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de la présente norme.

Les annexes D, E, F, G et H sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LIGHTNING PROTECTION –
TELECOMMUNICATION LINES –****Part 2: Lines using metallic conductors****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61663-2 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

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

FDIS	Report on voting
81/164/FDIS	81/169/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annexes D, E, F, G and H are for information only.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2005.
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 61663-2:2001

Withdrawn

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61663-2:2001

INTRODUCTION

La protection contre la foudre de lignes de télécommunication utilisant des conducteurs métalliques comprend la protection de ces lignes contre les surtensions et les surintensités dues à la foudre. Les surtensions et les surintensités sont caractérisées par des paramètres tels que la valeur crête, le temps de montée, le temps jusqu'à mi-valeur et l'énergie spécifique. Les paramètres des surtensions et des surintensités prévues comprennent des valeurs très variables, distribuées statistiquement, qui dépendent de plusieurs facteurs, par exemple, de l'emplacement et des caractéristiques des lignes.

C'est pourquoi une méthode de protection contre la foudre des lignes de télécommunication, conformément à la présente norme, ne peut garantir une protection absolue de la ligne et des équipements connectés; toutefois, l'application de cette norme réduira de manière significative les risques de dommages causés par la foudre aux lignes et équipements connectés.

La procédure d'application de cette norme est indiquée à l'annexe A.

INTRODUCTION

Lightning protection of telecommunication lines using metallic conductors concerns protection against overvoltages and overcurrents on such lines due to lightning. Overvoltages and overcurrents are characterized by parameters such as peak value, front time, time to half-value and specific energy. Parameters of expected overvoltages and overcurrents consist of highly varying values, statistically distributed, which also depend on several factors, for example, location and line characteristics.

Therefore a lightning protection method for telecommunication lines, in accordance with this standard, cannot guarantee absolute protection to the line and connected equipment; however, application of this standard will significantly reduce the risk of damage caused by lightning to the line and connected equipment.

The procedure for the application of this standard is given in annex A.

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61663-2:2001

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE – LIGNES DE TÉLÉCOMMUNICATION –

Partie 2: Lignes utilisant des conducteurs métalliques

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61663 traite de la protection contre la foudre des lignes de télécommunication extérieures utilisant des conducteurs métalliques (par exemple, réseau d'accès, lignes entre bâtiments).

Ces lignes sont:

- les lignes de télécommunication connectant un commutateur avec le réseau terminal (NT1);
- les lignes de télécommunication ou de signaux connectant divers bâtiments, par exemple des lignes ISDN ou des lignes de signaux entre ordinateurs.

NOTE Dans la présente norme, ces lignes sont appelées «lignes de télécommunication».

L'objet de la présente norme est de protéger les lignes de télécommunication et les équipements qui leur sont connectés contre les effets directs et indirects de la foudre en limitant le risque de dommages dus aux surtensions et aux surintensités, susceptibles d'apparaître sur ces lignes, à des valeurs inférieures ou égales au risque tolérable de dommages. Pour plus de détails voir l'annexe A.

Le type de bâtiment peut aussi avoir un effet sur l'estimation du risque de dommages dus à la foudre sur les lignes de télécommunication, ainsi que la disposition physique des équipements. Toutefois, ces aspects, ainsi que d'autres aspects analogues, sont traités dans des normes spécifiques appropriées et sont en dehors du domaine d'application de la présente norme.

Les prescriptions de la présente norme sont également applicables, en plus de celles de la CEI 61663-1, à la protection des câbles à fibres optiques contenant des paires métalliques.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61663. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61663 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60364-4-443:1995, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 44: Protection contre les surtensions – Section 443: Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres*

LIGHTNING PROTECTION – TELECOMMUNICATION LINES –

Part 2: Lines using metallic conductors

1 Scope and object

This part of IEC 61663 deals with protection against lightning of outdoor telecommunication lines using metallic conductors (for example, access networks, lines between buildings).

These lines concern:

- telecommunication lines connecting a switch with a network termination (NT1);
- telecommunication or signal lines connecting equipment located in different buildings, e.g. ISDN lines or signal lines between computers.

NOTE In this standard, such lines are called "telecommunication lines".

The object of this standard is to protect telecommunication lines and connected equipment against the direct and indirect influence of lightning by limiting the risk of damage due to overvoltages and overcurrents, liable to occur in these lines, to values which are lower than or equal to the tolerable risk of damage. For more details, see annex A.

The type of building can also have an effect on the risk assessment of lightning damage to telecommunication lines, as well as the physical layout of the equipment installation. However, these and other similar aspects are covered by appropriate specific standards and are beyond the scope of this standard.

Fibre optical cable with metallic pairs in the cable core must be protected, following the requirements of this standard, together with those requirements defined in IEC 61663-1.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61663. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61663 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60364-4-443:1995, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 44: Protection against overvoltages – Section 443: Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching*

CEI 61024-1-1:1993, *Protection des structures contre la foudre – Partie 1: Principes généraux – Section 1: Guide A: Choix des niveaux de protection pour les installations de protection contre la foudre*

CEI 61312-1:1995, *Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 1: Principes généraux*

CEI 61662/TR:1995, *Evaluation des risques de dommages liés à la foudre*

CEI 61663-1:1999, *Protection contre la foudre – Lignes de télécommunication – Partie 1: Installations à fibres optiques*

IUT-T, Recommandation K.12:1995, *Caractéristiques des tubes à décharge de gaz pour la protection des lignes de télécommunication*

IUT-T, Recommandation K.20:1996, *Immunité des équipements de commutation des télécommunications aux surtensions et aux surintensités*

IUT-T, Recommandation K.21:1996, *Immunité des terminaux d'abonnés aux surtensions et aux surintensités*

IUT-T, Recommandation K.22:1995, *Immunité aux surtensions des équipements connectés à un bus T/S de RNIS*

IUT-T, Recommandation K.27:1996, *Configurations équipotentielles et mise à la terre dans les bâtiments de télécommunication*

IUT-T, Recommandation K.28:1993, *Caractéristiques des modules de parasurtension à semi-conducteurs destinés à assurer la protection des installations de télécommunication*

IUT-T, Recommandation K.31:1993, *Configurations équipotentielles des installations de télécommunication à l'intérieur d'un bâtiment d'abonné*

EN 50310:1998, *Application de mise à la terre et de liaison équipotentielle dans les locaux contenant des équipements de technologie de l'information*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61663, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

perte supposée par dommage δ

quantité relative de perte de service supposée par dommage δ à la ligne de télécommunication dû à la foudre

3.2

perte supposée par dommage dû à la foudre directe sur la ligne aérienne δ_a

quantité relative de perte de service supposée par dommage δ_a à la ligne de télécommunication aérienne dû à la foudre directe

IEC 61024-1-1:1993, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles – Section 1: Guide A: Selection of protection levels for lightning protection systems*

IEC 61312-1:1995, *Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principles*

IEC 61662/TR:1995, *Assessment of the risk of damage due to lightning*

IEC 61663-1:1999, *Lightning protection – Telecommunication lines – Part 1: Fibre optics installations*

ITU-T Recommendation K.12:1995, *Characteristics of gas discharge tubes for the protection of telecommunications installations*

ITU-T Recommendation K.20:1996, *Resistibility of telecommunication switching equipment to overvoltages and overcurrents*

ITU-T Recommendation K.21:1996, *Resistibility of subscriber's terminal to overvoltages and overcurrents*

ITU-T Recommendation K.22:1995, *Overvoltage resistibility of equipment connected to an ISDN T/S bus*

ITU-T Recommendation K.27:1996, *Bonding configurations and earthing inside a telecommunication building*

ITU-T Recommendation K.28:1993, *Characteristics of semiconductor arrester assemblies for the protection of telecommunications installations*

ITU-T Recommendation K.31:1993, *Bonding configurations and earthing of telecommunication installations inside a subscriber's building*

EN 50310:1998, *Application of equipotential bonding and earthing at premises with information technology equipment*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61663, the following definitions apply.

3.1

expected loss per damage δ

relative amount of expected service loss per damage δ caused by lightning to telecommunication line

3.2

expected loss per damage caused by direct lightning to aerial line δ_a

relative amount of expected service loss per damage δ_a caused by direct lightning to aerial telecommunication line

3.3

perte supposée par dommage dû à la foudre directe sur la ligne enterrée δ_b

quantité relative de perte de service supposée par dommage δ_b à la ligne de télécommunication enterrée dû à la foudre directe

3.4

perte supposée par dommage dû à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication δ_{pi}

quantité relative de perte de service supposée par dommage δ_{pi} à la ligne de télécommunication dû à la foudre indirecte

3.5

perte supposée par dommage dû à la foudre directe sur la structure exposée δ_{ps}

quantité relative de perte de service supposée par dommage δ_{ps} dû à la foudre directe à la structure exposée dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication

3.6

barre d'équipotentialité BE

barre conductrice dont le potentiel électrique est pris comme référence et à laquelle les équipements métalliques, les masses, les lignes électriques et de télécommunication et d'autres câbles peuvent être connectés (voir 3.19 de la CEI 61663-1)

3.7

fréquence tolérable de dommage F_a

valeur maximale de la fréquence moyenne annuelle présumée des dommages affectant une ligne de télécommunication ne nécessitant pas de dispositifs de protection complémentaires contre les coups de foudre directs et indirects

3.8

fréquence de dommages F_p

nombre annuel moyen de dommages présumés de la ligne de télécommunication dus à la foudre

NOTE L'inverse de F_p donne le temps moyen entre dommages en années.

3.9

fréquence de dommages dus à la foudre directe sur la ligne aérienne F_{pa}

nombre annuel moyen de dommages présumés de la ligne de télécommunication aérienne dus à la foudre directe

3.10

fréquence de dommages dus à la foudre directe sur la ligne enterrée F_{pb}

nombre annuel moyen de dommages présumés de la ligne de télécommunication enterrée dus à la foudre directe

3.11

fréquence de dommages dus à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication F_{pi}

nombre annuel moyen de dommages présumés de la ligne de télécommunication dus à la foudre indirecte

3.12

fréquence de dommages dus à la foudre directe sur la structure exposée F_{ps}

nombre annuel moyen de dommages présumés dus à la foudre directe sur la structure exposée dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication

3.3**expected loss per damage caused by direct lightning to buried line δ_b**

relative amount of expected service loss per damage δ_b caused by direct lightning to buried telecommunication line

3.4**expected loss per damage caused by indirect lightning to telecommunication line δ_{pi}**

relative amount of expected service loss per damage δ_{pi} caused by indirect lightning to telecommunication line

3.5**expected loss per damage caused by direct lightning to exposed structure δ_{ps}**

relative amount of expected service loss per damage δ_{ps} caused by direct lightning to exposed structure where telecommunication line enters

3.6**equipotential bonding bar EBB**

electrically conductive bar whose electric potential is used as common reference, and to which metal installation, extraneous conductive parts, electrical power and telecommunication lines and other cables can be bonded (see 3.19 of IEC 61663-1)

3.7**tolerable frequency of damage F_a**

maximum value of expected average annual frequency of damage to a telecommunication line due to direct and indirect lightning flashes not requiring additional protective means

3.8**frequency of damage F_p**

average annual occurrences of expected damage to the telecommunication line due to lightning

NOTE The inverse of F_p yields the mean time between occurrences of damage in years.

3.9**frequency of damage caused by direct lightning to aerial line F_{pa}**

average annual occurrences of expected damage to aerial telecommunication line caused by direct lightning

3.10**frequency of damage caused by direct lightning to buried line F_{pb}**

average annual occurrences of expected damage to buried telecommunication line caused by direct lightning

3.11**frequency of damage caused by indirect lightning to telecommunication line F_{pi}**

average annual occurrences of expected damage to telecommunication line caused by indirect lightning

3.12**frequency of damage caused by direct lightning to exposed structure F_{ps}**

average annual occurrences of expected damage caused by direct lightning to exposed structure where telecommunication line enters

3.13

courant de foudre direct I

valeur crête du courant de foudre frappant la structure et entraînant un courant de claquage de l'enveloppe I_s ou un courant de défaut du conducteur I_c respectivement dans un câble écranté ou non

3.14

courant de défaut I_a

valeur crête minimale du courant de foudre donnant naissance à un arc direct en direction ou à partir du câble et entraînant des dommages

3.15

courant de défaut du conducteur I_c

courant s'écoulant dans le conducteur métallique du câble de télécommunication entraînant des dommages pour le câble

3.16

courant de claquage de l'enveloppe I_s

courant s'écoulant dans l'enveloppe métallique du câble de télécommunication pouvant entraîner une tension de claquage entre les conducteurs métalliques internes du câble et l'enveloppe métallique

3.17

facteur de correction de dommages K_d

facteur permettant une évaluation sûre de la fréquence des dommages

NOTE Les variations du facteur K_d sont expliquées dans l'annexe E de la CEI 61663-1.

3.18

facteur d'environnement K_e

facteur prenant en compte les propriétés de protection et d'écran de la zone où la section de ligne est installée vis-à-vis des effets directs et indirects de la foudre sur la ligne elle-même

3.19

facteur d'installation K_i

facteur prenant en compte les conditions d'installation, par exemple installation aérienne ou enterrée de section de ligne

3.20

facteur de protection K_p

facteur prenant en compte l'effet des dispositions de protection

3.21

facteur d'écran de section de ligne K_{si}

facteur caractérisant les caractéristiques du câble écranté pour chaque section de ligne

3.22

longueur conventionnelle de section de ligne L_{ci}

produit du facteur d'environnement K_{ei} de la section où la $i^{\text{ème}}$ ligne est installée, par le facteur d'écran K_{si} , par le facteur d'installation K_{ii} et par la longueur de la $i^{\text{ème}}$ section de ligne L_i

$$L_{ci} = K_{ei} \times K_{si} \times K_{ii} \times L_i$$

3.13**direct lightning current I**

peak value of the lightning current striking the structure, which causes a sheath breakdown, current I_s or a failure wire current I_c in shielded or unshielded cable, respectively

3.14**failure current I_a**

minimum peak value of the lightning current giving rise to a direct arc to or from the cable and causing damage

3.15**failure wire current I_c**

current flowing in the metallic wire of the telecommunication cable which causes damage to the cable

3.16**sheath breakdown current I_s**

current flowing in the metallic sheath of the telecommunication cable which causes breakdown voltage between metallic conductors inside the cable core and the metallic sheath

3.17**damage correction factor K_d**

factor which allows a conservative evaluation of the frequency of damage

NOTE The derivation of factor K_d is explained in annex E of IEC 61663-1.

3.18**environmental factor K_e**

factor which takes into account protective and shielding properties of the area where the line section is installed to the direct and indirect lightning effects on the line section itself

3.19**installation factor K_i**

factor which takes into account the installation conditions, i.e. above (aerial) or below (buried) ground, of line section

3.20**protection factor K_p**

factor taking into account the effect of protection means

3.21**shielding factor K_{si}**

factor which characterizes the cable-shielding characteristics of each line section

3.22**conventional line-section length L_{ci}**

product between the environmental factor K_{ei} of the area where the i^{th} line section is installed, the shielding factor K_{si} , the installation factor K_{ii} and the length L_i of the i^{th} line section

$$L_{ci} = K_{ei} \times K_{si} \times K_{ii} \times L_i$$

3.23

longueur conventionnelle de points de transition L_{CT}

somme de plusieurs longueurs de sections de ligne constituant la ligne de télécommunication ou les deux parties de la ligne de télécommunication associées au point de transition considéré

3.24

extrémité de ligne LT

interface physique utilisé à l'extrémité de lignes de télécommunication extérieures

3.25

fréquence des coups de foudre directs N_d

nombre annuel moyen présumé de coups de foudre directs sur la ligne de télécommunication ou sur la structure à laquelle la ligne aboutit

3.26

densité de foudroiement N_g

densité moyenne des impacts au sol exprimée en nombre des coups de foudre au sol par kilomètre carré et par an, se référant à la région où la structure ou la ligne de télécommunication est située (CEI 61024-1-1)

3.27

risque tolérable de dommage R_a

niveau maximal du risque de dommages (voir 3.28) dus à la foudre directe et indirecte ne nécessitant pas de dispositifs de protection complémentaires

3.28

risque de dommage R_p

valeur annuelle attendue de perte de service de la ligne de télécommunication due à la foudre directe et indirecte

3.29

risque de dommage dû à la foudre directe sur la ligne aérienne R_{pa}

moyenne annuelle probable de perte de service due à la foudre directe sur la ligne de télécommunication aérienne

3.30

risque de dommage dû à la foudre directe sur la ligne enterrée R_{pb}

moyenne annuelle probable de perte de service due à la foudre directe sur la ligne de télécommunication enterrée

3.31

risque de dommage dû à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication R_{pi}

moyenne annuelle probable de perte de service due à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication

3.32

risque de dommage dû à la foudre directe sur la structure exposée R_{ps}

moyenne annuelle probable de perte de service due à la foudre directe sur la structure exposée dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication

3.33

parafoudre SPD

dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de foudre. Il inclut au moins un composant non linéaire

3.23**conventional transition point length L_{CT}**

sum of several conventional line-section lengths constituting the telecommunication line or the two parts of the telecommunication line related to the considered transition point

3.24**line termination LT**

physical interface used to terminate outdoor telecommunication lines

3.25**direct lightning flash frequency N_d**

expected average annual number of direct lightning flashes to the telecommunication line or to the structure in which the telecommunication line ends

3.26**ground flash density N_g**

average ground lightning density expressed in flashes per square kilometre per year, concerning the region where the structure or the telecommunication line is located (IEC 61024-1-1)

3.27**tolerable risk of damage R_a**

maximum level of risk of damage (see 3.28) due to direct and indirect lightning not requiring additional protective means

3.28**risk of damage R_p**

expected annual loss of service to the telecommunication line due to direct and indirect lightning

3.29**risk of damage caused by direct lightning to aerial line R_{pa}**

probable average annual loss of service caused by direct lightning to aerial telecommunication line

3.30**risk of damage caused by direct lightning to buried line R_{pb}**

probable average annual loss of service caused by direct lightning to buried telecommunication line

3.31**risk of damage caused by indirect lightning to telecommunication line R_{pi}**

probable average annual loss of service caused by indirect lightning to telecommunication line

3.32**risk of damage caused by direct lightning to exposed structure R_{ps}**

probable average annual loss of service caused by direct lightning to exposed structure where the telecommunication line enters

3.33**surge protective device SPD**

device that is intended to limit transient overvoltages and divert surge currents. It contains at least one non-linear component

3.34

points de transition T

points situés aux interfaces entre

a) la ligne extérieure et le bâtiment ou le volume

T_E : point de transition entre le bâtiment du commutateur et la ligne de télécommunication;

T_S : point de transition entre le bâtiment de l'abonné et la ligne de télécommunication;

b) les câbles de différentes tenues aux chocs et/ou les câbles enterrés et aériens

T_1 : point de transition entre le câble enterré avec des conducteurs isolés au papier et le câble enterré avec des conducteurs isolés au plastique;

T_{2a} : point de transition entre le câble enterré avec des conducteurs isolés au papier et le câble aérien avec des conducteurs isolés au plastique;

T_{2p} : point de transition entre le câble enterré et le câble aérien, tous deux avec des conducteurs isolés au plastique;

c) les câbles écrantés ou non

T_3 : point de transition entre le câble écranté (enterré ou aérien) et le câble non écranté (enterré ou aérien);

d) la ligne et l'équipement du réseau

T_M : point de transition entre la ligne de télécommunication et l'équipement du réseau;

e) environnements différents

T_0 : point de transition entre deux sections adjacentes ayant le même écran et le même facteur d'installation, mais présentant des facteurs d'environnement différents.

3.35

jours orageux T_d

nombre de jours par an où l'on entend le tonnerre, obtenu par des cartes isokérauniques (CEI 61024-1-1)

3.36

tension de claquage U_b

tension de choc de claquage entre les conducteurs métalliques internes du câble et l'enveloppe métallique du câble de télécommunication

3.37

dommages

les dommages à la ligne de télécommunication sont ceux qui affectent le câble, tels que la perforation de l'isolation ou la fusion des conducteurs, et/ou ceux qui affectent les équipements connectés à la ligne, et peuvent interrompre ou dégrader le fonctionnement au-delà des limites acceptables

3.38

environnement

zone urbaine ou rurale où la ligne de télécommunication est installée

3.39

structure exposée

structure, par exemple tour de télécommunication ou bâtiment élevé, qui nécessite une protection contre la foudre directe, conformément à la CEI 61024-1-1

3.40

influences indirectes

surtensions et surintensités dans la ligne de télécommunication dues à la foudre indirecte

3.34**transition points T**

points at the interface between

a) external line and building or volume

T_E : transition point between switch building and telecommunication line;

T_S : transition point between customer's building and telecommunication line;

b) cables with different resistibility and/or buried and aerial cables

T_1 : transition point between buried cable with paper-insulated conductors and buried cable with plastic-insulated conductors;

T_{2a} : transition point between buried cable with paper-insulated conductors and aerial cable with plastic-insulated conductors;

T_{2p} : transition point between buried cable and aerial cable both with plastic-insulated conductors;

c) shielded and unshielded cables

T_3 : transition point between shielded (buried or aerial) and unshielded (buried or aerial) cable;

d) line and equipment in the network

T_M : transition point between the telecommunication line and the equipment in the network;

e) different environments

T_0 : transition point between two adjacent sections with the same shielding and installation factors but different environment factors.

3.35**thunderstorm days T_0**

number of thunderstorm days per year obtained from isokeraunic maps (see IEC 61024-1-1)

3.36**breakdown voltage U_b**

impulse breakdown voltage between metallic conductors inside the cable core and the metallic sheath of the telecommunication cable

3.37**damage**

damage on the telecommunication line to the cable, such as perforation of the insulation or melting of conductors, and/or damage to the equipment connected to the line which causes interruption or degradation of service below acceptable limits

3.38**environment**

urban or rural area where the telecommunication line is installed

3.39**exposed structure**

structure, for example, telecommunication tower or high building, which needs to be protected against direct lightning, as required by IEC 61024-1-1

3.40**indirect influences**

overvoltages and overcurrents in the telecommunication line resulting from indirect lightning

3.41

foudre indirecte

foudre ne frappant pas la ligne de télécommunication, mais qui peut influencer indirectement cette ligne par couplage électromagnétique et/ou résistif

3.42

section de ligne

partie de la ligne de télécommunication entre deux points de transition adjacents caractérisée par les mêmes facteurs d'écran K_{Si} , d'installation K_{ji} , d'environnement K_{ei} et la même tenue aux chocs du câble

3.43

câbles de protection contre la foudre

câble spécial avec des caractéristiques diélectriques renforcées et dont l'enveloppe métallique est en contact permanent avec le sol soit directement, soit par un revêtement en plastique conducteur

3.44

conduits de protection contre la foudre

conduit de faible résistivité en contact avec le sol (par exemple en béton armé ou conduit métallique)

3.45

tenue aux chocs

aptitude d'un équipement à résister à une surtension/surintensité sans dommages

NOTE L'équipement peut perdre une partie de ses fonctions lors de la surtension/surintensité, mais fonctionne correctement après cessation de ces phénomènes.

3.46

zone rurale

zone située en dehors des zones à forte densité de population

NOTE A l'opposé des zones à forte densité de population, où de nombreuses lignes et canalisations métalliques sont situées à proximité du réseau de télécommunication, une zone rurale est considérée comme un environnement exposé.

3.47

câble écrané

câble avec écran métallique continu relié aux connexions

3.48

ligne de télécommunication

moyen de transmission utilisé pour la communication entre des équipements qui peuvent être situés dans des bâtiments séparés

3.49

commutateur de télécommunication

système de commutation de services de télécommunication utilisant des composants électriques/électroniques

3.50

zone urbaine

zone à forte densité de population où de nombreuses lignes et canalisations métalliques sont situées à proximité du réseau de télécommunication

3.41**indirect lightning**

lightning which does not strike the telecommunication line but may cause an indirect influence to the telecommunication line by electromagnetic and/or resistive coupling

3.42**line section**

part of the telecommunication line between two adjacent transition points characterized by the same shielding factor K_{Si} , installation factor K_{ij} , environmental factor K_{ei} , and cable resistibility

3.43**lightning protective cables**

special cable with increased dielectric strength and whose metallic sheath is in continuous contact with the soil either directly or by the use of conducting plastic covering

3.44**lightning protective cable ducts**

cable duct of low resistivity in contact with the soil (for example, concrete with interconnected structural steel reinforcements or metallic duct)

3.45**resistibility**

ability of an equipment to withstand an overvoltage/overcurrent without damage

NOTE The equipment can lose some function during the overvoltage/overcurrent but works correctly after the application of the overvoltage/overcurrent.

3.46**rural area**

area located outside of densely populated communities

NOTE In densely populated communities, plenty of metallic lines and pipes are located in the neighbourhood of the telecommunication network. A rural area is considered as an exposed environment.

3.47**shielded cable**

cable with continuous metallic shield jointed across all splices

3.48**telecommunication line**

transmission medium intended for communication between equipment that may be located in separate buildings

3.49**telecommunication switch**

system for switching telecommunication services using electrical/electronic components

3.50**urban area**

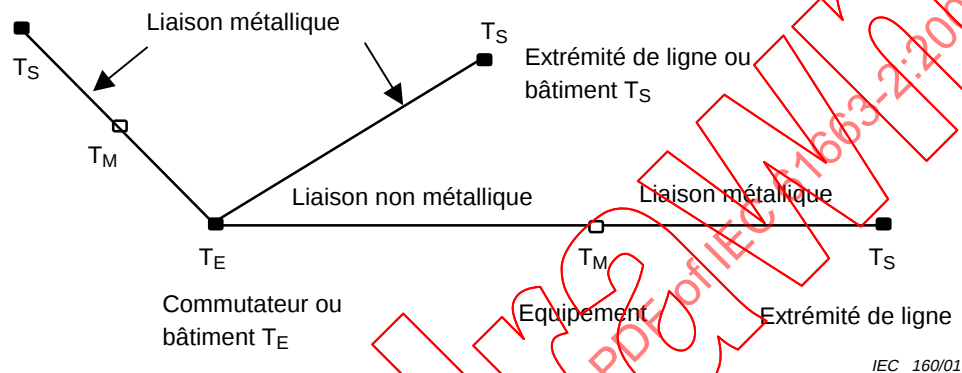
area of densely populated communities where plenty of metallic lines and pipes are located in the neighbourhood of the telecommunication network

4 Configuration de référence

La ligne de télécommunication peut être constituée de plusieurs différentes sections de ligne pouvant utiliser:

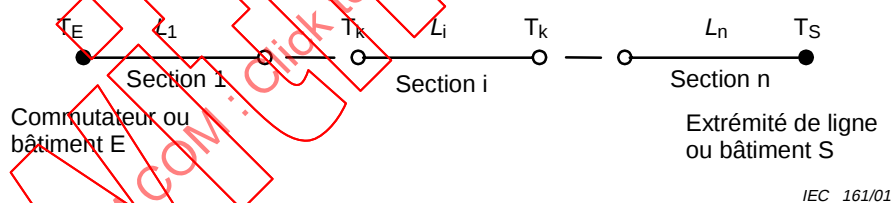
- des câbles enterrés ou aériens;
- des câbles écrantés ou non;
- des câbles avec des conducteurs isolés au papier ou au plastique.

La figure 1 montre les configurations de référence pour une ligne de télécommunication (voir aussi les figures 2 et 3).



Equipement: par exemple multiplexeur, réseau optique

Figure 1a – Connexions entre le commutateur de télécommunication et l'extrémité de ligne ou entre des matériels de bâtiments différents



NOTE 1 Les points T_E , T_k ($k = 1-4$), T_M et T_S sont les points de transition (voir 3.34).

NOTE 2 L_i est la longueur de la $i^{\text{ème}}$ section de ligne

Figure 1b – Sections de lignes

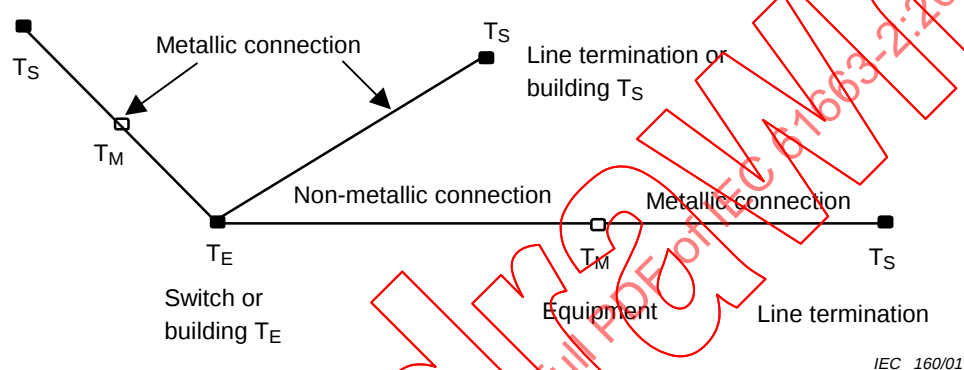
Figure 1 – Configurations de référence

4 Reference configuration

The telecommunication line can be constituted of several different line sections, which can make use of

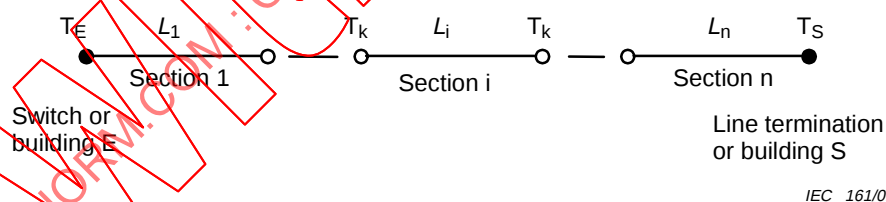
- buried or aerial cable;
- shielded or unshielded cable;
- cable with paper- or plastic-insulated conductors.

Figure 1 shows the reference configurations for the telecommunication line (see also figures 2 and 3).



Equipment: for example multiplexor, optical network unit ONU

Figure 1a – Connections between telecommunication switch and line termination or between equipment in different buildings



NOTE 1 Point T_E and points T_k ($k = 1-4$), T_M and T_S are the transition points (see 3.34).

NOTE 2 L_i is the length of the i^{th} line section.

Figure 1b – Line sections

Figure 1 – Reference configurations

Un exemple de configuration de référence est donné à la figure 2.

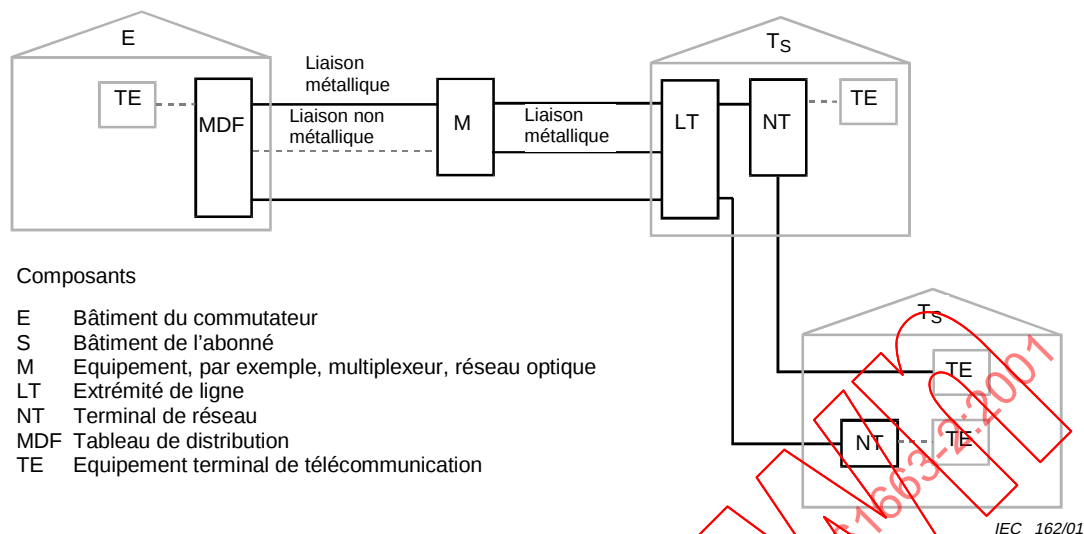


Figure 2 – Exemple de configuration de référence

5 Facteur d'environnement K_e , facteur d'installation K_i , facteur d'écran K_s et longueur conventionnelle de points de transition L_{CT}

5.1 Facteur d'environnement K_e

La présente norme prend pour hypothèse que la ligne de télécommunication comprend au moins une section de ligne (voir figure 3).

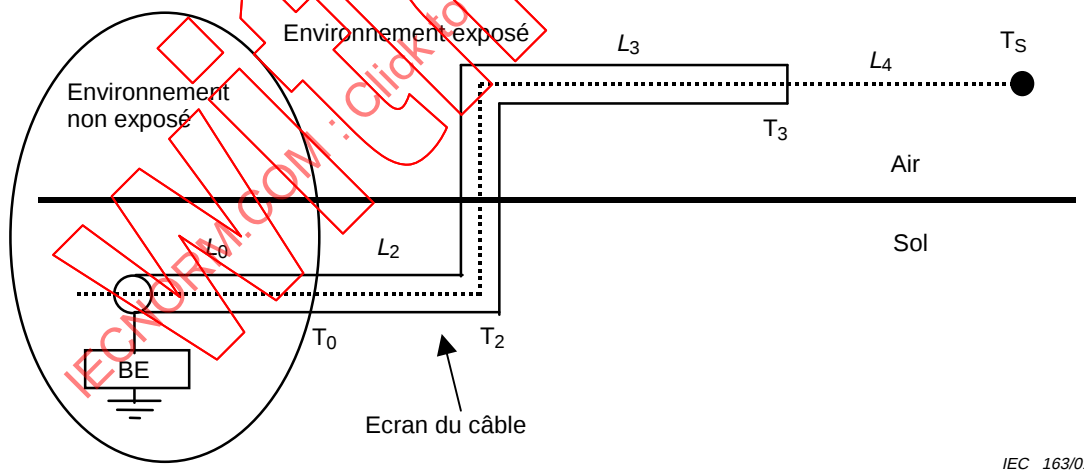


Figure 3 – Sections de ligne de télécommunication avec câble écranté enterré en environnement non exposé et exposé, et avec câble aérien écranté et non écranté en environnement exposé

NOTE Le point T_0 indiqué aux figures 3 et 4 est le point de transition entre deux sections adjacentes avec les mêmes facteurs d'écran et d'installation, mais avec des facteurs d'environnement différents. La présente norme n'évalue pas la nécessité de protection au point T_0 .

An example of a reference configuration is shown in figure 2.

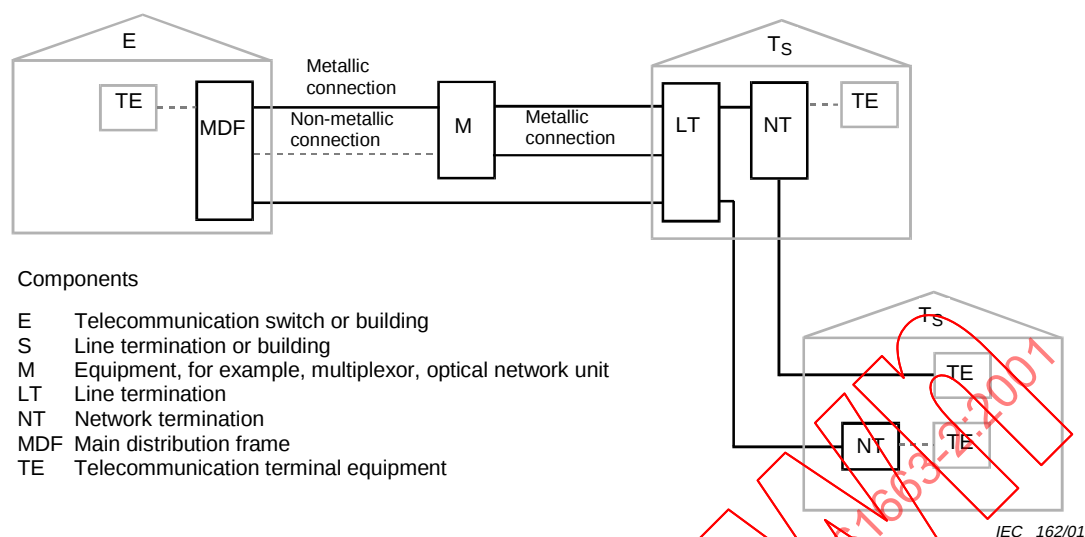


Figure 2 – Example of a reference configuration

5 Environmental factor K_e , installation factor K_i , shielding factor K_s and conventional transition point length L_{CT}

5.1 Environmental factor K_e

This standard assumes that the telecommunication line is composed of one or more line sections (see figure 3).

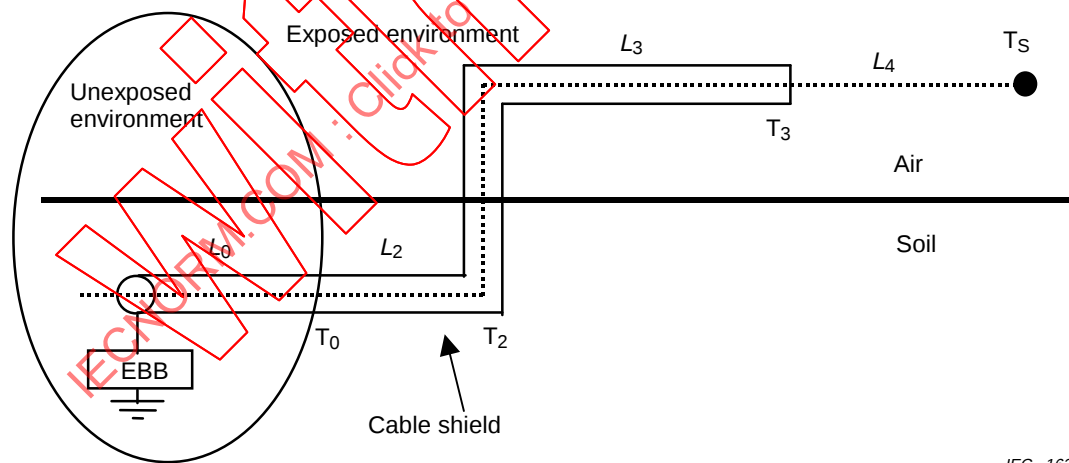


Figure 3 – Telecommunication line sections with buried shielded cable in an unexposed and exposed environment, aerial shielded and unshielded cable in an exposed environment

NOTE The point T_0 shown in figures 3 and 4, represents the transition point between two adjacent sections, with the same shielding and installation factors but with different environment factors. This standard does not require evaluation of the protection need of point T_0 .

Chaque section est installée dans une zone définie avec des conditions d'installation spécifiques. La zone où la section de ligne est installée est caractérisée par le facteur d'environnement K_e suivant:

- $K_e = 0$ pour une zone non exposée;
- $K_e = 1$ pour une zone exposée.

L'opérateur de réseau ou le propriétaire de l'installation doit évaluer si la ligne est installée dans une zone non exposée ou exposée. Si cette évaluation ne peut pas être faite, la présente norme suggère de considérer une zone urbaine comme un environnement non exposé, et une zone rurale comme un environnement exposé.

NOTE Une méthode expérimentale pour évaluer K_e est donnée dans l'annexe F.

5.2 Facteur d'installation K_i

La $i^{\text{ème}}$ section de ligne est caractérisée par un facteur d'installation K_{ji} pour une section aérienne ou enterrée, indépendamment des caractéristiques d'écran du câble.

Les valeurs du facteur d'installation sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1 – Facteur d'installation

Conditions d'installation	K_{ji}
Aériennes	1
Souterraines	0,5

5.3 Facteur d'écran K_s

L'utilisation de câbles écrantés en lieu et place de câbles non écrantés permet d'améliorer le facteur d'écran des diverses sections.

Les valeurs du facteur d'écran intrinsèque, en fonction de la résistance d'écran en courant continu par unité de longueur, peuvent être calculées à partir de l'équation suivante:

$$K_s = \frac{1}{\left(1 + \frac{46}{r}\right)} \quad (1)$$

où

r est la résistance d'écran en courant continu par unité de longueur.

Le tableau 2 donne les valeurs typiques mesurées de facteurs d'écran intrinsèques.

Tableau 2 – Valeurs typiques mesurées de facteurs d'écran intrinsèques de câbles écrantés

Caractéristiques du câble	K_{si}
Câbles écrantés de communications avec une résistance en courant continu de 20 Ω/km	0,3
Câbles écrantés de communications avec une résistance en courant continu de 5 Ω/km	0,1
Câbles écrantés de communications avec une résistance en courant continu de 1 Ω/km	0,02

Each section is installed in a defined area and has a specific installation condition. The area where the line section is installed is characterized by the following environmental factor K_e :

- $K_e = 0$ for an unexposed area;
- $K_e = 1$ for an exposed area.

The network operator or the owner of the installation shall evaluate if the line is installed in an unexposed or exposed area. If this evaluation cannot be carried out, this standard suggests that an urban area can be considered as unexposed environment and a rural area as exposed environment.

NOTE An experimental method to evaluate K_e is given in annex F.

5.2 Installation factor K_i

The i^{th} line section is characterized by the installation factor values K_{ij} for aerial or buried section, independently of the shielding characteristics of the cable.

The installation factor values are shown in table 1.

Table 1 – Installation factors

Installation condition	K_{ij}
Aerial	1
Buried	0,5

5.3 Shielding factor K_s

The use of shielded cables instead of unshielded cable is a means to improve the shielding factor of the different line sections.

The intrinsic shielding factor values, as a function of the d.c. shield resistance per unit length, can be calculated with the following equation:

$$K_s = \frac{1}{\left(1 + \frac{46}{r}\right)} \quad (1)$$

where

r is the d.c. shield resistance per unit length.

Table 2 shows typical measured values of intrinsic shielding factors.

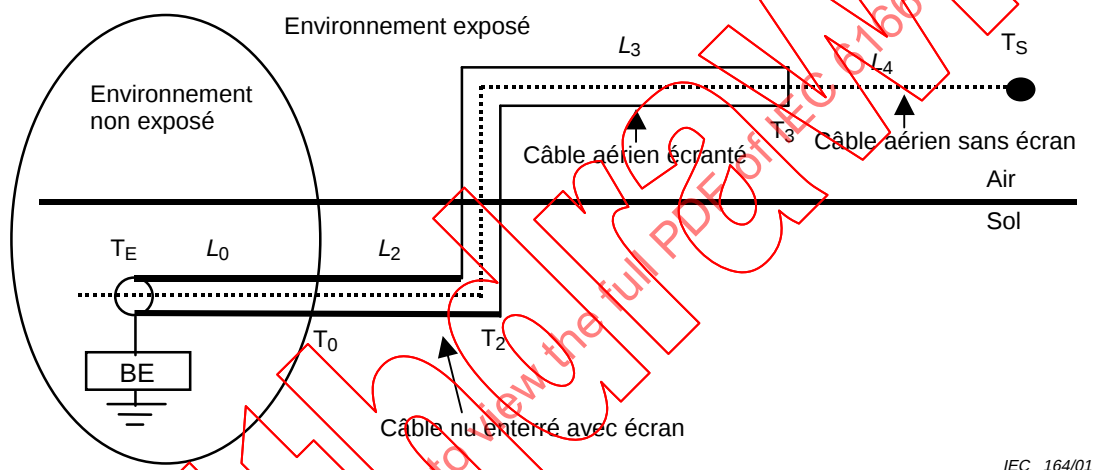
Table 2 – Typical measured values of intrinsic shielding factors of shielded cables

Cable characteristics	K_{si}
Shielded communication cables with d.c. resistance equal to 20 Ω/km	0,3
Shielded communication cables with d.c. resistance equal to 5 Ω/km	0,1
Shielded communication cables with d.c. resistance equal to 1 Ω/km	0,02

Ces valeurs représentent les facteurs d'écran intrinsèques et ne doivent être utilisées que dans les cas ci-dessous (voir figure 4):

- au point de la ligne de télécommunications où une protection est évaluée, la ligne étant écrantée;
- ou
- l'écran est en contact permanent avec le sol (par exemple câble nu enterré ou câble avec gaine plastique conductrice).

Dans les autres cas, les câbles doivent être toujours considérés comme étant sans écran ($K_{si} = 1$) si, au point où la nécessité de protection est considérée, la ligne de télécommunication est sans écran. Dans ce cas, le facteur d'écran des sections de ligne écrantées peut avoir une valeur inférieure à 1 si l'écran est relié à la terre au moins aux deux extrémités. Dans ce cas, le facteur d'écran est aussi fonction de la résistance de la liaison à la terre de l'écran. Une valeur approximative de K_{se} est de 0,5 lorsque la valeur de la résistance de mise à la terre de l'écran est de quelques dizaines d'ohms.



Point	Valeurs de K_{si}			
	Section 0 ^a	Section 2	Section 3	Section 4
r [Ω /km]	Pas concernée	1	5	–
T_E, T_2	Pas concernée	0,02	0,1	1
T_0	Pas concernée	0,02	0,1	1
T_S	Pas concernée	0,02	1	1

^a Câble écranté enterré dans un environnement non exposé ($K_{e0} = 0$)

Figure 4 – Exemple de valeurs de facteurs d'écran dans un cas pratique

5.4 Longueur conventionnelle de points de transition L_{CT}

Chaque section a une longueur conventionnelle L_{ci} définie par le produit du facteur d'environnement K_{ei} de la section où la i ème ligne est installée, par le facteur d'écran K_{si} , par le facteur d'installation K_{ij} et par la longueur de la section de ligne L_i de la i ème section

$$L_{ci} = K_{ei} \times K_{si} \times K_{ij} \times L_i \quad (2)$$

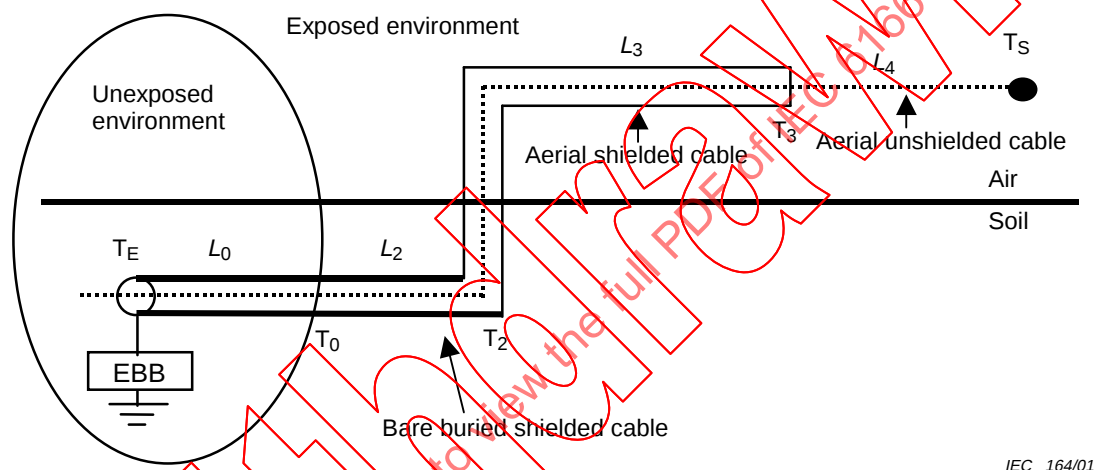
La présente norme prescrit le calcul de la longueur conventionnelle vue de chaque point de transition de la ligne de télécommunication.

La valeur du facteur d'écran de chaque section de ligne dépend des caractéristiques d'écran du point de transition considéré et de la mise à la terre de l'écran (voir 5.3).

These values represent intrinsic shielding factors and shall only be used in the following cases (see figure 4):

- at the point in the telecommunication line where protection is considered, the telecommunication line being shielded;
- or
- the shield is in continuous contact with the soil (for example, bare buried cable or cable with conducting plastic covering).

In the other cases, the cables shall always be considered as unshielded ($K_{Si} = 1$) if, at the point where the protection need is considered, the telecommunication line is unshielded. In these cases, the shielding factor of the shielded line sections can have a value less than 1 only if the shield is connected to earth at least at both ends. In this case, the shielding factor value is also a function of the earthing resistance of the connections to earth of the shield. An approximated value of the effective shielding factor K_{Se} is 0,5 when the earthing resistance value of the connections to earth of the shield is some tens of ohms.



IEC 164/01

Point	K_{Si} values			
	Section 0 ^a	Section 2	Section 3	Section 4
r (Ω/km)	Not relevant	1	5	–
T_E, T_0	Not relevant	0,02	0,1	1
T_2	Not relevant	0,02	0,1	1
T_S	Not relevant	0,02	1	1
^a Buried shielded cable in unexposed environment ($K_{e0} = 0$)				

Figure 4 – Examples of shielding factor values in a practical case

5.4 Conventional transition point length L_{Ci}

Each section has a conventional length L_{Ci} which is defined by the product between the environmental factor K_{ei} of the area where the i^{th} line section is installed, the shielding factor K_{Si} , the installation factor K_{ii} and the length L_i of the i^{th} line section:

$$L_{Ci} = K_{ei} \times K_{Si} \times K_{ii} \times L_i \quad (2)$$

This standard requires that the conventional length be calculated as seen from each of the transition points of the telecommunication line.

The value of the shielding factor of each line section depends on the shielding characteristic of the considered transition point and on the earth connection of the shield (see 5.3).

S'il n'y a pas d'équipement entre les deux extrémités de la ligne, la longueur conventionnelle de chaque point de transition est la somme des longueurs conventionnelles de toutes les sections de la ligne ou des deux parties de la ligne.

$$L_{cT_E} = L_{cT_S} = \sum_{i=1}^n L_{ci} \quad (3)$$

$$L_{cT_{k+}} = \sum_{i=1}^{k+1} L_{ci} \quad (4)$$

ou

$$L_{cT_k} = \sum_{i=k}^n L_{ci} \quad (5)$$

où L_{cT_k} et $L_{cT_{k+}}$ sont respectivement les longueurs conventionnelles des points des sections k et $(k+1)$.

S'il existe un équipement entre les deux extrémités de la ligne, il est nécessaire de considérer deux cas:

a) l'équipement est isolé de la terre

Ce type d'équipement ne présente pas de parties métalliques accessibles et sa protection intrinsèque contre les surtensions en mode commun est généralement donnée par l'isolation par rapport à la terre de la ligne et par les parafoudres installés dans l'équipement entre l'entrée et la sortie. Du point de vue de la protection, la présence de l'équipement peut être négligée et la longueur conventionnelle est calculée avec les équations (3), (4) et (5);

b) l'équipement a des parties métalliques reliées à la terre

Ce type d'équipement présente une protection intrinsèque contre les surtensions en mode commun par les parafoudres installés entre les conducteurs de la ligne (à la fois à l'entrée et à la sortie) et la terre de référence de l'équipement. Du point de vue de la protection, la ligne est divisée en deux parties par l'équipement. Ainsi, la longueur conventionnelle est calculée avec les équations (3), (4) et (5) appliquées aux deux parties.

6 Nécessité d'une protection

6.1 Généralités

Les dommages dus à la foudre affectant des lignes de télécommunications peuvent entraîner une perte inacceptable de services pour le public. Dans ce cas, il convient que la décision de prévoir ou non des dispositions de protection soit prise en comparant la valeur existante de la fréquence des dommages R_p à la ligne de télécommunications à la valeur limite, qui est la fréquence acceptable de dommages R_a .

La présente norme indique la nécessité de protection de la ligne de télécommunications contre la foudre directe ou indirecte affectant des lignes de télécommunication ou des structures dans lesquelles pénètre une ligne de télécommunications, en tenant compte du risque de dommages:

- de l'isolation du câble (points T_k);
- de l'équipement connecté aux extrémités de la ligne (points T_E et T_S) et sur le parcours (point T_M).

If there is no equipment between the two ends of the line, the conventional length of each transition point is the sum of the conventional lengths of all sections constituting the telecommunication line or the two parts of the telecommunication line

$$L_{cT_E} = L_{cT_S} = \sum_{1}^n L_{ci} \quad (3)$$

$$L_{cT_{k+}} = \sum_{1}^{k+1} L_{ci} \quad (4)$$

or

$$L_{cT_k} = \sum_k^n L_{ci} \quad (5)$$

where L_{cT_k} and $L_{cT_{k+}}$ are the conventional lengths of the section k or $(k+1)$ points respectively.

If equipment is installed between the two ends of the line, it is necessary to distinguish the following two cases:

a) equipment isolated from the soil

This kind of equipment has no accessible metallic parts, and its intrinsic protection against common-mode overvoltages is, in general, given by the insulation to ground of the telecommunication line and by SPDs installed inside the equipment between input and output ports. From the protection point of view, the presence of the equipment can be neglected and the conventional length evaluated using equations (3), (4) and (5);

b) equipment with metallic parts connected to the soil

This kind of equipment has intrinsic protection against common-mode overvoltages given by SPDs installed between conductors of the telecommunication line (both input and output ports) and equipment reference earth. From the protection point of view, the telecommunication line is divided into two parts by the equipment; therefore the conventional length is evaluated using equations (3), (4) and (5) applied to the two parts.

6 Protection need

6.1 General

Damage caused by lightning to telecommunication lines may produce unacceptable loss of services to the public. In this case, the decision whether or not to provide protective measures should be taken by comparing the actual value of risk of damage R_p to the telecommunication line with the limit value, and the tolerable risk of damage R_a .

This standard indicates the protection need against direct and indirect lightning to the telecommunication line or to the structure that the telecommunication line enters, considering the risk of damage

- of the cable insulation (T_k points);
- of equipment connected at the ends of the line (T_E and T_S points) and along the line (T_M point).

La tenue aux chocs minimale entre deux conducteurs métalliques quelconques est, par hypothèse, la suivante:

- 1,5 kV pour un câble isolé au papier (points T_1 et T_{2a});
- 5 kV pour un câble isolé au plastique, y compris les extrémités (points T_{1+} , T_{2a+} , T_{2p} , T_3).

L'équipement connecté aux extrémités ou installé sur le parcours de la ligne de télécommunications entre le commutateur et l'abonné doit résister aux niveaux de surtensions de choc en mode commun suivants:

- 1 kV 10/700 μ s selon les prescriptions de la Recommandation UIT-T K.20 pour l'équipement terminal (point T_E);
- 1,5 kV 10/700 μ s selon les prescriptions de la Recommandation UIT-T K.21 pour l'équipement dans le bâtiment de l'abonné ou le long de la ligne (points T_M et T_S).

L'équipement connecté aux extrémités de la ligne entre des bâtiments d'utilisateurs doit résister aux niveaux de surtensions en mode commun suivants:

- 1 kV 1,2/50 μ s selon les prescriptions de la Recommandation UIT-T K.22 pour l'équipement RNIS terminal complètement situé dans le bâtiment (points T_{S1} et T_{S2}).

Le risque de dommages est estimé par l'équation suivante:

$$R_p = F_p \times \delta \quad (6)$$

où

δ est la quantité relative de pertes présumées par dommage (voir annexe E);

F_p est la fréquence moyenne annuelle des dommages dus à la foudre directe et indirecte sur la ligne de télécommunication et à la foudre directe sur la structure exposée dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication.

La présente norme requiert que le risque de dommage soit calculé sur la base des équations suivantes (voir annexe H):

$$R_{p1} = R_{pi} + R_{ps} \quad (7)$$

$$R_{p2} = R_{pd} + R_{ps} \quad (8)$$

où

R_{pi} est le risque moyen annuel des dommages dus à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication;

R_{ps} est le risque moyen annuel des dommages dus à la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication;

R_{pd} est le risque moyen annuel des dommages dus à la foudre directe sur la ligne de télécommunication.

La valeur maximale du risque tolérable de dommages R_a prescrite par la norme est:

$$R_a = 10^{-3} \quad (9)$$

Des mesures de protection doivent être prises si les équations suivantes ne sont pas satisfaites:

$$R_{pi} + R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (10)$$

$$R_{pd} + R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (11)$$

The minimum cable resistibility between any two metallic conductors is assumed, by this standard, to be the following:

- 1,5 kV for paper insulated cable (points T_1 and T_{2a});
- 5 kV for plastic insulated cable which includes terminal blocks (points T_{1+} , T_{2a+} , T_{2p} , T_3).

Equipment connected at the ends of, or installed along, the telecommunication line between switch and network termination shall withstand the following impulse common-mode overvoltages:

- 1 kV 10/700 μ s, as required by ITU-T Recommendation K.20 for equipment at the switch end (point T_E);
- 1,5 kV 10/700 μ s, as required by ITU-T Recommendation K.21 for equipment at the customer's building end or along the line (points T_M and T_S).

Equipment connected at the ends of the line between buildings in customer premises shall withstand the following impulse common-mode overvoltages:

- 1 kV 1,2/50 μ s, required by ITU-T Recommendation K.22 for the ISDN terminal equipment wholly installed within the building (points T_{S1} and T_{S2}).

The risk of damage is estimated using the equation

$$R_p = F_p \times \delta \quad (6)$$

where

δ is the relative amount of the expected losses per damage (see annex E);

F_p is the frequency of damage, due to direct and indirect lightning to the telecommunication line and due to direct lightning to the exposed structure that the telecommunication line enters.

This standard requires the risk of damage to be calculated using the following equations (see annex H):

$$R_{p1} = R_{pi} + R_{ps} \quad (7)$$

$$R_{p2} = R_{pd} + R_{ps} \quad (8)$$

where

R_{pi} is the average annual risk of damage due to indirect lightning to the telecommunication line;

R_{ps} is the average annual risk of damage due to direct lightning to the structure where the telecommunication line enters;

R_{pd} is the average annual risk of damage due to direct lightning to the telecommunication line.

The maximum value of tolerable risk of damage R_a requested by this standard is as follows:

$$R_a = 10^{-3} \quad (9)$$

Therefore, protective measures shall be installed when the following equations are not fulfilled:

$$R_{pi} + R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (10)$$

$$R_{pd} + R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (11)$$

Le choix des mesures de protection appropriées est guidé par la vérification des équations suivantes:

$$R_{pi} \leq 10^{-3} \quad (12)$$

$$R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (13)$$

$$R_{pd} \leq 10^{-3} \quad (14)$$

Si l'équation (12) n'est pas respectée, des dispositions de protection contre les influences indirectes doivent être prises (voir 7.2). Si l'équation (13) n'est pas respectée, des mesures de protection contre la foudre directe sur la structure dans laquelle les lignes de télécommunication pénètrent doivent être prises (voir 7.3). Enfin, si l'équation (14) n'est pas respectée, des mesures de protection contre la foudre directe sur la ligne de télécommunication doivent être prises (voir 7.4).

La quantité relative de pertes présumées par dommage, δ , doit être estimée par l'opérateur du réseau ou par le propriétaire de l'installation.

Si cette estimation ne peut pas être faite, la présente norme suggère les valeurs représentatives à l'annexe E.

6.2 Nécessité d'une protection contre la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication

6.2.1 Ligne de télécommunication entre commutateur et extrémité

La fréquence des dommages F_{pi} doit être évaluée au point de transition:

F_{piT_E} est la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte estimée au point T_E de la ligne de télécommunication;

F_{piT_K} est la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte estimée au point T_K de la ligne de télécommunication;

F_{piT_M} est la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte estimée au point T_M de la ligne de télécommunication;

F_{piT_S} est la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte estimée au point T_S de la ligne de télécommunication.

La fréquence des dommages F_{piT_E} est donnée par l'équation suivante (voir annexe D):

$$F_{piT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_E} \quad (15)$$

où L_{cT_E} (longueur conventionnelle de points de transition) est la longueur conventionnelle de la ligne de télécommunications de télécommunications vue du point T_E .

NOTE 1 L'équipement connecté au point de transition T_E a une tenue aux chocs impulsionnels de 1 kV.

La fréquence des dommages F_{piT_S} est donnée par l'équation suivante (voir annexe D):

$$F_{piT_S} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_S} \quad (16)$$

où L_{cT_S} (longueur conventionnelle de points de transition) est la longueur conventionnelle de la ligne de télécommunications vue du point T_S .

NOTE 2 L'équipement connecté au point de transition T_S a une tenue aux chocs impulsionnels de 1,5 kV.

The selection of suitable protective measures is guided by checking the following equations:

$$R_{pi} \leq 10^{-3} \quad (12)$$

$$R_{ps} \leq 10^{-3} \quad (13)$$

$$R_{pd} \leq 10^{-3} \quad (14)$$

If equation (12) is not fulfilled, then protective measures against indirect influences shall be used (see 7.2). If equation (13) is not fulfilled, then protective measures against direct lightning to the structure, where the telecommunication line enters, shall be used (see 7.3). Finally if equation (14) is not fulfilled, then protective measures against direct lightning to telecommunication lines shall be used (see 7.4).

The relative amount of the expected losses per damage δ shall be evaluated by the network operator or the owner of the installation.

If this evaluation cannot be carried out representative values are proposed in annex E.

6.2 Protection need against indirect lightning to the telecommunication line

6.2.1 Telecommunication line between switch and line termination

Frequency of damage F_{pi} shall be evaluated in the transition point:

F_{piT_E} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the transition point T_E of the telecommunication line;

F_{piT_k} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the transition point T_k of the telecommunication line;

F_{piT_M} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the transition point T_M of the telecommunication line;

F_{piT_S} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the point T_S of the telecommunication line

Frequency of damage F_{piT_E} is given by the following equation (see annex D):

$$F_{piT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_E} \quad (15)$$

where L_{cT_E} (conventional transition point length) is the conventional length of the telecommunication line seen from the point T_E .

NOTE 1 The equipment connected to the transition point T_E has an impulse resistibility of 1 kV.

Frequency of damage F_{piT_S} is given by the following equation (see annex D):

$$F_{piT_S} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_S} \quad (16)$$

where L_{cT_S} (conventional transition point length) is the conventional length of the telecommunication line seen from the point T_S .

NOTE 2 The equipment connected to the transition point T_S has an impulse resistibility of 1,5 kV.

Les fréquences des dommages F_{piT_1} , $F_{piT_{2a}}$ et F_{piT_M} sont données par les équations suivantes (voir annexe D):

$$F_{piT_1} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_1} \quad (17)$$

$$F_{piT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_2} \quad (18)$$

$$F_{piT_M} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_M} \quad (19)$$

où L_{cT_1} ou $L_{cT_{2a}}$ ou L_{cT_M} (longueur conventionnelle de points de transition) sont respectivement la valeur de longueur conventionnelle la plus élevée vue des points T_1 , T_{2a} et T_M vers les points T_E et T_S .

NOTE 3 L'équipement connecté au point de transition T_1 ou T_{2a} ou T_M a une tenue aux chocs impulsions de 1,5 kV.

Les fréquences des dommages $F_{piT_{2p}}$ et F_{piT_3} sont données par les équations suivantes (voir annexe D):

$$F_{piT_{2p}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_3} \quad (20)$$

$$F_{piT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_4} \quad (21)$$

où $L_{cT_{2p}}$ et L_{cT_3} (longueur conventionnelle de points de transition) sont respectivement la valeur de longueur conventionnelle la plus élevée vue des points T_{2p} et T_3 vers les points T_E et T_S .

NOTE 4 L'équipement connecté au point de transition T_{2p} ou T_3 a une tenue aux chocs impulsions de 5 kV.

En utilisant l'équation (12) avec la valeur suggérée de δ_i donnée par les équations (E.2) à (E.5), les équations (15) à (21) deviennent:

$$L_{cT_E} \leq 3,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (22)$$

$$L_{cT_1} \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (23)$$

$$L_{cT_{2a}} \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (24)$$

$$L_{cT_M} \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (25)$$

$$L_{cT_{2p}} \leq 6,7 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (26)$$

$$L_{cT_3} \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (27)$$

$$L_{cT_S} \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (28)$$

où T_d et ρ sont les valeurs moyennes des jours orageux et de la résistivité du sol de la zone concernée.

Si l'une des équations de (22) à (28) n'est pas respectée, des mesures de protection doivent être prises pour réduire la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte contre la ligne de télécommunication (voir 7.2).

NOTE 5 Une large majorité des dommages est due aux influences indirectes.

Frequencies of damage F_{piT_1} , $F_{piT_{2a}}$ and F_{piT_M} are given by the following equations (see annex D):

$$F_{piT_1} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_1} \quad (17)$$

$$F_{piT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_2} \quad (18)$$

$$F_{piT_M} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_M} \quad (19)$$

where L_{cT_1} or $L_{cT_{2a}}$ or L_{cT_M} (conventional transition point length) is the higher conventional length value of the telecommunication line seen from points T_1 or T_{2a} or T_M towards points T_E and T_S .

NOTE 3 The equipment connected to the transition point T_1 or T_{2a} or T_M has an impulse resistibility of 1,5 kV.

Frequencies of damage, $F_{piT_{2p}}$ and F_{piT_3} are given by the following equations (see annex D):

$$F_{piT_{2p}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_3} \quad (20)$$

$$F_{piT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_4} \quad (21)$$

where $L_{cT_{2p}}$ or L_{cT_3} (conventional transition point length) is the higher conventional length value of the telecommunication line seen from the point T_{2p} or T_3 toward the points T_E and T_S .

NOTE 4 The equipment connected to the transition point T_{2p} or T_3 has an impulse resistibility of 5 kV.

Then using equation (12) with the suggested value of δ_i given by the equations (E.2) to (E.5), equations (15) to (21) become:

$$L_{cT_E} \leq 2,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (22)$$

$$L_{cT_1} \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (23)$$

$$L_{cT_{2a}} \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (24)$$

$$L_{cT_M} \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (25)$$

$$L_{cT_{2p}} \leq 6,7 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (26)$$

$$L_{cT_3} \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (27)$$

$$L_{cT_S} \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (28)$$

where T_d and ρ are the average values of the thunderstorm day and the soil resistivity of the area where the line is located.

If one of the equations from (22) to (28) is not fulfilled, then protective measures shall be taken in order to reduce the frequency of damage against indirect lightning to the telecommunication line (see 7.2).

NOTE 5 The large majority of damage is due to indirect influences.

6.2.2 Ligne de télécommunication entre les bâtiments d'un établissement

La fréquence des dommages F_{pi} doit être évaluée au point de transition:

F_{piTS1} est la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte estimée sur le bâtiment T_{S1} de la ligne de télécommunication;

F_{piTS2} est la fréquence des dommages due à la foudre indirecte estimée sur le bâtiment T_{S2} de la ligne de télécommunication.

La fréquence des dommages, F_{piTS} , est donnée par l'équation suivante (voir annexe D):

$$F_{piTS1} = 9,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS1} \quad (29)$$

$$F_{piTS2} = 9,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS2} \quad (30)$$

où L_{cTS1} et L_{cTS2} (longueur conventionnelle de points de transition) sont respectivement la longueur conventionnelle de la ligne de télécommunications vue du point T_{S1} et T_{S2} .

NOTE 1 L'équipement connecté au point de transition T_{S1} or T_{S2} a une tenue aux chocs impulsions de 1 kV.

En utilisant l'équation (12) avec la valeur suggérée de δ_{TS} donnée par l'équation (E.5), les équations (29) et (30) deviennent:

$$L_{cTS1} \leq 1,53 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (31)$$

$$L_{cTS2} \leq 1,53 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (32)$$

Si l'une des équations (29) ou (30) n'est pas respectée, des mesures de protection doivent être prises pour réduire la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte contre la ligne de télécommunication.

NOTE 2 Ces relations peuvent être exprimées également à l'aide de la densité de foudroiement au sol N_g en utilisant la relation suivante: $T_d = 10 \times N_g$.

6.3 Nécessité d'une protection contre la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication

Le courant de foudre directe s'écoule dans la prise de terre de la structure foudroyée et dans les services qui pénètrent dans la structure. Ainsi, une partie du courant de foudre s'écoule dans la gaine du câble ou dans les conducteurs du câble de la ligne de télécommunications, car le câble est l'un des services pénétrant dans la structure.

Ce courant peut entraîner des dommages pour la ligne de télécommunications:

- si le courant est supérieur au courant de claquage de gaine I_s , un claquage de l'isolation entre les conducteurs et la gaine est possible;
- si le courant est supérieur au courant de défaut dans les conducteurs I_c , la fusion du conducteur ou une élévation de température pouvant endommager l'isolation des conducteurs peuvent se produire.

Les dommages dus au claquage de l'isolation peuvent se produire à l'extrémité de la ligne de télécommunications ou en tout autre point du réseau, par exemple aux points de connexion de câbles non écrantés.

6.2.2 Telecommunication line between buildings in customer's premises

Frequency of damage F_{pi} shall be evaluated in the transition point:

F_{piTS1} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the building T_{S1} of the telecommunication line;

F_{piTS2} is the frequency of damage due to indirect lightning evaluated in the building T_{S2} of the telecommunication line.

The frequency of damage, F_{piTS} , is given by the following equation (see annex D):

$$F_{piTS1} = 9,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS1} \quad (29)$$

$$F_{piTS2} = 9,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS2} \quad (30)$$

where L_{cTS1} or L_{cTS2} (conventional transition point length) is the conventional length of the telecommunication line seen from the point T_{S1} or T_{S2} respectively.

NOTE 1 The equipment connected to the transition point T_{S1} or T_{S2} has an impulse resistibility of 1 kV.

Then using equation (12) with the suggested value of δ_{TS} given by equation (E.5), equations (29) and (30) become:

$$L_{cTS1} \leq 1,53 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (31)$$

$$L_{cTS2} \leq 1,53 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho}) \quad (32)$$

If equation (29) or (30) is not fulfilled, then protective measures shall be taken in order to reduce the frequency of damage against indirect lightning to the telecommunication line.

NOTE 2 These equations could be given as a function of ground flash density N_g using the following relationship $T_d = 10 \times N_g$.

6.3 Protection need against direct lightning to the structure that the telecommunication line enters

The current of direct lightning to a structure flows into the earthing system of the structure as well as into the services that enter the structure. Therefore, part of the lightning current enters the cable sheath or the cable conductors of the telecommunication line, as the cable is one of the services entering the structure.

This current can cause damage to the telecommunication line:

- if this current is higher than the sheath breakdown current I_s a breakdown of the insulation between the conductors and the sheath can occur;
- if the current is higher than the failure wire current I_c it may melt the conductor or cause a temperature rise that will damage the conductor insulation.

Damage due to insulation breakdown may appear at the end of the telecommunication line or in other points of the network, for example, in branching points of unshielded cables.

Ainsi, la fréquence des dommages F_{ps} est estimée par l'équation suivante:

$$F_{ps} = N_d \times p(I) \quad (33)$$

où

N_d est le nombre annuel moyen présumé des coups de foudre directs sur la structure et est calculé selon la CEI 61024-1-1;

NOTE N_d est le produit entre N_g , la surface équivalente de capture pour la structure isolée et le coefficient d'environnement C_e (voir 6.4 pour la signification des symboles littéraux).

I est la valeur crête du courant de foudre frappant la structure entraînant un courant de claquage de gaine I_s ou un courant de défaut du conducteur I_c respectivement dans un câble écrané ou non. Le courant de foudre I est estimé dans l'annexe C.

$p(I)$ est la probabilité d'atteinte de la valeur crête du courant de foudre frappant la structure évalué selon la figure 5.

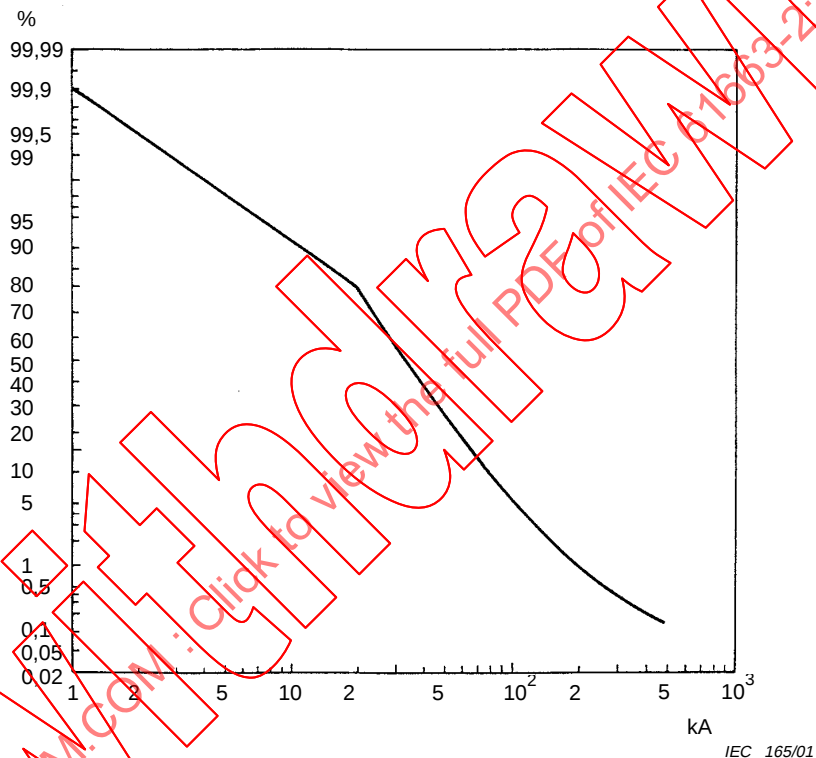


Figure 5 – Distribution cumulative du courant crête de foudre pour les structures enterrées et aériennes

En utilisant la valeur suggérée de δ_s donnée par l'équation (E.6), l'équation (13) devient

$$3 \times F_{ps} \leq 1 \quad (34)$$

Si cette équation n'est pas respectée, des mesures de protection doivent être prises pour réduire la fréquence des dommages dus à la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication (voir 7.3).

Consequently, the frequency of damage F_{ps} is estimated by using the following equation:

$$F_{ps} = N_d \times p(I) \quad (33)$$

where

N_d is the expected average annual number of direct lightning flashes to the structure and is calculated, using IEC 61024-1-1;

NOTE N_d is the product between N_g , the equivalent collection area of the isolated structure and the environmental coefficient C_e (see 6.4 for the meaning of the letter symbols).

I is the peak value of the lightning current striking the structure which causes a sheath breakdown current I_s or the failure wire current I_c in shielded or unshielded cable respectively. This lightning current I is estimated in annex C.

$p(I)$ is the probability of the peak value of the lightning current striking the structure, evaluated using figure 5.

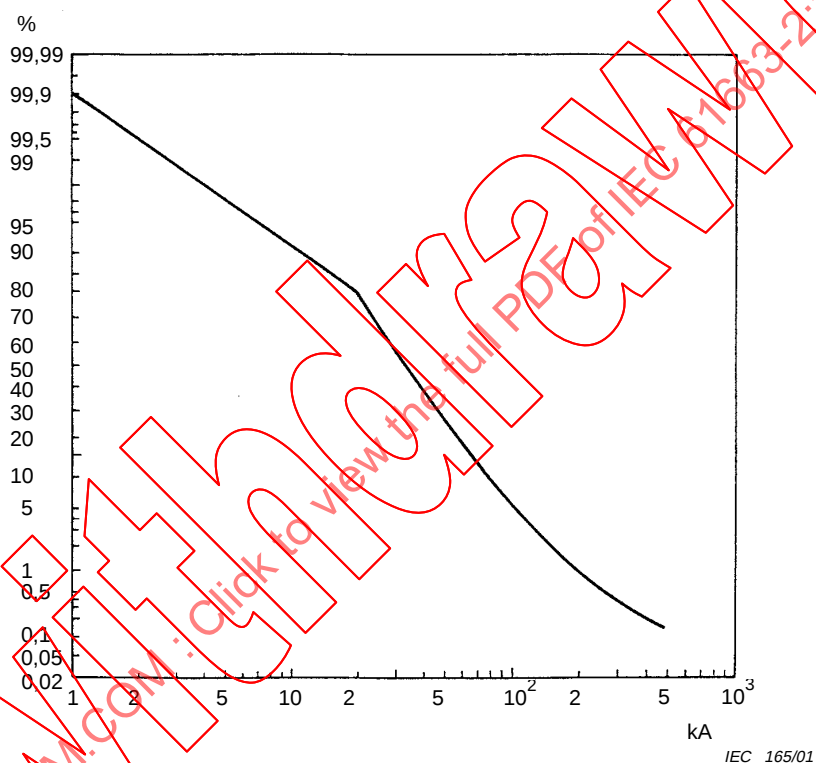


Figure 5 – Cumulative lightning peak current distribution to both buried and aerial structures

Using the suggested value of δ_s given by the equation (E.6), equation (13) becomes:

$$3 \times F_{ps} \leq 1 \quad (34)$$

If this equation is not fulfilled, then protective measures shall be taken in order to reduce the frequency of damage against direct lightning to the structure where the telecommunication line enters (see 7.3).

6.4 Nécessité d'une protection contre la foudre directe sur la ligne de télécommunications

La fréquence des dommages est évaluée en supposant que chaque foudre directe entraîne un dommage (voir les équations (A.1) et (A.7) de l'annexe A de la CEI 61663-1).

$$F_{pb} = N_{db} = K_e \times K_d \times N_g \times 2DL \times 10^{-6} \quad \text{pour les câbles enterrés} \quad (35)$$

ou

$$F_{pa} = N_{da} = K_e \times C_e \times N_g \times 2 \times 10^{-6} \times F_d \times H \times L \quad \text{pour les câbles aériens} \quad (36)$$

où

K_e est le facteur d'environnement;

N_g est la densité de foudroiement (nombre de coups de foudre par kilomètre carré par an), en cas d'absence de carte de N_g , une relation entre N_g et T_d basée sur les données locales peut être utilisée (la présente norme suggère les équations suivantes: $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$ ou $T_d = 10 \times N_g$);

D est la distance équivalente d'arc en mètres (CEI 61663-1)

$$D = 0,482 \sqrt{\rho} \quad \text{pour } \rho \leq 100 \, \Omega \cdot \text{m},$$

$$D = 0,283 \sqrt{\rho} \quad \text{pour } \rho \geq 1\,000 \, \Omega \cdot \text{m},$$

$$D = 0,191 (\sqrt{\rho} - 10) + 4,82 \quad \text{pour } 100 \, \Omega \cdot \text{m} < \rho < 1\,000 \, \Omega \cdot \text{m};$$

L est la longueur du parcours en mètres;

K_d est le facteur de correction de dommage qui est égal à 1 ou à 2,5 respectivement pour les câbles écrantés et non écrantés;

C_e est le coefficient d'environnement:

$C_e = 0,25$ pour des lignes aériennes entourées de structures (par exemple lignes de puissance, arbres) de même hauteur ou plus hautes,

$C_e = 0,5$ pour des lignes aériennes entourées de structures de hauteur moindre,

$C_e = 1$ pour une ligne aérienne isolée,

$C_e = 2$ pour une ligne isolée sur une colline ou une butte;

$F_d = 3$ est le facteur de diversion de foudre;

H est la hauteur en mètres de la ligne de télécommunication.

NOTE Le facteur de correction de dommage est égal à 1 (et non à 2,5 comme indiqué dans la CEI 61663-1), car il est supposé que chaque coup de foudre peut entraîner un dommage sur la ligne.

En utilisant la valeur suggérée de δ donnée par les équations (E.4) et (E.6), l'équation (14) devient

$$3 \times F_{pb} + 2 \times F_{pa} \leq 1 \quad (37)$$

Si cette équation n'est pas respectée, des mesures de protection contre la foudre directe sur la ligne de télécommunication doivent être prises pour réduire la fréquence des dommages (voir 7.4).

6.4 Protection need against direct lightning to the telecommunication line

Frequency of damage is estimated assuming that each direct lightning causes damage (see equations (A.1) and (A.7) of annex A of IEC 61663-1).

$$F_{pb} = N_{db} = K_e \times K_d \times N_g \times 2DL \times 10^{-6} \quad \text{for buried cables} \quad (35)$$

or

$$F_{pa} = N_{da} = K_e \times C_e \times N_g \times 2 \times 10^{-6} \times F_d \times H \times L \quad \text{for aerial cables} \quad (36)$$

where

K_e is the environmental factor;

N_g is the ground flash density (number of flashes per square kilometre per year); if a map of N_g is not available, it may be estimated using the relationship between N_g and T_d based on local data (this standard suggests the following relationships: $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$ or $T_d = 10 \times N_g$);

D is the equivalent arcing distance in metres (IEC 61663-1)

$$D = 0,482 \sqrt{\rho} \quad \text{for } \rho \leq 100 \, \Omega \cdot \text{m},$$

$$D = 0,283 \sqrt{\rho} \quad \text{for } \rho \geq 1\,000 \, \Omega \cdot \text{m},$$

$$D = 0,191 (\sqrt{\rho} - 10) + 4,82 \quad \text{for } 100 \, \Omega \cdot \text{m} < \rho < 1\,000 \, \Omega \cdot \text{m};$$

L is the route length in metres;

K_d is the damage correction factor, which is equal to 1 or 2,5 for shielded or unshielded cables respectively;

C_e is the environmental coefficient:

$C_e = 0,25$ for aerial line surrounded by structures (for example, power lines, trees) of same or greater height,

$C_e = 0,5$ for aerial line surrounded by smaller structures,

$C_e = 1$ for isolated aerial line,

$C_e = 2$ for isolated line on a hilltop or a knoll;

$F_d = 3$ is the stroke diversion factor,

H is the height in metres of the line.

NOTE The damage correction factor is equal to 1 (and not 2,5 as given in IEC 61663-1) because it is assumed that each lightning current striking the line causes damage.

Then, using the suggested values of δ given by equations (E.4) and (E.6), equation (14) becomes:

$$3 \times F_{pb} + 2 \times F_{pa} \leq 1 \quad (37)$$

If this equation is not fulfilled, then protective measures against direct lightning to the telecommunication line shall be installed in order to reduce this frequency of damage (see 7.4).

7 Mesures de protection

7.1 Généralités

L'utilisation de diverses méthodes de protection réduit la fréquence des dommages d'un facteur de protection K_p

$$F'_p = F_p \times K_p \quad (38)$$

Les mesures de protection peuvent être choisies pour réduire la fréquence des dommages dus:

- à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunications ou de signaux (voir 7.2);
- à la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunications ou de signaux (voir 7.3);
- à la foudre directe sur les lignes de télécommunication et de signaux (voir 7.4).

Si des mesures de protection sont nécessaires dans le bâtiment de l'abonné, la borne principale de terre doit pouvoir assurer la protection de l'installation de télécommunication (voir la CEI 60364-4-443 et EN 50310).

De plus, il est nécessaire de rappeler que l'écran métallique du câble, s'il existe, doit présenter une continuité, par exemple par connexions aux épissures, régénérations, etc. sur toute la longueur du câble et doit être connecté à la borne principale de terre, de préférence directement ou à travers un parafoudre (pour des aspects de corrosion) aux extrémités du câble.

7.2 Mesures de protection contre la foudre indirecte sur les lignes de télécommunication

7.2.1 Généralités

Pour une ligne de télécommunication, les méthodes de protection suivantes, qui peuvent être combinées, sont traitées dans la présente norme:

- mise en oeuvre de sections enterrées au lieu de sections aériennes, afin d'améliorer le facteur d'installation des diverses sections (5.2);
- mise en oeuvre d'écrans, afin d'améliorer le facteur d'écran des diverses sections en choisissant des câbles écrantés au lieu de câbles non écrantés ou avec des facteurs d'écran réduits (5.3);
- utilisation de parafoudres;
- accroissement de la tenue des câbles aux chocs, par exemple en choisissant des câbles avec des conducteurs à isolation plastique au lieu de conducteurs isolés au papier, en combinaison avec des parafoudres.

NOTE Les divers types de câbles présentent diverses tenues aux chocs, par exemple la tension de claquage entre les conducteurs, l'âme du câble et l'écran de câbles écrantés ou la terre pour les câbles sans écran.

L'utilisation des mesures de protection ci-dessus réduit le risque de dommage

- de l'isolation du câble (points T_k);
- des matériels connectés à la ligne (points T_E , T_M et T_S).

Un câble à tenue plus élevée ne peut être utilisé que pour réduire le risque de dommage à son isolation, et non au matériel connecté.

Si les types de câbles et les conditions d'installation des diverses sections sont définis, l'utilisation de parafoudres est la seule méthode efficace de protection de la ligne.

7 Protection measures

7.1 General

The use of different protective measures reduces the frequency of damage by the protection factor value K_p :

$$F'_p = F_p \times K_p \quad (38)$$

The protective measures can be selected in order to reduce frequency of damage due to:

- indirect lightning to the telecommunication or signal line (see 7.2);
- direct lightning to the structure where the telecommunication or signal line enters (see 7.3);
- direct lightning to the telecommunication or signal line (see 7.4).

If protective measures are needed in the customer's building, the equipotential bonding bar EBB shall be available to achieve protection of the telecommunication installation (refer to IEC 60364-4-443 and EN 50310).

Moreover it is necessary to point out that the metallic shield of the cable, if used, shall be continuous, i.e. it shall be connected across all splices, regenerators, etc., along the length of the cable, and shall be connected to the equipotential bonding bar EBB, preferably directly or through a SPD (for corrosion problem), at the ends of the cable.

7.2 Protective measures against indirect lightning to the telecommunication line

7.2.1 General

For a telecommunication line, the following protective measures, which can also be combined, are considered:

- installing a buried instead of an aerial section in order to improve the installation factor of the different line sections (see 5.2);
- shielding, in order to improve the shielding factor of the different line sections selecting shielded cables instead of unshielded ones or cables with reduced shielding factors (see 5.3);
- use of surge protective devices SPD;
- increasing lightning cable resistibility, for example, choice of cable with plastic-insulated conductors instead of cable with paper-insulated conductors, in combination with the use of SPD.

NOTE Different cable types have different overvoltage resistibility, i.e. the voltage breakdown between the cable conductors and between cable core and the shield for shielded cable or earth for unshielded cable.

Use of the above-mentioned protective measures reduces the risk of damage

- of the cable insulation (T_k points);
- of equipment connected to the telecommunication line (T_E , T_M and T_S points).

Cable with increased resistibility can be used only to reduce the risk of damage of the cable insulation but not of connected equipment.

When the cable types and the installation conditions of the different line sections are defined, the use of SPDs is the only available method to protect the telecommunication line.

7.2.2 Utilisation de parafoudres

Les caractéristiques des parafoudres à utiliser doivent être conformes aux Recommandations K.12 et K.28 de l'UIT-T.

Les parafoudres peuvent être installés aux interfaces du réseau, où des variations significatives de l'environnement électromagnétique existent, comme les transitions entre câbles écrantés et sans écran ou entre installation dans le bâtiment et à l'extérieur, ou entre modes de pose aérien et enterré. Les parafoudres peuvent aussi être nécessaires aux interfaces, où la tenue aux chocs de deux sections adjacentes diffère de manière significative, comme la transition entre des conducteurs isolés au plastique et au papier ou entre la ligne et l'équipement du réseau, au niveau de commutateur de télécommunication et en extrémité de ligne.

Les emplacements des parafoudres, lorsqu'ils sont requis par cette norme, sont définis comme points de transition (voir figure 1).

- point T_E : à l'entrée du bâtiment du commutateur, généralement le répartiteur d'entrée, ou de la structure E;
- point T_K : point de transition entre différents types de câbles ou différents modes de pose;
- point T_M : à l'interface entre l'équipement et la ligne de télécommunications, les parafoudres peuvent être installés dans l'équipement, mais au point d'entrée de la ligne dans l'équipement (par exemple dans la zone limite);
- point T_S : à l'extrémité de la ligne, à l'entrée de la structure S.

La valeur du facteur de protection obtenue avec le parafoudre est la suivante:

- $K_p = 0,01$ pour des parafoudres coordonnés avec la tenue aux chocs de l'équipement et mis en oeuvre selon les Recommandations K.27 ou K.31 de l'UIT-T.

Il convient que le choix des points de transition à protéger par parafoudre prenne en compte le fait qu'un parafoudre en un point a un effet sur un autre point comme suit:

- a) le câble (au point considéré) est écranté:
 - la ligne doit être considérée comme deux lignes séparées par le parafoudre installé entre les conducteurs et l'écran;
 - le point est protégé si un parafoudre protège le câble écranté en amont et en aval du point considéré (par exemple le point T_2 de la figure 3 est protégé par un facteur K_p si des parafoudres sont installés aux points T_E et T_3).
- b) le câble (au point considéré) n'a pas d'écran:
 - la présence d'un parafoudre en un autre point est négligée à l'exception de deux cas suivants où la condition a) ci-dessus est applicable:
 - 1) le parafoudre est relié à un écran en contact permanent avec le sol;
 - 2) le parafoudre au point T_K est relié à la terre directement ou à l'écran du câble ou au porteur métallique du câble; dans ce cas la fréquence des dommages du point considéré est calculée à l'aide de l'équation suivante

$$F_{pi} = a \times T_d \times L_c \times \sqrt{\rho} \times (V_p - U_k)^{-1,8} \quad (39)$$

où

U_k est la chute de tension au point T_K due au courant injecté dans l'enveloppe par les parafoudres ($U_k = R_t \times n I_i$, voir annexe B),

a est la constante donnée dans l'annexe D.

7.2.2 Use of surge protective devices SPD

The characteristics of SPDs to be used shall comply with the requirements of ITU-T Recommendations K.12 and K.28.

SPDs can be installed in the network at interfaces where there are significant changes in the electromagnetic environment, such as transitions between unshielded and shielded cables or between installation in building and outside or between aerial and buried installation conditions. SPDs can also be needed at interfaces where the resistibility of two adjacent line sections differs significantly, such as the transition between plastic- and paper-insulated conductors or between telecommunication line and equipment in the network, at the telecommunication switch or at the line termination.

When required, the location points of the surge protective devices have been defined as "transition points" (see figure 1):

- point T_E : at the entrance of the telecommunication switch building, generally at the main distribution frame MDF, or building E;
- point T_K : the transition point between different types of cables or different installation conditions;
- point T_M : at the equipment interface with the telecommunication line; the SPDs can be installed inside the equipment but at the entrance point of the line into the equipment (for example, at its boundary);
- point T_S : at the line termination, at the entrance of building S.

The value of the protection factor obtained by the use of SPD is the following:

- $K_p = 0,01$ for SPDs coordinated with equipment resistibility and installed in agreement with ITU-T Recommendation K.27 or K.31.

The selection of the transition points to be protected using SPDs should take into account that the installation of a SPD in one point could have an effect on the protection need of another point as follows:

- a) the cable (in the considered point) is shielded:
 - the line shall be considered as divided into two separate lines by the SPD installed between conductors and shield;
 - the point is protected if there are SPDs installed on the shielded cable upstream and downstream of the considered point (for example, point T_2 of figure 3 is protected by a K_p factor for SPDs, if SPDs are installed in points T_E and T_3).
- b) the cable (in the considered point) is unshielded:
 - the presence of the SPD in another point is neglected except for the following two cases where situation a) above is applied:
 - 1) the SPD is connected to a shield which is in continuous contact with the soil;
 - 2) the SPD in point T_K is connected to earth directly or through a shield or a supporting wire; in this case the frequency of damage of the considered point is calculated using the following equation

$$F_{pi} = a \times T_d \times L_c \times \sqrt{\rho} \times (V_p - U_k)^{-1,8} \quad (39)$$

where

U_k is the voltage drop in the point T_k due to the current injected into the shield by the SPDs ($U_k = R_t \times n I_i$, see annex B);

a is the constant given in annex D.

Les parafoudres doivent être installés comme suit:

- a) aux extrémités de la ligne de télécommunication (points T_E et T_S)

entre les conducteurs et la barre d'équipotentialité BE. Si le câble est écranté, l'écran doit être connecté à la barre d'équipotentialité BE qui peut être raccordée à la borne de terre.

Il convient que le bâtiment soit équipé d'une borne principale de terre située aussi près que possible des entrées des câbles de puissance alternative et de télécommunication. Un exemple d'installation correcte de parafoudres est montré en figure 6.

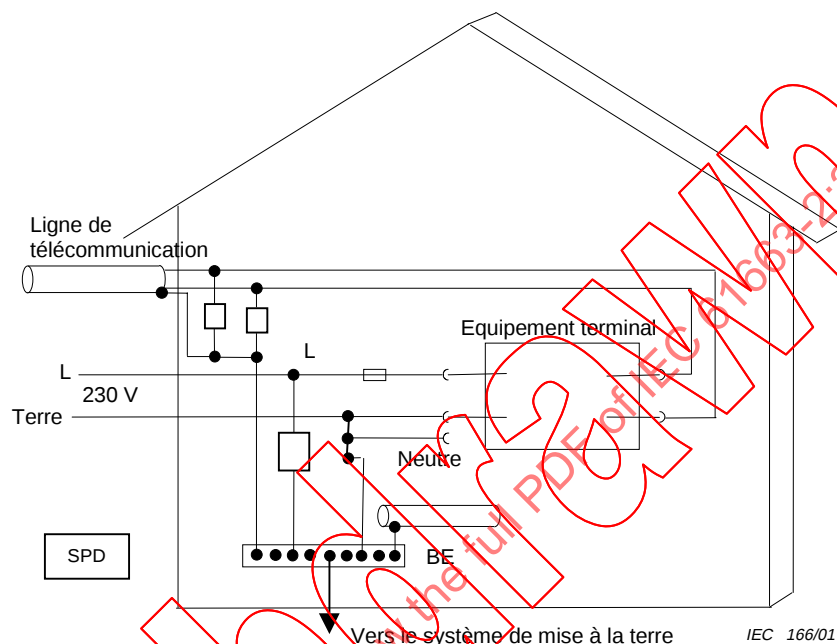


Figure 6 – Exemple de mise en oeuvre appropriée de parafoudres SPD dans un bâtiment d'abonné (on considère ici un schéma de type TN-S pour le système intérieur d'alimentation de l'énergie de l'installation)

NOTE Dans le cas d'un schéma TT/IT du système d'alimentation de l'énergie, le conducteur neutre est aussi protégé par le parafoudre. En schéma 230 V IT sans conducteur de neutre les deux conducteurs de ligne sont protégés avec des parafoudres. Il convient que la longueur des conducteurs entre les parafoudres et la barre d'équipotentialité BE soit la plus courte possible et n'excède pas 1 m.

- b) sur le parcours de la ligne (points T_K et T_M)

entre les conducteurs et l'écran pour des câbles blindés (pour le point T_M , un parafoudre doit être installé à l'entrée de l'équipement). L'écran doit être relié aux éventuels conducteurs de suspension.

Dans ce cas, la chute de tension due au courant injecté par le parafoudre dans l'écran du câble doit être inférieure à la tension de claquage entre les conducteurs et l'écran. Pour éviter le claquage de l'isolation des conducteurs, deux méthodes peuvent être utilisées, et éventuellement combinées (voir exemple en F.2.1.2):

- la première consiste à installer un parafoudre au point T_E concernant tous les conducteurs des câbles, en considérant la longueur protégée par le parafoudre en T_E donnée par l'équation suivante:

$$L_p = \frac{(U_b - U_{SPD}) \times T_1}{2 \times U_b} \times v \quad (40)$$

The protective devices shall be installed as follows:

a) at the telecommunication line ends (T_E and T_S points)

between the conductors and the equipotential bonding bar EBB. If the cable is shielded, the shield shall be connected to the EBB which can be connected to the earthing system.

The building should be provided with an EBB, located as close as possible to the a.c. power and telecommunication cable entrance facilities. An example of correct installation of SPDs is shown in figure 6.

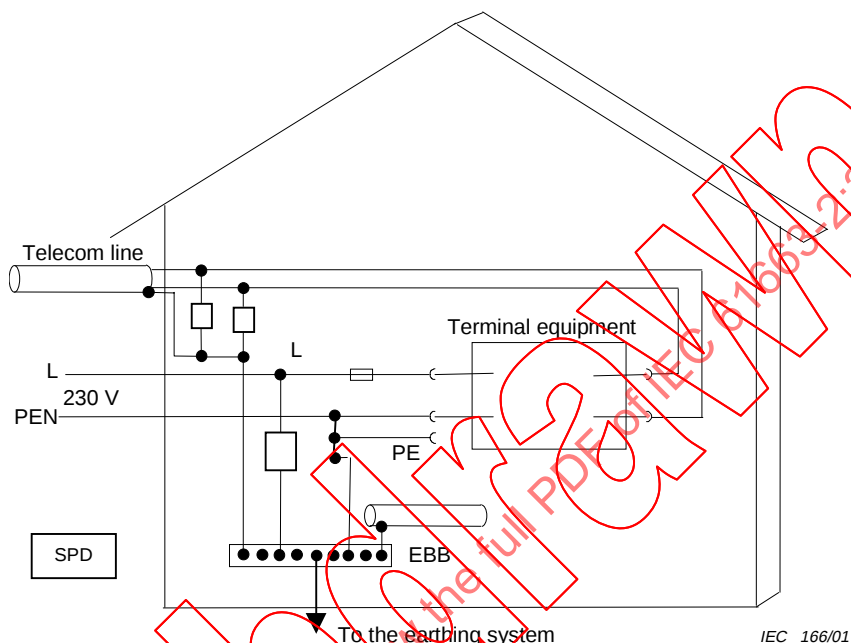


Figure 6 – Example of correct installation of SPDs in a building (TN-S configuration for the indoor installation of the power supply system is considered)

NOTE In the case of TT/IT configuration for the power supply system, the neutral conductor is also protected with a SPD. In 230 V IT configurations without neutral conductor both line conductors are protected with SPDs. The length of the conductors connection from the SPDs to the EBB should be as short as possible and not longer than 1 m.

b) along the line (T_k and T_M points)

between the conductors and the shield for shielded cables (for T_M points, SPDs shall be installed at the entrance of the equipment). The shield shall be connected to the suspension wires, if any.

In this case, the voltage drop due to the current injected by the SPDs in the cable shield shall be lower than the breakdown voltage between conductors and shield. To avoid conductor insulation breakdown, two methods can be used which can be combined (see example in F.2.1.2):

- the first is to install SPDs in point T_E on all the cable conductors, considering the protected length of the line from the SPDs in point T_E given by the following equation:

$$L_p = \frac{(U_b - U_{SPD}) \times T_1}{2 \times U_b} \times v \quad (40)$$

où

U_b est la tension impulsionnelle de claquage de l'isolation entre les conducteurs et l'écran du câble (U_b vaut respectivement 1,5 kV ou 5 kV pour les conducteurs isolés au papier ou au plastique);

U_{SPD} est la tension impulsionnelle d'amorçage des parafoudres qui peut être estimée à 500 V;

T_1 est le temps de montée supposé valoir 10 μ s pour la surtension sur les conducteurs et 1 μ s pour la chute de tension due au courant injecté dans l'enveloppe par l'amorçage des parafoudres;

v est la vitesse de propagation du choc qui est supposée égale à 200 m/ μ s.

- la seconde consiste à relier à la terre l'écran aux points de transition T_k pour réduire la chute de tension dans l'écran à une valeur inférieure à la tension de claquage. La valeur de la résistance de terre de cette connexion est évaluée à l'annexe B.

Les conducteurs d'équipotentialité doivent résister aux surintensités induites dans les conducteurs de la ligne de télécommunication I_l (voir annexe B) ou à la partie du courant de foudre I_f qui s'écoule à travers ces conducteurs, évaluée en accord avec l'annexe C. Ainsi la section minimale S_{min} du conducteur entre un ou plusieurs n SPD et la BE est donnée par les équations suivantes:

$$S_{min} \geq n I_l / 8 \quad (41)$$

$$S_{min} \geq I_f / 8 \quad (42)$$

où

S_{min} est en millimètres carrés (mm²);

I_l et I_f sont en kiloampères (kA).

Dans tous les cas, la section ne doit pas être inférieure à la section totale d'une paire de conducteurs de télécommunication et si un câble avec un seul conducteur d'équipotentialité est utilisé, la section ne doit pas être inférieure à 1,2 mm².

7.3 Mesures de protection contre la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication

A l'endroit où la ligne pénètre dans la structure, des parafoudres peuvent être utilisés aux extrémités du câble entre les conducteurs et la gaine métallique (éventuelle) ou la barre d'équipotentialité BE de la structure. Le courant s'écoulant dans la gaine I_s et/ou les conducteurs I_c doit être évalué en utilisant l'annexe C. La probabilité $p(i)$ relative au courant dans la gaine I_s ou dans le conducteur I_c est évaluée à l'aide de la figure 5.

Si l'équation (34) n'est pas respectée, des mesures de protection complémentaires telles qu'indiquées dans le tableau 3, peuvent être prises à l'entrée de la structure.

La longueur du dispositif de protection l_p en mètres, (par exemple câble de protection contre la foudre, conduit métallique ou conduit renforcé ou conducteurs écrantés) est donnée par l'équation pratique suivante:

$$2,5 \sqrt{\rho} \leq l_p \leq 8 \sqrt{\rho} \quad (\text{m}) \quad (43)$$

où

ρ est la résistivité du sol, en ohm mètres ($\Omega \cdot \text{m}$).

Si une partie du réseau comportant une protection renforcée I_f est plus courte que cette valeur, il existe deux possibilités.

where

U_b is the impulse breakdown voltage between the conductors and the shield of the cable (U_b is 1,5 kV or 5 kV for paper- or plastic-insulated conductors respectively);

U_{SPD} is the impulse breakdown voltage of SPD which can be estimated at 500 V;

T_1 is the front time which is assumed to be 10 μ s for conductor overvoltage and 1 μ s for voltage drop due to current injected in the shield by the SPD firing;

v is the propagation speed of the surge voltage which is estimated in 200 m/ μ s.

- the second is the connection to earth of the shield in the transition points T_k , in order to reduce the voltage drop in the cable shield to values lower than the breakdown voltage. The earth resistance value of this earth connection is evaluated in annex B.

Bonding conductors shall withstand the overcurrent induced in the telecommunication conductors I_i (see annex B) or the part of the lightning current I_f flowing through them evaluated according to annex C. Therefore the minimum cross-section area S_{min} of the conductor connecting one or several n SPDs to the EBB is given by the following equations:

$$S_{min} \geq n I_i / 8 \quad (41)$$

$$S_{min} \geq I_f / 8 \quad (42)$$

where

S_{min} is in square millimetres (mm²);

I_i or I_f in kiloamperes (kA).

In any case, the cross-section area shall not be lower than the total cross-section area of one telecommunication conductor pair and if one conductor bonding cable is used, it shall not be lower than 1,2 mm².

7.3 Protective measures against direct lightning to the structure that the telecommunication line enters

At the entrance of the structure, SPDs can be used at the cable termination between conductors and metallic sheath (if it exists) or EBB of the structure. The current which flows into the sheath I_s and/or the conductors I_c shall be evaluated using annex C. The probability $p(i)$ related to this current I_s or I_c is evaluated using figure 5.

If equation (34) is not fulfilled, then at the entrance of the structure, the additional protective measures indicated in table 3 can be used.

The length of the protective measure l_p in metres, (i.e. lightning protective cable or metal conduit or reinforced cable ducts or shield wires) is given by the following practical equation:

$$2,5 \sqrt{\rho} \leq l_p \leq 8 \sqrt{\rho} \text{ (m)} \quad (43)$$

where

ρ is the soil resistivity, in ohm metres ($\Omega \cdot m$).

If the part of the network with enhanced protection l_f is shorter, then there are two possibilities.

- a) La première consiste à augmenter les facteurs de protection donnés dans le tableau 3, comme indiqué dans l'équation (44):

$$K'_p = K_p \times l_p / l_r \quad (44)$$

- b) La seconde possibilité est d'installer, en extrémité de la structure, des prises de terre verticales ou horizontales dont la longueur totale l_{ev} pour la partie verticale et l_{eh} pour la partie horizontale sont données par les équations suivantes:

$$l_{ev} \geq 0,5 (2,5 \sqrt{\rho} - l_r) \quad \text{pour des électrodes verticales} \quad (45)$$

$$l_{eh} \geq 2,5 \sqrt{\rho} - l_r \quad \text{pour des électrodes horizontales} \quad (46)$$

En aucun cas la mesure de protection ne doit avoir une longueur inférieure à 50 % de la valeur donnée par l'équation (43).

La section S de l'écran métallique, en contact avec le sol, du câble de protection contre la foudre, du conduit en acier ou du conduit de protection contre la foudre doit être supérieure à la valeur minimale suivante $S_{\min}$:

$$S_{\min} = (I_p \times \rho_c \times I_s) / U_b \quad (47)$$

où

$S_{\min}$ est en millimètres carrés (mm²);

I_s est en kiloampères (kA);

ρ_c est la résistivité, en ohm millimètres carrés par mètre ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) du matériau de l'écran, en contact avec le sol, du dispositif de protection;

U_b est la tension de claquage, en kilovolts (kV) de la gaine plastique du câble;

l_p est la longueur en mètres (m) du dispositif de protection.

Pour des courbures (par exemple, pénétration dans des bâtiments), le conduit en acier rigide peut être remplacé par des conduits métalliques souples connectés par soudure ou brides.

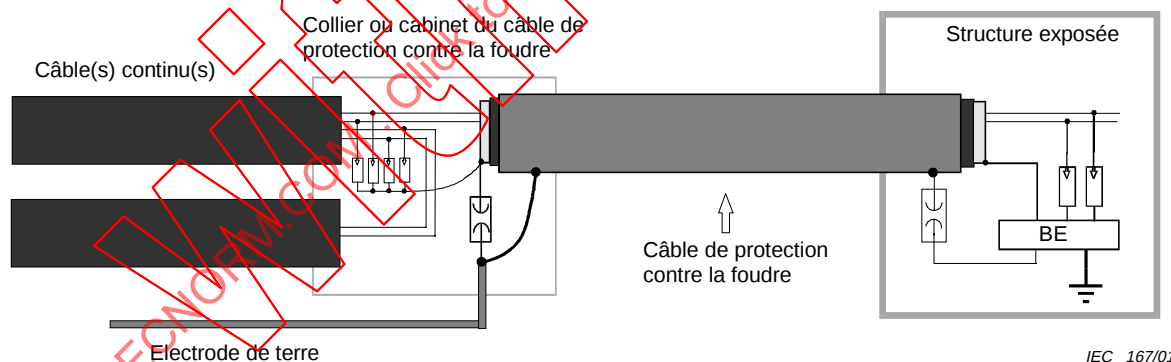


Figure 7a – Câble sans écran

- a) The first one is to increase the protection factors given by table 3 as suggested by equation (44):

$$K'_p = K_p \times l_p / l_r \quad (44)$$

- b) The second possibility is to install, at the far end of the structure, vertical or horizontal earth electrodes whose total length, l_{ev} for vertical and l_{eh} for horizontal, is given by the following equations:

$$l_{ev} \geq 0,5 (2,5 \sqrt{\rho} - l_r) \quad \text{for vertical electrodes} \quad (45)$$

$$l_{eh} \geq 2,5 \sqrt{\rho} - l_r \quad \text{for horizontal electrodes} \quad (46)$$

In any case, the protective measure shall have a minimum length of 50 % of the value requested by equation (43).

The cross-section area S of the metallic shield which is in contact with the soil, of the lightning protective cable or of the steel tube or of the lightning protection cable duct shall be greater than the following area $S_{\min}$:

$$S_{\min} = (I_p \times \rho_c \times l_s) / U_b \quad (47)$$

where

$S_{\min}$ is in square millimetres (mm²);

I_s is in kiloamperes (kA);

ρ_c is the resistivity, in ohm-square millimetres per metre ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$), of the shield material, in contact with the soil, of the protective measure,

U_b is the breakdown voltage, in kilovolts (kV), of the plastic covering of the cable;

l_p is the length, in metres (m), of the protective measure.

For curves (for example, entrance into buildings), the rigid steel conduit can be replaced by corrugated metal conduits connected by welding or flanges.

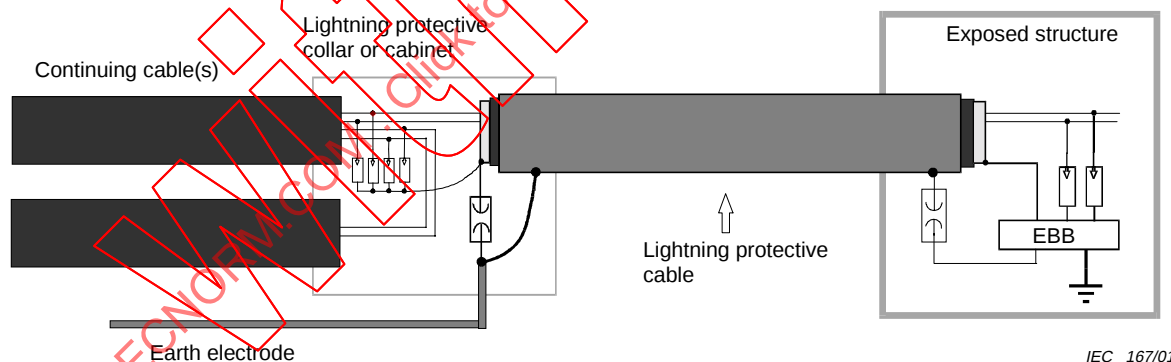


Figure 7a – Unshielded cable

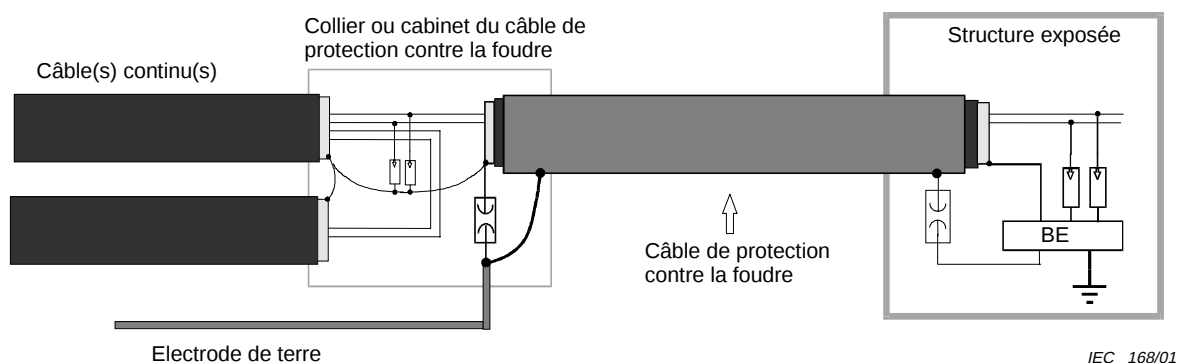


Figure 7b – Câble avec écran

Figure 7 – Exemples de mesures de protection pour une ligne de télécommunication pénétrant dans une structure exposée

Il est recommandé de protéger les conducteurs venant de la structure exposée par des parafoudres au point où ils entrent dans un autre câble. Si le câble est sans écran, le parafoudre doit protéger tous les conducteurs du câble (voir figure 7a); s'il est écranté, les parafoudres protègent les seuls conducteurs actifs et l'écran (voir figure 7b). Les parafoudres entre les écrans, montrés à la figure 7b, sont recommandés pour réduire le risque de corrosion.

7.4 Mesures de protection contre la foudre directe sur les lignes de télécommunication

Les méthodes de protection possibles traitées dans la présente norme sont les suivantes.

a) Lignes enterrées

- 1) Conducteurs blindés: généralement avec un conducteur en acier galvanisé de 8 mm de diamètre. D'autres matériaux ou diamètres peuvent être utilisés, par exemple pour des raisons de corrosion. Le facteur d'écran η est évalué selon l'annexe C de la CEI 61663-1.
- 2) Câble de protection contre la foudre (voir 3.43).
- 3) Tube(s) en acier, généralement galvanisé. Il est recommandé de s'assurer que les interruptions aux niveau des colliers des câbles sont maintenues aussi courtes que possible; il convient que ces interruptions soient pontées par un cylindre métallique proche ou par au moins trois conducteurs en cage décalés de 120°.
- 4) Conduit de protection contre la foudre renforcé et armé (voir 3.44).

Le facteur de protection K_p de ces mesures de protection pour des câbles enterrés est donné dans le tableau 3.

Tableau 3 – Facteur de protection pour les mesures de protection contre la foudre directe sur des câbles enterrés

Mesures de protection	K_p
Un conducteur écranté	0,6
Deux conducteurs écrantés	0,4
Conduit de protection contre la foudre	0,1
Câble de protection contre la foudre	0,02
Tube(s) en acier	0,01

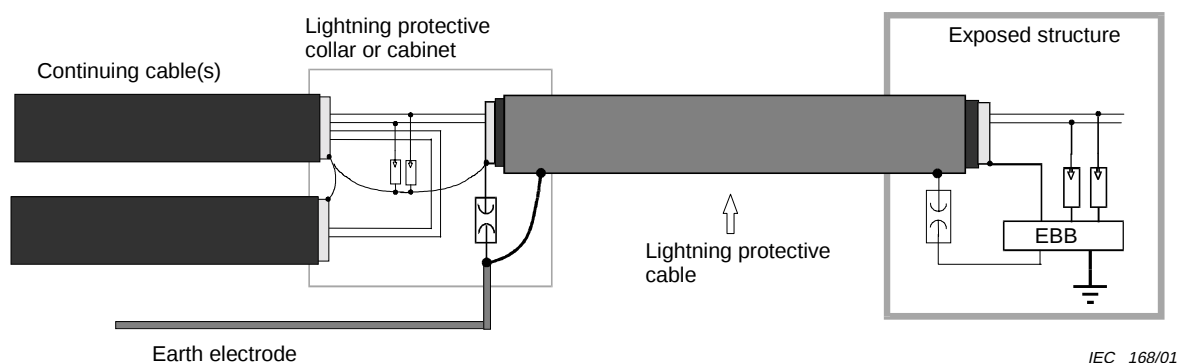


Figure 7b – Shielded cable

Figure 7 – Examples of protection measures for telecommunication line entering an exposed building

The conductors coming from the exposed structure should be protected with SPDs at the point where they enter another cable. If the cable is unshielded, the SPDs shall be installed between all the conductors of the cable (see figure 7a); whereas if the cable is shielded, the SPDs can be installed only between the exposed conductors and the shield (see figure 7b). SPDs between the shields, shown in figure 7b, are recommended to reduce the risk of corrosion.

7.4 Protective measures against direct lightning to the telecommunication lines

Feasible protection methods include the following.

a) Buried lines

- 1) Shield wire(s), generally a galvanized steel wire with a diameter of 8 mm. Other materials or diameters are also possible, for example, for corrosion protection problems. The shielding factor η is evaluated by annex C of IEC 61663-1.
- 2) Lightning protective cable (see 3.43).
- 3) Steel tube(s), generally a galvanized steel tube. It should be assured that interruptions at cable collars are kept as short as possible; the interruptions should be bridged by a close metal jacket or at least three shield wires by a cage arrangement, each offset by 120°.
- 4) Lightning protection cable duct (see 3.44).

The protection factors K_p of these protective measures for buried cables are indicated in table 3.

Table 3 – Protection factors of protection measures against direct lightning for buried cables

Protection means	K_p
One shield wire	0,6
Two shield wires	0,4
Lightning protection cable duct	0,1
Lightning protective cable	0,02
Steel tube(s)	0,01

b) Lignes aériennes

- 1) Utilisation du fil de support comme dispositif de capture d'un système de protection pour le câble aérien. Par exemple, une valeur du facteur de protection K_p de 0,3 peut être obtenue quand le fil de support du câble aérien est relié
 - à la terre à une distance approximative de 200 m avec une longueur minimale de prise de terre de
 - $l_1 = 5$ m pour une prise de terre horizontale
 - ou
 - $l_1 = 2,4$ m pour une prise de terre verticale (inclinée);
 - à l'enveloppe métallique éventuelle du câble ou aux conducteurs du câble par des parafoudres. Si le câble est écranté, il est recommandé que les parafoudres soient installés entre tous les conducteurs et l'écran aux deux extrémités de la section écrantée.
- 2) Remplacer tout ou partie du câble aérien par un câble enterré et utiliser les mesures de protection indiquées en a) ci-dessus;
- 3) Remplacer le câble aérien par un réseau de transmission non métallique, par exemple, à couplage optique ou radio ($K_p = 0$).

La fréquence réduite des dommages F'_{pb} est évaluée par l'équation suivante:

$$F'_{pb} = K_p \times F_{pb} \quad (48)$$

b) Aerial lines

- 1) Use of a supporting wire, as air-termination of a lightning protection system dedicated to the aerial cable. As an example, a protection factor K_p value of 0,3 can be achieved when the supporting wire is connected
 - to ground at a distance of about 200 m with the following minimum length of each electrode
 - $l_1 = 5$ m for radial horizontal electrode,
 - or
 - $l_1 = 2,4$ m for vertical (inclined) electrode;
 - to the metallic shield of the cable, if any, or to the cable conductors through SPDs. If the cable is shielded, SPDs should be installed between conductors and shield at both ends of the shielded section.
- 2) Substitute all or part of the aerial cable with a buried one and use the protective means indicated in a) above.
- 3) Substitute the aerial cable with a non-metallic transmission system, for example, metal-free optical cable or radio link ($K_p = 0$).

The reduced frequency of damage F'_{pb} is evaluated using the following equation:

$$F'_{pb} = K_p \times F_{pb} \quad (48)$$

Annexe A (normative)

Procédure d'évaluation de la nécessité de protection contre la foudre des lignes de télécommunication et de signaux utilisant des conducteurs métalliques

Le but de la protection contre la foudre des lignes de télécommunication utilisant des conducteurs métalliques est de réduire le risque prévu de dommages R_p à une valeur égale ou inférieure à la valeur tolérable de risques de dommages R_a . Ainsi, si

$$R_p > R_a$$

la norme requiert l'utilisation de mesures de protection pour réduire R_p .

Les dommages sont ceux concernant les lignes de télécommunication et de signaux (par exemple, défaillance de l'isolation) et les équipements connectés, et sont dus

- aux influences indirectes de la foudre F_{pi} sur les lignes de télécommunication ou de signaux;
- à la foudre directe sur la structure F_{ps} dans laquelle pénètrent les lignes de télécommunication ou de signaux;
- à la foudre directe sur les câbles enterrés F_{pb} et aériens F_{pa} .

Des équations sont données pour l'évaluation des diverses fréquences de dommages, par exemple:

- F_{pi} avec les équations (15) à (21) et (29) à (30);
- F_{ps} avec l'équation (33);
- F_{pb} et F_{pa} avec respectivement les équations (35) et (36);

Les dommages sont évalués en définissant

- la tenue minimale du câble aux chocs entre deux éléments métalliques quelconques du câble;
- la tenue aux chocs de l'équipement connecté aux extrémités ou le long de la ligne;
- F_{pi} , F_{pb} et F_{pa} sont négligés en environnement non exposé (par exemple, zone urbaine).

Si l'équipement ne satisfait pas aux prescriptions de tenue aux chocs, il convient que des dispositifs complémentaires de protection contre les chocs soient mis en oeuvre aux emplacements où l'équipement est connecté à la ligne pour satisfaire à la tenue aux chocs prescrite.

Le risque de dommages est estimé par l'équation suivante:

$$R_p = F_p \times \delta$$

où δ est la quantité relative de perte de service supposée par dommage (voir annexe E) et F_p est la fréquence moyenne annuelle de dommage dus à la foudre directe et indirecte sur la ligne de télécommunication et dus à la foudre directe sur la structure exposée dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication (voir article 6).

Annex A (normative)

Procedure for evaluating the protection needs against lightning of telecommunication or signal lines using metallic conductors

The purpose of lightning protection for telecommunication lines using metallic conductors is to reduce the expected risk of damage R_p to a value which is equal to or lower than the tolerable risk of damage R_a . Therefore, if

$$R_p > R_a$$

protective measures are needed in order to reduce R_p .

Damage concerns both damage to telecommunication or signal lines (for example, insulation breakdown) and damage to connected equipment by

- indirect lightning influences F_{pi} to telecommunication or signal lines;
- direct lightning to the structure F_{ps} where the telecommunication or signal line enters;
- direct lightning to both buried F_{pb} and aerial F_{pa} cables.

Equations are given to estimate these different frequencies of damage, i.e.

- F_{pi} using equations (15) to (21) and (29) to (30);
- F_{ps} using equation (33);
- F_{pb} and F_{pa} using equations (35) and (36) respectively.

Damage is evaluated defining

- minimum impulse resistibility of the cable between any two metallic elements of the cable;
- impulse resistibility of the equipment connected at the ends or along the line;
- F_{pi} , F_{pb} and F_{pa} as negligible in unexposed environment (for example, urban area).

If the equipment does not comply with the impulse resistibility requirements, additional surge protective devices should be installed at the points where the equipment is connected to the line in order to fulfil the required resistibility.

The risk of damage is estimated with the following equation:

$$R_p = F_p \times \delta$$

where δ is the relative amount of the expected loss of service per damage (see annex E) and F_p is the frequency of damage due to direct and indirect lightning to the telecommunication line and due to direct lightning to the exposed structure that the telecommunication line enters (see clause 6).

Le risque de dommages peut être subdivisé comme suit:

$R_{pi} = F_{pi} \times \delta_i$	risque de dommages dus à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication;
$R_{ps} = F_{ps} \times \delta_s$	risque de dommages dus à la foudre directe sur la structure dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication;
$R_{pd} = F_{pb} \times \delta_b + F_{pa} \times \delta_a$	risque de dommages dus à la foudre directe sur la ligne de télécommunication.

où

F_{pi} et δ_i	sont la fréquence de dommages et la quantité relative de perte de service supposée dus à la foudre indirecte sur la ligne de télécommunication
F_{ps} et δ_s	sont la fréquence de dommages et la quantité relative de perte de service supposée dus à la foudre directe sur la structure exposée, dans laquelle pénètre la ligne de télécommunication;
F_{pb} et δ_b	sont la fréquence de dommages et la quantité relative de perte de service supposée dus à la foudre directe sur la ligne de télécommunication enterrée;
F_{pa} et δ_a	sont la fréquence de dommages et la quantité relative de perte de service supposée dus à la foudre directe sur la ligne de télécommunication aérienne.

La présente annexe définit une valeur maximale du risque tolérable de dommages ($R_a = 10^{-3}$) et requiert que des mesures de protection soient prises si les deux équations suivantes ne sont pas respectées:

$$R_{pi} + R_{ps} \leq 10^{-3}$$

$$R_{pd} + R_{ps} \leq 10^{-3}$$

Le choix des mesures de protection appropriées est guidé par la vérification des équations suivantes:

$R_{pi} \leq 10^{-3}$	Si cette équation n'est pas respectée, des dispositions de protection contre les influences indirectes doivent être prises (voir 7.2).
$R_{ps} \leq 10^{-3}$	Si cette équation n'est pas respectée, des mesures de protection contre les foudres directe là où les lignes de télécommunication pénètrent dans la structure doivent être prises (voir 7.3).
$R_{pd} \leq 10^{-3}$	Si cette équation n'est pas respectée, des mesures de protection contre les foudres directes sur la ligne de télécommunication doivent être prises (voir 7.4).

La quantité relative de pertes attendues pour un dommage δ doit être donnée par l'opérateur du réseau ou par le propriétaire de l'installation. Si cette évaluation ne peut être faite, des valeurs représentatives de δ sont proposées dans l'annexe E.

L'utilisation de diverses mesures de protection réduit la fréquence de dommages d'un facteur de protection K_p :

$$F'_p = F_p \times K_p$$

dont les valeurs sont données dans la présente norme.

Le choix des diverses mesures de protection possibles est donné à l'utilisateur de la présente norme en prenant aussi en compte les aspects techniques et économiques.

The risk of damage comprises the following three elements:

$R_{pi} = F_{pi} \times \delta_i$ risk of damage due to indirect lightning to the telecommunication line;

$R_{ps} = F_{ps} \times \delta_s$ risk of damage due to direct lightning to the structure where the telecommunication line enters;

$R_{pd} = F_{pb} \times \delta_b + F_{pa} \times \delta_a$ risk of damage due to direct lightning to the telecommunication line.

where

F_{pi} and δ_i are the frequency of damage and the relative amount of the expected loss of service per damage due to indirect lightning to the telecommunication line;

F_{ps} and δ_s are the frequency of damage and the relative amount of the expected loss of service per damage due to direct lightning to the exposed structure that the telecommunication line enters;

F_{pb} and δ_b are the frequency of damage and the relative amount of the expected loss of service per damage due to direct lightning to the buried telecommunication line;

F_{pa} and δ_a are the frequency of damage and the relative amount of the expected loss of service per damage due to direct lightning to the aerial telecommunication line.

This annex defines a maximum value of tolerable risk of damage ($R_a = 10^{-3}$) and requires that protective measures are installed when the following two equations are not fulfilled:

$$R_{pi} + R_{ps} \leq 10^{-3}$$

$$R_{pd} + R_{ps} \leq 10^{-3}$$

In order to select suitable protective measure, the following equations could be checked:

$R_{pi} \leq 10^{-3}$ If this equation is not fulfilled, then protective measures against indirect influences shall be used (see 7.2).

$R_{ps} \leq 10^{-3}$ If this equation is not fulfilled, then protective measures against direct lightning to the structure, where the telecommunication line enters, shall be used (see 7.3).

$R_{pd} \leq 10^{-3}$ If this equation is not fulfilled, then protective measures against direct lightning to the telecommunication line shall be used (see 7.4).

The relative amount of expected loss of service per damage δ shall be evaluated by the network operator or the owner of the installation. If this evaluation cannot be carried out, representative values of δ are suggested in annex E.

The use of different protective measures reduces the frequency of damage by the protection factor K_p :

$$F'_p = F_p \times K_p$$

whose values are given in this standard.

The choice of different and possible protective measures is given to the users of this standard who should also take into account technical and economical aspects.

La procédure à suivre pour estimer le besoin de protection contre la foudre d'une ligne de télécommunication ou de signaux utilisant des conducteurs métalliques est illustrée dans la figure A.1.

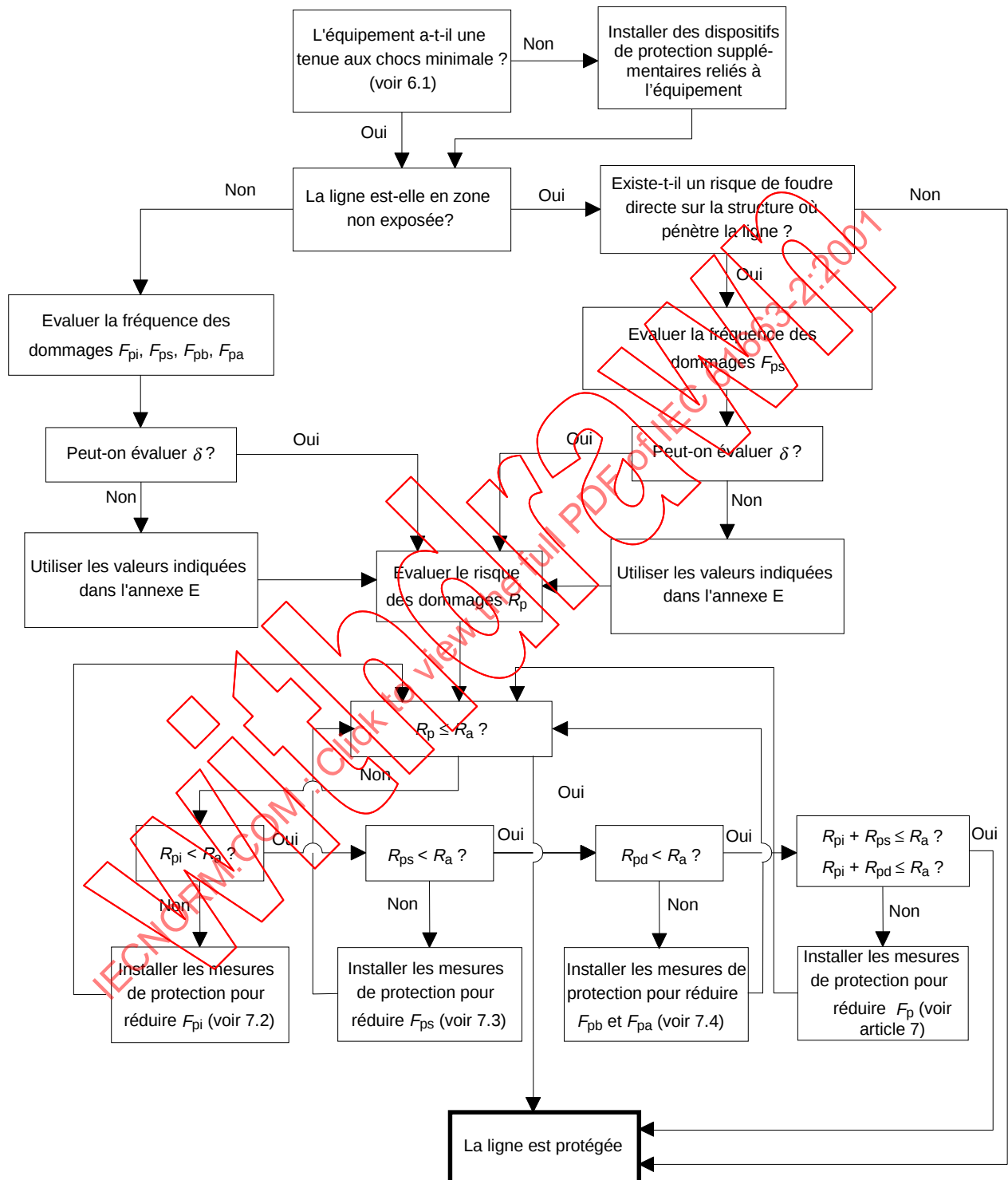


Figure A.1 – Procédure d'évaluation de la nécessité de protection contre la foudre des lignes de télécommunication et de signaux utilisant des conducteurs métalliques

The procedure to be followed in order to evaluate the protection need against lightning of a telecommunication or signal line using metallic conductors is illustrated in the flow chart shown in figure A.1.

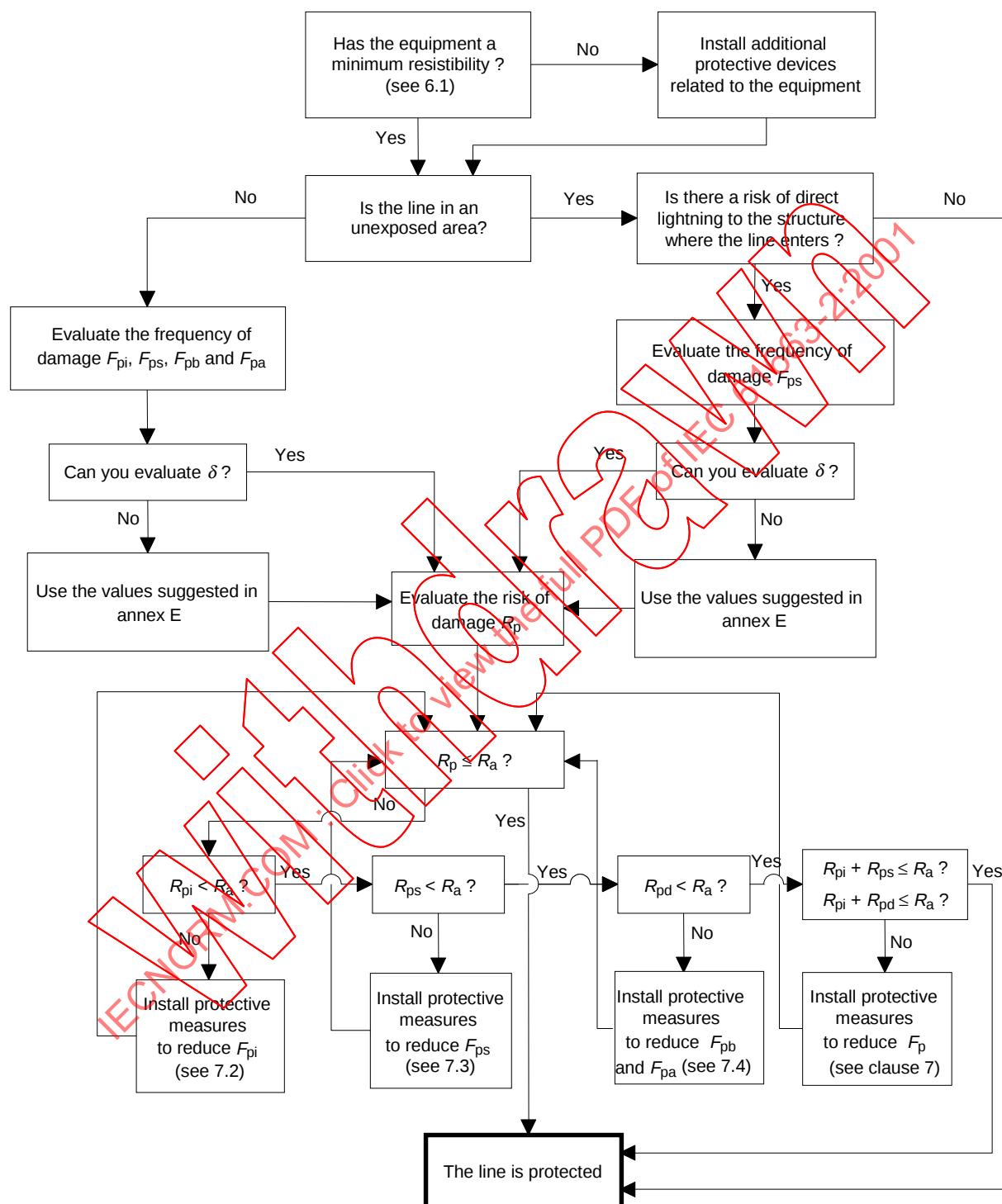


Figure A.1 – Procedure for evaluating the protection needs against lightning of telecommunication or signal lines using metallic conductors

Annexe B (normative)

Valeur de la résistance d'écran relié à la terre sur le parcours de la ligne de télécommunications

L'installation de parafoudres entre des conducteurs et l'écran du câble sur le parcours d'une ligne de télécommunications entraîne l'écoulement de surintensités dues à la foudre, et par suite, une chute de tension dans l'écran du câble. Cette surintensité est égale à

$$n \times I_i \quad (\text{B.1})$$

où

n est le nombre de conducteurs protégés par des parafoudres installés dans un point de transition, avec une valeur maximale de 50;

I_i est la valeur de la surintensité induite dans chaque conducteur de la ligne de télécommunications, sa valeur est supposée égale à 4 A (σ de probabilité) selon le tableau D.3.

Ce courant s'écoule dans la prise de terre du commutateur T_E à travers la résistance c.c. R_t (voir figure B.1):

$$R_t = R_e + \sum R_i \times L_i \quad (\text{B.2})$$

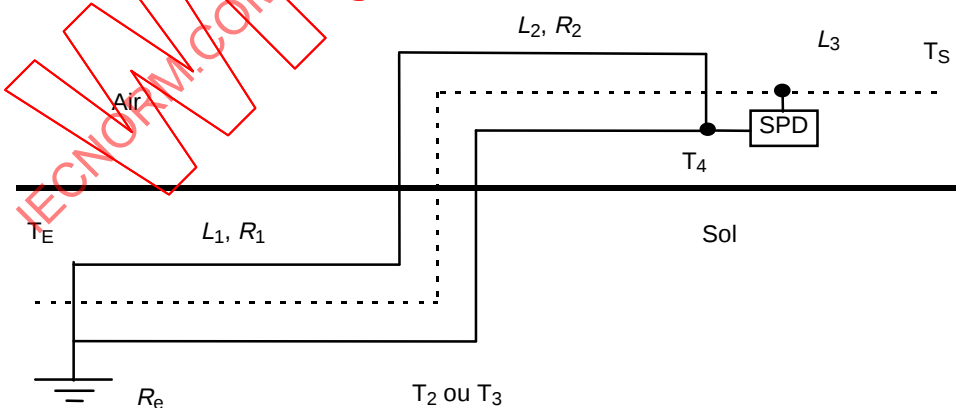
où

R_e est la valeur de la résistance de la prise de terre du commutateur T_E ;

R_i est la valeur de la résistance c.c. de l'écran par unité de longueur de la section i en parallèle avec la résistance longitudinale c.c. des paires fournies par les parafoudres aux deux extrémités de la section;

L_i est la longueur de la section i de la ligne;

i est le nombre de sections de ligne entre le commutateur T_E et l'emplacement des parafoudres.



IEC 170/01

Figure B.1 – Parafoudre SPD installé au point T_4

Annex B (normative)

Resistance value of the cable shield connection to earth along the telecommunication line

The installation of SPDs between conductors and cable shield along the telecommunication line causes the flow of lightning overcurrents and, consequently, a drop in voltage in the cable shield. This overcurrent is equal to

$$n \times I_i \quad (\text{B.1})$$

where

n is the number of conductors protected with SPDs installed in one transition point, with a maximum value of 50;

I_i is the overcurrent induced in each conductor of the telecommunication line; its value is assumed to be equal to 4 A (σ of probability) according to table D.3.

This overcurrent flows towards the switch T_E earthing system through a d.c. resistance R_t (see figure B.1)

$$R_t = R_e + \sum R_i \times L_i \quad (\text{B.2})$$

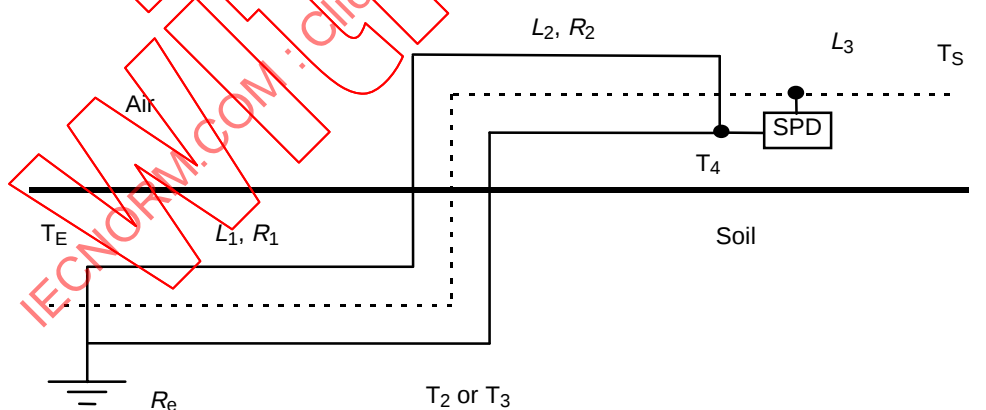
where

R_e is the resistance value of the earthing system seen from the telecommunication switch T_E ;

R_i is the d.c. shield resistance value per unit length of the line section i in parallel with the longitudinal d.c. resistance of the pairs provided with SPDs at both ends of the section;

L_i is the length of the line section i ;

i is the number of line sections between the switch T_E and the installation point of SPDs.



IEC 170/01

Figure B.1 – SPDs installed in point T_4

Cette surintensité peut être supérieure au courant de claquage de la gaine I_s

$$n \times I_i > I_s \quad (\text{B.3})$$

avec I_s donné à l'annexe C.

Dans ce cas ($n \times I_i > I_s$), il est nécessaire de relier l'écran à la terre pour réduire l'écoulement du courant dans l'écran à une valeur inférieure ou égale au courant de claquage de la gaine.

La valeur de la résistance de liaison à la terre R_g peut être calculée par l'équation suivante:

$$R_g = R_t \times I_s / (n \times I_i - I_s) \quad (n \times I_i > I_s) \quad (\text{B.4})$$

Si une section de ligne présente un écran double de résistance c.c. par unité de longueur R_{ai} comme écran complémentaire, il est nécessaire de remplacer

- dans l'équation (B.2), R_i par $R_i \times R_{ai} / (R_i + R_{ai})$;
- dans l'équation (B.4), I_s par $I_s \times R_{ai} / (R_i + R_{ai})$.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61663-2:2001
 Withdrawing

This overcurrent can be higher than the breakdown sheath current I_s

$$n \times I_i > I_s \quad (\text{B.3})$$

with I_s given by annex C.

In this case ($n \times I_i > I_s$), it is necessary to connect the shield to earth in order to reduce the current flowing into the shield to a value equal to or lower than the breakdown sheath current.

The resistance value R_g of this connection to earth can be estimated with the following equation:

$$R_g = R_t \times I_s / (n \times I_i - I_s) \quad (n \times I_i > I_s) \quad (\text{B.4})$$

If a line section has a double shield with a d.c. resistance value per unit length R_{ai} of the additional shield, it is necessary to substitute

- in equation (B.2), the resistance R_i with $R_i \times R_{ai} / (R_i + R_{ai})$;
- in equation (B.4), I_s with $I_s \times R_{ai} / (R_i + R_{ai})$.

Annexe C (normative)

Evaluation du courant de foudre I frappant la structure et entraînant des dommages à la ligne de télécommunications pénétrant dans cette structure

Le courant de foudre frappant la structure I et entraînant des dommages à la ligne de télécommunications qui pénètre dans cette structure peut être calculé avec les hypothèses suivantes:

- 50 % du courant s'écoule dans la prise de terre de la structure;
- les 50 % restants se partagent entre les n services qui pénètrent dans la structure;
- dans la ligne de télécommunication, le courant s'écoule totalement dans l'écran si le câble est écrané ou se partage entre les m conducteurs d'un câble sans écran.

La méthode d'évaluation du courant de foudre I est la suivante:

a) ligne non écranée

- calculer le courant dans un conducteur I_c entraînant des dommages pour le câble, par l'équation suivante:

$$I_c = 8 \times S_c \quad (\text{kA}) \quad (\text{C.1})$$

où S_c est la section du conducteur en millimètres carrés (mm^2).

- en utilisant la valeur de I_c , I devient:

$$I = 2 \times n \times m \times I_c = 16 \times n \times m \times S_c \quad (\text{kA}) \quad (\text{C.2})$$

- en variante, on peut utiliser la tension de claquage U_b (supposée égale à 15 kV). Le courant de foudre I est alors estimé par l'équation suivante:

$$I = 2 \times n \times m \times U_b / (R_c \times l_c) \quad (\text{C.3})$$

où

R_c est la résistance par unité de longueur en ohms par kilomètre (Ω/km); et

l_c est la longueur du conducteur en kilomètres (km).

b) ligne de télécommunication sans parafoudre entre les conducteurs et l'écran

- calculer le courant de claquage de la gaine I_s :

$$I_s = U_b \times 10^6 / R_i \times l \quad (\text{A}) \quad (\text{C.4})$$

où

U_b est la tension de claquage en kilovolts (kV) (respectivement 1,5 kV ou 5 kV pour des conducteurs isolés au papier ou au plastique);

R_i est la résistance par unité de longueur de l'écran du câble en ohm·mètres (Ω/km);

l est la longueur du câble en mètres (m). Sa valeur est la suivante:

$l = 8 \sqrt{\rho}$ si l'écran est en contact permanent avec le sol de résistivité ρ en ohm mètres ($\Omega \cdot \text{m}$);

l est la distance entre la structure et le point de mise à la terre le plus proche de l'écran.

- en utilisant cette valeur de I_s , le courant de foudre I est calculé avec l'équation suivante:

$$I = 2 \times n \times I_s = 2 \times n \times U_b \times 10^6 / (R_i \times l) \quad (\text{A}) \quad (\text{C.5})$$

Annex C (normative)

Evaluation of the lightning current I striking the structure which causes damage to the telecommunication line entering the structure

The direct lightning current I to the structure causing damage to the telecommunication line entering the structure is evaluated under the following hypothesis:

- 50 % of the lightning current flows into the earthing system of the structure,
- the remaining 50 % of the current is shared between the n services entering the structure;
- the whole current in the telecommunication line flows into the sheath of a shielded cable or is shared between the m conductors of the unshielded line.

The procedure to evaluate the lightning current value I is as follows:

a) unshielded telecommunication line

- calculate the current entering the conductor I_c , which causes damage to the cable, using the following equation:

$$I_c = 8 \times S_c \quad (\text{kA}) \quad (\text{C.1})$$

where S_c is the cross-section area of the conductor in square millimetres (mm²)

- using this I_c value, the lightning current I is estimated as follows:

$$I = 2 \times n \times m \times I_c = 16 \times n \times m \times S_c \quad (\text{kA}) \quad (\text{C.2})$$

- alternatively, using the breakdown voltage U_b value (assumed equal to 15 kV), the lightning current I is estimated as follows:

$$I = 2 \times n \times m \times U_b / (R_c \times l_c) \quad (\text{C.3})$$

where

R_c is the resistance per unit length in ohms per kilometre (Ω/km); and

l_c is the length of the conductor in kilometres (km);

b) shielded telecommunication line without SPDs between conductors and shield

- calculate the breakdown sheath current I_s as follows:

$$I_s = U_b \times 10^6 / R_i \times l \quad (\text{A}) \quad (\text{C.4})$$

where

U_b is the breakdown voltage in kilovolts (kV) (equal to 1,5 kV or 5 kV for paper- or plastic-insulated conductors respectively);

R_i is the resistance per unit length of the cable sheath in ohms per kilometre (Ω/km);

l is the length of the cable in metres (m). Its value is the following:

$l = 8 \sqrt{\rho}$ for the shield in contact with the soil having a resistivity of ρ in ohm metres ($\Omega \cdot \text{m}$);

l is the distance between the structure and the closest earthing point of the shield.

- using this I_s value, the lightning current I is estimated as follows:

$$I = 2 \times n \times I_s = 2 \times n \times U_b \times 10^6 / (R_i \times l) \quad (\text{A}) \quad (\text{C.5})$$

c) ligne de télécommunication munie d'un écran, avec parafoudre entre les conducteurs et l'écran

- calculer le courant de claquage de la gaine I_s avec l'équation (C.4)
- calculer le courant total I_f de l'écran et des m conducteurs

$$I_f = I_s \times (R_i + R_c / m) / (R_c / m) \quad (C.6)$$

- calculer le courant dans le conducteur I_c entraînant des dommages au câble, avec l'équation (C.1)
- calculer le courant total I'_f de l'écran et des m conducteurs

$$I'_f = m \times I_c \times (R_i + R_c / m) / R_i \quad (C.7)$$

- si I_f est inférieur à I'_f , en utilisant la valeur de I_f , le courant de foudre I est évalué avec l'équation suivante:

$$I = 2 \times n \times I_f \quad (C.8)$$

- si I'_f est inférieur à I_f , en utilisant la valeur de I'_f , le courant de foudre I est évalué avec l'équation suivante:

$$I = 2 \times n \times I'_f \quad (C.9)$$

c) shielded telecommunication line with SPDs between conductors and shield

- calculate the breakdown sheath current I_s using equation (C.4)
- calculate the total current I_f entering the shield and the m conductors

$$I_f = I_s \times (R_i + R_c / m) / (R_c / m) \quad (\text{C.6})$$

- calculate the current entering the conductor I_c , which causes damage to the cable, with equation (C.1)
- calculate the total current I'_f entering the shield and the m conductors

$$I'_f = m \times I_c \times (R_i + R_c / m) / R_i \quad (\text{C.7})$$

- if I_f is lower than I'_f , using this I_f value, the lightning current I is estimated with the following equation:

$$I = 2 \times n \times I_f \quad (\text{C.8})$$

- if I'_f is lower than I_f , using this I'_f value, the lightning current I is estimated with the following equation:

$$I = 2 \times n \times I'_f \quad (\text{C.9})$$

Annexe D (informative)

Surtensions, surintensités et fréquence des dommages F_p sur une ligne de télécommunication

Les surtensions et surintensités induites par la foudre sur les lignes de télécommunication sont caractérisées par cinq paramètres (valeur crête, pente de la courbe, temps de montée, temps jusqu'à mi-valeur et énergie spécifique) distribués statistiquement. Des informations relatives à ces paramètres sont données dans le chapitre 9 du Manuel sur la foudre de l'UIT.

A partir de cette référence, la fréquence des dommages dus à la foudre indirecte sur une ligne de télécommunication, en zone rurale, peut être estimée avec l'équation suivante:

$$F_{pi} = a \times T_d \times L_c \times \sqrt{\rho} \times V_p^{-1,8} \quad (D.1)$$

où

T_d est le nombre de jours d'orage par an;

L_c est la longueur conventionnelle totale de la ligne de télécommunication;

ρ est la résistivité du sol;

V_p représente la valeur de la tension impulsionnelle à laquelle l'équipement peut résister ou qui provoque le claquage de l'isolation du câble;

a est une constante dont la valeur est donnée dans le tableau D.1.

Tableau D.1 – Valeurs de la constante a (voir le Manuel sur la foudre de l'UIT, chapitre 10)

Emplacement	Constante	Valeur maximale	Valeur moyenne	Valeur minimale
Commutateur	a_e	2,87	1,94	0,70
Extrémité de réseau	a_s	4,06	3,11	2,41

Alors, l'équation (D.1) devient:

$$F_{piTE} = W_e \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTE} \quad \text{pour l'extrémité du commutateur} \quad (D.2)$$

$$F_{piTS} = W_s \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS} \quad \text{pour l'extrémité du réseau} \quad (D.3)$$

avec

$$W_e = a_e \times (V_p = 1\,000)^{-1,8} \quad (D.4)$$

$$W_s = a_s \times (V_p = 1\,500)^{-1,8} \quad (D.5)$$

ainsi

$$W_{emin} = 2,8 \times 10^{-6} \quad W_{emean} = 7,7 \times 10^{-6} \quad W_{emax} = 11,4 \times 10^{-6} \quad (D.6)$$

$$W_{smin} = 4,6 \times 10^{-6} \quad W_{smean} = 6 \times 10^{-6} \quad W_{smax} = 7,8 \times 10^{-6} \quad (D.7)$$

La fréquence minimale des dommages peut être calculée avec l'équation suivante:

$$F_{piTX} = b \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTX} \quad (D.8)$$

avec la valeur de la constante b donnée par le tableau D.2.

L'objectif de cette annexe est d'évaluer la fréquence des dommages comme contrainte minimale, pour cela les valeurs de la constante b sont données dans le tableau D.2.

Annex D (informative)

Overvoltages, overcurrents and frequency of damage F_p on a telecommunication line

The overvoltages and overcurrents induced by lightning in telecommunication lines are characterized by five parameters (peak value, steepness, front time, time to half-value and specific energy) statistically distributed. Information concerning these parameters is reported in the ITU Lightning Handbook, chapter 9.

On the basis of this reference, the frequency of damage due to indirect lightning to telecommunication lines in rural areas can be estimated using the following equation:

$$F_{pi} = a \times T_d \times L_c \times \sqrt{\rho} \times V_p^{-1,8} \quad (D.1)$$

where

T_d is the number of thunderstorm days per year;

L_c is the total conventional length of the telecommunication line;

ρ is the soil resistivity;

V_p is the value of the impulse resistibility voltage of an equipment or of the impulse breakdown voltage of the cable insulation;

a is a constant whose values are given in table D.1.

Table D.1 – Value of constant a (see ITU Lightning Handbook, Chapter 10)

Location	Constant	Maximum value	Mean value	Minimum value
Switch	a_e	2,87	1,94	0,70
Network termination	a_s	4,06	3,11	2,41

Then equation (D.1) becomes:

$$F_{piTE} = W_e \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTE} \quad \text{for switch end} \quad (D.2)$$

$$F_{piTS} = W_s \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS} \quad \text{for network termination end} \quad (D.3)$$

where

$$W_e = a_e \times (V_p = 1\,000)^{-1,8} \quad (D.4)$$

$$W_s = a_s \times (V_p = 1\,500)^{-1,8} \quad (D.5)$$

then

$$W_{emin} = 2,8 \times 10^{-6} \quad W_{emean} = 7,7 \times 10^{-6} \quad W_{emax} = 11,4 \times 10^{-6} \quad (D.6)$$

$$W_{smin} = 4,6 \times 10^{-6} \quad W_{smean} = 6 \times 10^{-6} \quad W_{smax} = 7,8 \times 10^{-6} \quad (D.7)$$

Then the minimum frequency of damage can be evaluated with the following equation:

$$F_{piTX} = b \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTX} \quad (D.8)$$

where the values of constant b are given in table D.2.

The object of this annex is the evaluation of the frequency of damage as a minimum requirement, therefore the values of the constant b are given in table D.2.

Tableau D.2 – Valeurs de la constante b de l'équation (D.8)

Ligne de télécommunication	Entre commutateur et abonné			Entre bâtiments
Point	T_E	T_1, T_2, T_M et T_S	T_3 et T_4 (Note 1)	T_S (Note 2)
Constante b	$2,8 \times 10^{-6}$	$4,6 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-7}$	$9,6 \times 10^{-6}$
NOTE 1 Le câble avec conducteurs isolés au plastique est supposé tenir une tension crête de $V_0 = 5\,000\text{ V}$, si l'équipement de l'abonné peut supporter une tension crête de $V_0 = 1\,500\text{ V}$. Ainsi, en utilisant l'équation (D.1): $F_{piT_X}(V_p = 5\,000) / F_{piT_X}(V_p = 1\,500) \cong 0,115$. NOTE 2 Il faut que l'équipement installé en extrémité d'abonné supporte une tension crête de $V_0 = 1\,500\text{ V}$ alors que l'équipement relié à la ligne de télécommunications entre des bâtiments est supposé supporter une tension crête de $V_0 = 1\,000\text{ V}$. Ainsi, en utilisant l'équation (D.1): $F_{piT_X}(V_p = 5\,000) / F_{piT_X}(V_p = 1\,500) \cong 2,07$.				

Pour évaluer la valeur crête du courant s'écoulant dans les conducteurs de la ligne de télécommunications, une équation log-normale peut être utilisée (voir le Manuel sur la foudre de l'UIT, chapitre 10).

Dans le tableau D.3, les valeurs crêtes de courant sont relatives aux probabilités de σ (84 %), 2σ (97,7 %) et 3σ (99,8 %).

Tableau D.3 – Valeurs crêtes des courants induits par la foudre

Emplacement	Pays	Courant crête A σ	Courant crête A 2σ	Courant crête A 3σ
Commutateur	Italie	4,3	8,2	15,4
	USA	3,15	10,3	34
	Japon	3,94	12	36,3
Abonné	Italie	4,9	8,6	15,2
	USA	2,3	6,6	19
	Japon	3,5	10,5	31
	Moyenne	$\cong 4$	$\cong 8$	$\cong 20$

Document de référence:

UIT Manuel sur la foudre: *Protection des lignes de télécommunication et des équipements contre les décharges de foudre*, UIT, 1974, 1978 et 1995

Table D.2 – Values of constant b of equation (D.8)

Telecommunication line	Between switch and network termination			Between buildings
	T_E	T_1, T_2, T_M and T_S	T_3 and T_4 (NOTE 1)	T_S (NOTE 2)
Constant b	$2,8 \times 10^{-6}$	$4,6 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-7}$	$9,6 \times 10^{-6}$
NOTE 1 The cable with plastic-insulated conductors is assumed to withstand a peak voltage of $V_0 = 5\,000\text{ V}$, if the terminal equipment can withstand a peak voltage of $V_0 = 1\,500\text{ V}$. Therefore, using equation (D.1), $F_{\text{piT}_X}(V_p = 5\,000) / F_{\text{piT}_X}(V_p = 1\,500) \cong 0,115.$ NOTE 2 The equipment installed at the customer's premises must be able to withstand a peak voltage of $V_0 = 1\,500\text{ V}$, whereas equipment connected to telecommunication lines between buildings is assumed to withstand a peak voltage of $V_0 = 1\,000\text{ V}$. Therefore, using equation (D.1), $F_{\text{piT}_X}(V_p = 5\,000) / F_{\text{piT}_X}(V_p = 1\,500) \cong 2,07.$				

To estimate the peak value of the current flowing into the conductor along the telecommunication line, a log-normal equation (see ITU Lightning Handbook, Chapter 10) can be used.

In table D.3, the current peak values related to the σ (84 %), 2σ (97,7 %) and 3σ (99,8 %) probabilities are reported.

Table D.3 – Peak values of the lightning induced currents

Location	Country	Peak current	Peak current	Peak current
		σ	2σ	3σ
Switch	Italy	4,3	8,2	15,4
	USA	3,15	10,3	34
	Japan	3,94	12	36,3
Network termination	Italy	4,9	8,6	15,2
	USA	2,3	6,6	19
	Japan	3,5	10,5	31
	Average	$\cong 4$	$\cong 8$	$\cong 20$

Reference document:

ITU Lightning Handbook: *The protection of telecommunication lines and equipment against lightning discharges*, ITU, 1974, 1978 and 1995

Annexe E (informative)

Quantité relative de pertes présumées par dommage δ

La quantité relative de pertes présumées par dommage peut être estimée par l'équation suivante

$$\delta = t' / 8\,760 \quad (\text{E.1})$$

où

t' est la durée, en heures (h), de la perte de service par dommage, et

8 760 est le nombre d'heures en un an.

En considérant les influences directes et indirectes, le temps moyen de réparation des dommages est supposé être:

$$t'_{iTE} = t'_{iT_M} = 9 \text{ h}$$

$$t'_{T_1} = t'_{iT_2} = t'_{iT_3} = 24 \text{ h}$$

$$t'_{iT_4} = t'_a = 18 \text{ h}$$

$$t'_{iT_S} = 6 \text{ h}$$

$$t'_b = t'_s = 27 \text{ h}$$

Les pertes présumées par dommage δ deviennent:

$$\delta_{iTE} = \delta_{iT_M} = 1,0 \times 10^{-3} \quad (\text{E.2})$$

quantité relative de pertes présumées par dommage aux points de transition T_E (commutateur) et T_M (matériel sur la ligne);

$$\delta_{T_1} = \delta_{iT_2} = \delta_{iT_3} = 2,7 \times 10^{-3} \quad (\text{E.3})$$

quantité relative de pertes présumées par dommage au point de transition T_1 , T_2 ou T_3 ;

$$\delta_{iT_4} = \delta_a = 2,1 \times 10^{-3} \quad (\text{E.4})$$

quantité relative de pertes présumées par dommage au point de transition T_4 ou par foudre directe sur la ligne aérienne;

$$\delta_{iT_S} = 6,8 \times 10^{-4} \quad (\text{E.5})$$

quantité relative de pertes présumées par dommage au point de transition T_S (abonné);

$$\delta_b = \delta_s = 3,1 \times 10^{-3} \quad (\text{E.6})$$

quantité relative de pertes présumées par dommage dû à la foudre directe sur une ligne enterrée ou sur la structure dans laquelle la ligne pénètre.

Annex E (informative)

Relative amount of expected losses per damage δ

The relative amount of expected losses per damage can be estimated with the following equation:

$$\delta = t' / 8\,760 \quad (\text{E.1})$$

where

t' is the time, in hours (h), of service loss per damage of the considered customer;
8 760 is the number of hours in a year.

Considering the direct and indirect influences, the time to repair the damage in the transition point can be assumed as:

$$t'_{iTE} = t'_{iT_M} = 9 \text{ h}$$

$$t'_{iT_1} = t'_{iT_2} = t'_{iT_3} = 24 \text{ h}$$

$$t'_{iT_4} = t'_a = 18 \text{ h}$$

$$t'_{iT_S} = 6 \text{ h}$$

$$t'_b = t'_s = 27 \text{ h}$$

The expected losses per damage δ become:

$$\delta_{iTE} = \delta_{iT_M} = 1,0 \times 10^{-3} \quad (\text{E.2})$$

relative amount of the expected losses per damage in the transition points T_E (switch) and T_M (equipment along the line);

$$\delta_{iT_1} = \delta_{iT_2} = \delta_{iT_3} = 2,7 \times 10^{-3} \quad (\text{E.3})$$

relative amount of the expected losses per damage in the transition points T_1 or T_2 or T_3 ;

$$\delta_{iT_4} = \delta_a = 2,1 \times 10^{-3} \quad (\text{E.4})$$

relative amount of the expected losses per damage in the transition point T_4 or due to direct lightning to the aerial line;

$$\delta_{iT_S} = 6,8 \times 10^{-4} \quad (\text{E.5})$$

relative amount of the expected losses per damage in the transition point T_S (customer's premises);

$$\delta_b = \delta_s = 3,1 \times 10^{-3} \quad (\text{E.6})$$

relative amount of the expected losses per damage due to direct lightning to buried line or to the structure where the telecommunication line enters.

Annexe F (informative)

Application des prescriptions de protection: exemples

F.1 Ligne de télécommunication en environnement non exposé

Soit une ligne de télécommunication totalement située en environnement non exposé (par exemple, une zone urbaine) ($K_e = 0$; $L_c = 0$) et non exposée à la foudre directe

$$F_{pi} = 0;$$

$$F_{pb} = 0;$$

$$F_{pa} = 0;$$

ainsi, aucune mesure de protection n'est requise contre les influences directes et indirectes quel que soit le type de ligne (aérienne ou enterrée) ou le type de câble (avec ou sans écran, isolé au papier ou au plastique).

En environnement non exposé, il est seulement nécessaire de considérer le cas d'une ligne de télécommunication pénétrant dans une structure exposée.

F.2 Ligne de télécommunication en environnement exposé

F.2.1 Ligne de télécommunication entre les bâtiments du commutateur et de l'abonné

F.2.1.1 Section(s) avec câble(s) écranté(s) enterré(s)

La ligne de télécommunication est installée en environnement exposé (par exemple, une zone rurale, $K_e = 1$) et est constituée d'une section enterrée. Le câble est écranté et son blindage a une résistance c.c. de 5 Ω /km. A partir des tableaux 1 et 2, $K_{i1} = 0,5$ et $K_{s1} = 0,1$.

La ligne ne pénètre pas dans une structure exposée: $F_{ps} = 0$

Dans ce cas:

$$F_{piTE} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTE} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (1 \times 0,5 \times 0,1 \times L)$$

$$F_{piTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (1 \times 0,5 \times 0,1 \times L)$$

En supposant que les pertes par dommage δ aient les valeurs données dans l'annexe E, des mesures de protection ne sont pas nécessaires si:

$$L_{cTE} = 0,05 \times L \leq 3,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cTS} = 0,5 \times L \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

Le tableau F.1 indique les valeurs maximales de la longueur conventionnelle des points de transition.

Annex F (informative)

Application of protection need requirements: examples

F.1 Telecommunication line in an unexposed environment

If a telecommunication line is completely located in an unexposed environment (for example, an urban area) ($K_e = 0$; $L_c = 0$) and is not exposed to direct lightning to the lines

$$F_{pi} = 0$$

$$F_{pb} = 0$$

$$F_{pa} = 0$$

then no protective measures against direct and indirect influences are required independently of the line type (aerial or buried line) and of the cable type (unshielded or shielded cable, paper- or plastic-insulated conductors).

In an unexposed environment, it is only necessary to evaluate the need for protection if the telecommunication line enters an exposed structure.

F.2 Telecommunication line in an exposed environment

F.2.1 Telecommunication line between switch and network termination

F.2.1.1 Line section(s) with buried shielded cable(s)

The telecommunication line is installed in an exposed environment (for example, rural area, $K_e = 1$), and is composed of one section which is buried. The cable is shielded and the shield has a d.c. resistance of 5 Ω /km. From tables 1 and 2, $K_{11} = 0,5$ and $K_{s1} = 0,1$.

The line does not enter an exposed structure: $F_{ps} = 0$

In this case:

$$F_{piTE} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTE} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (1 \times 0,5 \times 0,1 \times L)$$

$$F_{piTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (1 \times 0,5 \times 0,1 \times L)$$

Assuming for the expected losses per damage δ the values suggested in annex E, protective measures are not required if

$$L_{cTE} = 0,05 \times L \leq 3,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cTS} = 0,5 \times L \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

Table F.1 shows the maximum values of the conventional transition point lengths.

Tableau F.1 – Valeurs maximales des longueurs conventionnelles des points de transition évaluées à partir des équations (22) et (28): ligne écrantée enterrée

$T_d \times \sqrt{\rho}$	$L_{cTS} = 0,05 \times L$	$L_{cTE} = 0,05 \times L$
200	1 598	1 786
400	799	893
800	400	446

En supposant la longueur de la ligne: $L = 7$ km

alors les longueurs conventionnelles des points de transition sont les suivantes:

$$L_{cTE} = L_{cTS} = 350 \text{ m}$$

Ainsi, si le produit $T_d \times \sqrt{\rho}$ est égal à 800 (par exemple, $T_d = 40$ et $\rho = 400 \Omega \cdot \text{m}$), la fréquence des dommages est inférieure à la valeur tolérable aux points de transition T_E et T_S .

Des mesures de protection de la ligne contre la foudre indirecte ne doivent pas être prises.

La ligne ne pénètre pas dans une structure exposée. $F_{ps} = 0$

$$F_{pb} = K_e \times K_d \times N_g \times 2 \text{ DL} \times 10^{-6} = 1 \times 1 \times 4 \times 2 \text{ DL} \times 10^{-6}$$

$$D = 0,191 \times (\sqrt{\rho} - 10) + 4,82 = 0,191 \times (20 - 10) + 4,82 = 6,7 \text{ m}$$

$$F_{pb} = 1 = 1 \times 1 \times 4 \times 2 \times 6,7 \times 7 \times 10^{-3} = 0,38$$

$$3 \times F_{pb} = 3 \times 0,38 = 1,14 > 1$$

Des mesures de protection de la ligne contre la foudre directe doivent être prises, par exemple, utilisation d'un conducteur écranté qui a un facteur de protection $K_p = 0,6$ (voir tableau 3).

Ainsi le risque des dommages, en utilisant l'équation (11), est:

$$R_p = (0,68 \times F_{pTS} \times K_p \times 3 \times F_{pb}) \times 10^{-3} = (0,68 \times 1,2 \times 0,6 \times 3 \times 0,38) \times 10^{-3} = (0,8 + 0,68) \times 10^{-3} > 1,0 \times 10^{-3}$$

La protection de la ligne n'est donc pas réalisée. En installant des parafoudres aux points de transition T_E et T_S , la protection de la ligne est réalisée.

Table F.1 – Maximum values of the conventional transition point lengths using equations (22) and (28): buried shielded line

$T_d \times \sqrt{\rho}$	$L_{cT_S} = 0,05 \times L$	$L_{cT_E} = 0,05 \times L$
200	1 598	1 786
400	799	893
800	400	446

Assuming the following lengths of the line: $L = 7$ km

then the conventional transition point length has the following values:

$$L_{cT_E} = L_{cT_S} = 350 \text{ m}$$

Therefore, if the product $T_d \times \sqrt{\rho}$ is equal to 800 (for example, $T_d = 40$ and $\rho = 400 \Omega \cdot \text{m}$), the frequency of damage is lower than the tolerable value in the transition points T_E and T_S .

Protective measures against indirect lightning shall not be taken.

The line does not enter an exposed structure: $F_{ps} = 0$

$$F_{pb} = K_e \times K_d \times N_g \times 2 \text{ DL} \times 10^{-6} = 1 \times 1 \times 4 \times 2 \text{ DL} \times 10^{-6}$$

$$D = 0,191 \times (\sqrt{\rho} - 10) + 4,82 = 0,191 \times (20 - 10) + 4,82 = 6,7 \text{ m}$$

$$F_{pb} = 1 = 1 \times 1 \times 4 \times 2 \times 6,7 \times 7 \times 10^{-3} = 0,38$$

$$3 \times F_{pb} = 3 \times 0,38 = 1,14 > 1$$

Then protective measures against direct lightning to the line is necessary, for example, a shield wire which as a protective factor $K_p = 0,6$ (see table 3).

Therefore, the risk of damage, using equation (11), is:

$$R_p = (0,68 \times F_{piT_S} \times K_p \times 3 \times F_{pb}) \times 10^{-3} = (0,68 \times 1,2 \times 0,6 \times 3 \times 0,38) \times 10^{-3} = (0,8 + 0,68) \times 10^{-3} > 1,0 \times 10^{-3}$$

Therefore, the protection of the telecommunication line is not achieved. Installing SPDs in the transition points T_E and T_S , the line protection is achieved.

F.2.1.2 Sections avec câble enterré écranté et câbles aériens avec et sans écran

La ligne de télécommunication se compose de quatre sections (voir figure F.1) et la zone est caractérisée par T_d et ρ comme valeurs moyennes:

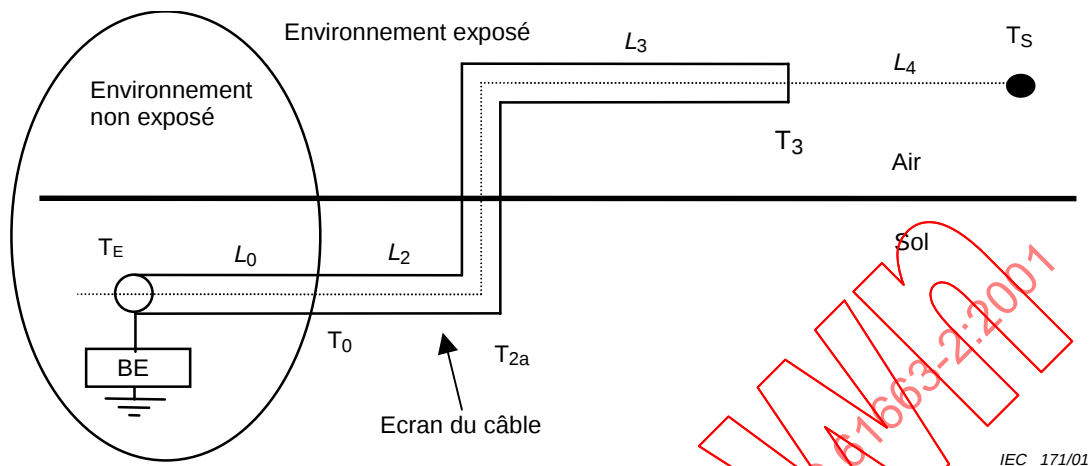


Figure F.1 – Ligne de télécommunication en zone exposée et non exposée – Sections avec câble écranté enterré, câble écranté et non écranté aérien

- la première section est installée en zone non exposée ($K_e = 0$, par exemple, zone urbaine) avec câble écranté enterré de 400 paires, conducteurs isolés au papier ou en plastique et résistance d'écran c.c. de 5 Ω/km

$$L_{c1} = 0$$

- la deuxième section est installée en zone non exposée ($K_e = 1$, par exemple, zone rurale), avec le même câble que dans la section 1 ($K_{i2} = 0,5$, $K_{s2} = 0,1$)

$$L_{c2} = 0,5 \times L_2 \quad \text{pour des points de transition sans écran (par exemple: } T_S)$$

$$L_{c2} = 1 \times 0,5 \times 0,1 \times L_2 \quad \text{pour des points de transition écrantés (par exemple: } T_E)$$

- la troisième section est installée en environnement exposé ($K_e = 1$), avec câble écranté aérien de 100 paires et résistance d'écran c.c. de 5 Ω/km ($K_{i3} = 1$, $K_{s3} = 0,1$)

$$L_{c3} = L_3 \quad \text{pour des points de transition sans écran (par exemple: } T_S)$$

$$L_{c3} = 1 \times 1 \times 0,1 \times L_3 \quad \text{pour des points de transition écrantés (par exemple: } T_E)$$

- la quatrième section est installée en environnement exposé ($K_e = 1$) avec câble aérien sans écran de 20 paires ($K_{i4} = 1$, $K_{s4} = 1$)

$$L_{c4} = 1 \times 1 \times 1 \times L_4$$

Donc

- a) au point T_E

$$F_{piT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4)$$

- b) au point T_{2a}

$$F_{piT_{2a+}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{2a+}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3)$$

$$F_{piT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4)$$

- c) au point T_3

$$F_{piT_{3+}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{3+}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4)$$

$$F_{piT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times (0,1 \times L_3 + L_4)$$

F.2.1.2 Line sections with buried, shielded cable and aerial shielded and unshielded cables

The telecommunication line is composed of four line sections (see figure F.1) and the area where the line is installed is characterized by T_d and ρ as average values:

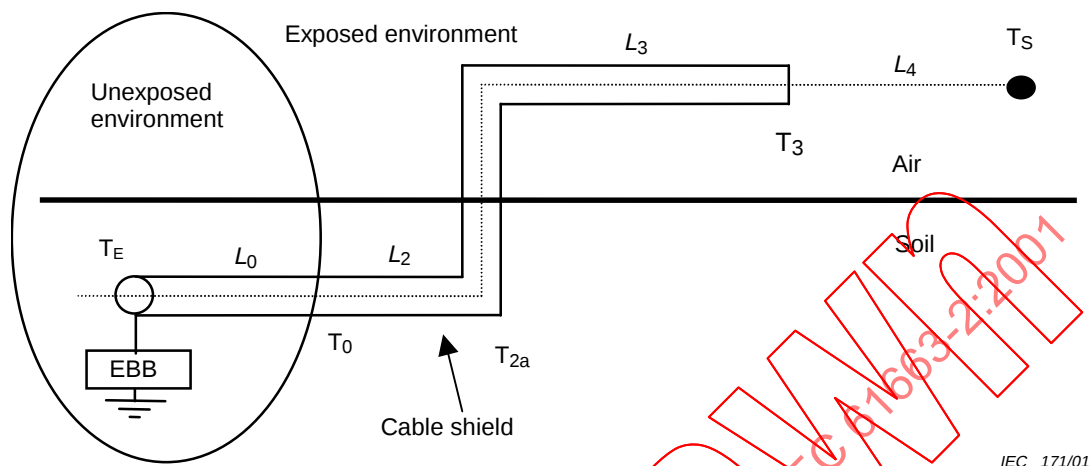


Figure F.1 – Telecommunication line in an exposed and unexposed environment – Sections with buried shielded cable, shielded and unshielded aerial cable

- the first section is installed in an unexposed environment ($K_e = 0$, for example, urban area) with 400 pairs of buried shielded cable with paper- or plastic-insulated conductors and a d.c. resistance of the shield equal to $5 \Omega/\text{km}$

$$L_{c1} = 0$$

- the second section is installed in an exposed environment (for example, rural area, $K_e = 1$), with the same cable as used in section 1 ($K_{i2} = 0,5$, $K_{s2} = 0,1$)

$$L_{c2} = 0,5 \times L_2 \quad \text{for an unshielded transition point (for example: } T_S)$$

$$L_{c2} = 1 \times 0,5 \times 0,1 \times L_2 \quad \text{for a shielded transition point (for example: } T_E)$$

- the third section is installed in an exposed environment ($K_e = 1$), with 100 pairs of aerial shielded cable and a d.c. resistance of the shield equal to $5 \Omega/\text{km}$ ($K_{i3} = 1$, $K_{s3} = 0,1$)

$$L_{c3} = L_3 \quad \text{for an unshielded transition point (for example: } T_S)$$

$$L_{c3} = 1 \times 1 \times 0,1 \times L_3 \quad \text{for a shielded transition point (for example: } T_E)$$

- the fourth section is installed in an exposed environment ($K_e = 1$) with 20 pairs of aerial unshielded cable ($K_{i4} = 1$, $K_{s4} = 1$)

$$L_{c4} = 1 \times 1 \times 1 \times L_4$$

Therefore

a) point T_E

$$F_{piT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_E} = 2,8 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4)$$

b) point T_{2a}

$$F_{piT_{2a+}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{2a+}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3)$$

$$F_{piT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{2a}} = 4,6 \times 10^{-6} \times (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4)$$

c) point T_3

$$F_{piT_{3+}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_{3+}} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4)$$

$$F_{piT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{cT_3} = 5,3 \times 10^{-7} \times (0,1 \times L_3 + L_4)$$

d) au point T_S

$$F_{piTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{CS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4)$$

NOTE 1 Au point T_S et aux points T_{3+} , le câble est non écranté, il est donc nécessaire de considérer comme non écrantés les autres sections L_2 et L_3 ($K_{S2} = K_{S3} = 1$). De plus, l'installation de parafoudres sur la ligne n'a pas d'effet sur l'évaluation de la longueur conventionnelle du point de transition.

En supposant que les pertes par dommage δ aient les valeurs données dans l'annexe E, des mesures de protection ne sont pas nécessaires si:

$$L_{cTE} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4) \leq 3,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{2a+}} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3) \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{2a}} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4) / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{3+}} = (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4) \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_3} = (0,1 \times L_3 + L_4) \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cTS} = (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4) \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

Tableau F.2 – Valeurs maximales des longueurs conventionnelles des points de transition de la figure F.1

$T_d \times \sqrt{\rho}$	$L_{cTE} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cT_{2a}} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cT_{2a+}} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3$ m	$L_{cT_{3+}} =$ $0,5 \times L_2 + L_3 + L_4$ $L_{cT_3} = 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cTS} =$ $0,5 \times L_2 + L_3 + L_4$ m
140	2 570	560	4 790	6 710	2360
170	2 120	460	3 940	5 530	1 940
200	1 800	390	3 350	4 790	1 650
280	1 285	280	2 390	3 360	1 180
400	900	200	1 680	2 350	825
800	450	100	840	1 175	410

Le tableau F.2 indique les valeurs maximales de la longueur conventionnelle des points de transition.

En supposant les longueurs de sections suivantes:

$$L_0 = 0,5 \text{ km} \quad L_1 = 3 \text{ km} \quad L_2 = 2 \text{ km} \quad L_3 = 2 \text{ km} \quad L_4 = 0,5 \text{ km}$$

les longueurs conventionnelles des points de transition sont les suivantes:

$$L_{cTE} = L_{cT_{2a}} = 150 \text{ m} + 200 \text{ m} + 500 \text{ m} = 850 \text{ m}$$

$$L_{cT_{2a+}} = 150 \text{ m} + 300 \text{ m} = 450 \text{ m}$$

$$L_{cT_3} = 200 + 500 \text{ m} = 700 \text{ m}$$

$$L_{cT_{3+}} = 1 500 \text{ m} + 2 000 \text{ m} + 500 \text{ m} = 4 000 \text{ m}$$

$$L_{cTS} = 1 500 \text{ m} + 2 000 \text{ m} + 500 \text{ m} = 4 000 \text{ m}$$

Ainsi, si le produit $T_d \times \sqrt{\rho}$ est égal à 280 (par exemple, $T_d = 20$ et $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$), la fréquence des dommages est supérieure à la valeur tolérable aux points de transition T_2 (T_{2a}), T_3 (T_{3+}) et T_S .

d) point T_S

$$F_{piTS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times L_{CS} = 4,6 \times 10^{-6} \times T_d \times \sqrt{\rho} \times (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4)$$

NOTE 1 In point T_S and in points T_{3+} , the cable is unshielded, so it is also necessary to consider as unshielded the other two line sections L_2 and L_3 ($K_{s2} = K_{s3} = 1$). Moreover, the installation of SPDs along the line has no effect on the conventional transition point length evaluation.

Assuming for the expected losses per damage δ the values suggested in annex E, protective measures are not required if

$$L_{cTE} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4) \leq 3,6 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{2a+}} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3) \leq 7,8 \times 10^4 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{2a}} = (0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4) / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_{3+}} = (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4) \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cT_3} = (0,1 \times L_3 + L_4) \leq 9,4 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

$$L_{cTS} = (0,5 \times L_2 + L_3 + L_4) \leq 3,3 \times 10^5 / (T_d \times \sqrt{\rho})$$

Table F.2 – Maximum values of the conventional length of the transition points shown in figure F.1

$T_d \times \sqrt{\rho}$	$L_{cTE} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cT_{2a}} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cT_{2a+}} =$ $0,05 \times L_2 + 0,1 \times L_3$ m	$L_{cT_{3+}} =$ $0,5 \times L_2 + L_3 + L_4$ $L_{cT_3} = 0,1 \times L_3 + L_4$ m	$L_{cTS} =$ $0,5 \times L_2 + L_3 + L_4$ m
140	2 570	560	4 790	6 710	2 360
170	2 120	460	3 940	5 530	1 940
200	1 800	390	3 350	4 790	1 650
280	1 285	280	2 390	3 360	1 180
400	900	200	1 680	2 350	825
800	450	100	840	1 175	410

Table F.2 shows the maximum values of the conventional transition point lengths.

Assuming the following lengths of the line sections:

$$L_0 = 0,5 \text{ km} \quad L_2 = 3 \text{ km} \quad L_3 = 2 \text{ km} \quad L_4 = 0,5 \text{ km}$$

then the conventional transition point length has the following values:

$$L_{cTE} = L_{cT_{2a}} = 150 \text{ m} + 200 \text{ m} + 500 \text{ m} = 850 \text{ m}$$

$$L_{cT_{2a+}} = 150 \text{ m} + 300 \text{ m} = 450 \text{ m}$$

$$L_{cT_3} = 200 + 500 \text{ m} = 700 \text{ m}$$

$$L_{cT_{3+}} = 1 500 \text{ m} + 2 000 \text{ m} + 500 \text{ m} = 4 000 \text{ m}$$

$$L_{cTS} = 1 500 \text{ m} + 2 000 \text{ m} + 500 \text{ m} = 4 000 \text{ m}$$

Therefore, if the product $T_d \times \sqrt{\rho}$ is equal to 280 (e.g. $T_d = 20$ and $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$), the frequency of damage is higher than the tolerable value in the transition points T_2 (T_{2a}), T_3 (T_{3+}) and T_S .