

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Low-voltage electrical installations –
Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and
electromagnetic disturbances**

**Installations électriques à basse tension –
Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les
perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



Low-voltage electrical installations –

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

Installations électriques à basse tension –

Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.100.10; 33.100.20; 91.140.50

ISBN 978-2-8322-2916-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Low-voltage electrical installations –
Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and
electromagnetic disturbances**

**Installations électriques à basse tension –
Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les
perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
440.1 Scope.....	8
440.2 Normative references.....	8
441 (Vacant).....	9
442 Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system	9
442.1 Field of application.....	9
442.1.1 General requirements.....	10
442.1.2 Symbols.....	10
442.2 Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault	11
442.2.1 Magnitude and duration of power-frequency fault voltage	12
442.2.2 Magnitude and duration of power-frequency stress voltages.....	13
442.2.3 Requirements for calculation of limits	14
442.3 Power-frequency stress voltage in case of loss of the neutral conductor in a TN and TT system	14
442.4 Power-frequency stress voltage in the event of an earth fault in an IT system with distributed neutral	14
442.5 Power-frequency stress voltage in the event of a short-circuit between a line conductor and the neutral conductor	15
443 Protection against transient overvoltages of atmospheric origin or due to switching.....	15
443.1 General	15
443.2 Classification of impulse withstand voltages (overvoltage categories)	15
443.2.1 Purpose of classification of impulse withstand voltages (overvoltage categories)	15
443.2 Void.....	16
443.3 Arrangements for overvoltage control	16
443.3.1 Inherent overvoltage control	16
443.3.2 Protective overvoltage control.....	16
443.3 Terms and definitions.....	16
443.4 Required impulse withstand voltage of equipment.....	17
443.4 Overvoltage control.....	17
443.5 Risk assessment method	17
443.6 Classification of rated impulse voltages (overvoltage categories).....	19
443.6.1 Purpose of classification of rated impulse voltages (overvoltage categories).....	19
443.2.2 Relationship between impulse withstand Rated impulse voltages of equipment and overvoltage categories	20
444 Measures against electromagnetic influences	23
444.1 General	23
444.2 (void).....	24
444.3 Definitions	24
444.4 Mitigation of electromagnetic interference (EMI)	25
444.4.1 Sources of EMI.....	25
444.4.2 Measures to reduce EMI.....	25
444.4.3 TN-system	27
444.4.4 TT system	31

444.4.5	IT system	32
444.4.6	Multiple-source supply.....	33
444.4.7	Transfer of supply	36
444.4.8	Services entering a building.....	38
444.4.9	Separate buildings.....	39
444.4.10	Inside buildings	39
444.4.11	Protective devices	41
444.4.12	Signal cables.....	41
444.5	Earthing and equipotential bonding.....	41
444.5.1	Interconnection of earth electrodes.....	41
444.5.2	Interconnection of incoming networks and earthing arrangements.....	42
444.5.3	Different structures for the network of equipotential conductors and earthing conductors.....	42
444.5.4	Equipotential bonding networks in buildings with several floors	44
444.5.5	Functional earthing conductor.....	45
444.5.6	Commercial or industrial buildings containing significant amounts of information technology equipment.....	46
444.5.7	Earthing arrangements and equipotential bonding of information technology installations for functional purposes	46
444.6	Segregation of circuits	47
444.6.1	General.....	47
444.6.2	Design guidelines	47
444.6.3	Installation guidelines	48
444.7	Cable management systems	49
444.7.1	General.....	49
444.7.2	Design guidelines	49
444.7.3	Installation guidelines	50
445	Protection against undervoltage	52
445.1	General requirements	52
Annex A (informative) Explanatory notes concerning 442.1 and 442.2.....		
Annex A (informative) Examples of calculated risk level CRL for the use of SPDs.....		55
Annex B (informative) Guidance for on overvoltage control by SPDs applied to overhead lines		57
Annex C (normative) Determination of the conventional length, d		
Annex C (informative) List of notes concerning certain countries.....		61
Bibliography		63

Figure 44.A1 – Representative schematic sketch for possible connections to earth in substation and LV-installation and occurring overvoltages in case of faults

11

Figure 44.A2 – Tolerable fault voltage due to an earth-fault in the HV system

13

Figure 443.1 – Illustration of an installation showing the lengths to consider

19

Figure 44.R1 – By-pass conductor for screen reinforcement to provide a common equipotential bonding system

26

Figure 44.R2 – Example of a substitute or by-pass equipotential bonding conductor in a TT-system.....

27

Figure 44.R3A – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using the TN-S system from the origin of the public supply up to and including the final circuit within a building

28

Figure 44.R3B – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using a TN-S system downstream of a consumer's private supply transformer	29
Figure 44.R4 – TN-C-S system within an existing building installation	30
Figure 44.R5 – TT system within a building installation	31
Figure 44.R6 – IT system within a building installation	32
Figure 44.R7A – TN multiple-source power supply with a non-suitable multiple connection between PEN and earth	33
Figure 44.R7B – TN multiple source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point	34
Figure 44.R8 – TT multiple-source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point	35
Figure 44.R9A – Three-phase alternative power supply with a 4-pole switch	36
Figure 44.R9B – Neutral current flow in a three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch	37
Figure 44.R9C – Single-phase alternative power supply with 2-pole switch.....	38
Figure 44.R10 – Armoured cables and metal pipes entering the buildings (examples)	39
Figure 44.R11 – Illustration of measures in an existing building	40
Figure 44.R12 – Interconnected earth electrodes	41
Figure 44.R13 – Examples of protective conductors in star network	42
Figure 44.R14 – Example of multiple meshed bonding star network	43
Figure 44.R15 – Example of a common meshed bonding star network	44
Figure 44.R16 – Example of equipotential bonding networks in structures without lightning protection systems	45
Figure 44.R17A – Separation between power and information technology cables for cable route lengths ≤ 35 m	48
Figure 44.R17B – Separation between power and information technology cables for cable route lengths > 35 m	48
Figure 44.R18 – Separation of cables in wiring systems.....	49
Figure 44.R19 – Cable arrangements in metal cable-trays	50
Figure 44.R20 – Continuity of metallic system components	51
Figure 44.R21 – Location of cables inside metallic construction elements	51
Figure 44.R22 – Connection of metallic sections.....	52
Figure 44.Q – Examples of how to apply d1, d2 and d3 for the determination of d	
Table 44.A1 – Power-frequency stress voltages and power-frequency fault voltage in low-voltage system.....	12
Table 44.A2 – Permissible power-frequency stress voltage	14
Table 443.1 – Calculation of f_{env}	18
Table 44.B 443.2 – Required rated impulse withstand voltage of equipment U_w	23
Table B.1 – Different possibilities for IT systems	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

FOREWORD

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

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60364-4-44 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2007-08) [documents 64/1600/FDIS and 64/1609/RVD] and its amendment 1 (2015-09) [documents 64/2032/FDIS and 64/2073/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60364-4-44 has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations and protection against electric shock.

The document 64/1600/FDIS, circulated to the National Committees as Amendment 3, led to the publication of the new edition.

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

A list of all the parts in the IEC 60364 series, under the general title *Low-voltage electrical installations*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex C lists all of the "in-some-country" clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigenda of May 2010 and October 2011 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Part 4-44 of IEC 60364 covers the protection of electrical installations and measures against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.

The requirements are arranged into four clauses as follows:

- | | |
|------------|---|
| Clause 442 | Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system |
| Clause 443 | Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching |
| Clause 444 | Measures against electromagnetic influences |
| Clause 445 | Protection against undervoltage |

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

440.1 Scope

The rules of this Part of IEC 60364 are intended to provide requirements for the safety of electrical installations in the event of voltage disturbances and electromagnetic disturbances generated for different specified reasons.

The rules of this part are not intended to apply to systems for distribution of energy to the public, or power generation and transmission for such systems (see the scope of IEC 60364-1) although such disturbances may be conducted into or between electrical installations via these supply systems.

440.2 Normative references

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

IEC 60038:1983 2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002

IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015

IEC 60364-5-54:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective bonding conductors*¹

IEC 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60664-1:2007, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-2-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments – Basic EMC publication*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

¹ A third edition is currently in preparation.

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 2-1: Particular requirements for tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications*

IEC 61558-2-4, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-4: Particular requirements for isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-15, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-15: Particular requirements for isolating transformers for the supply of medical locations*

IEC 61643 (all parts), *Low-voltage surge protective devices*

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 61643-22, *Low-voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

441 (Vacant)

442 Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system

442.1 Field of application

The rules of this clause provide requirements for the safety of low-voltage installation in the event of

- a fault between the high-voltage system and earth in the transformer substation that supplies the low-voltage installation,
- a loss of the supply neutral in the low-voltage system,

- a short-circuit between a line conductor and neutral,
- an accidental earthing of a line conductor of a low-voltage IT-system.

The requirements for the earthing arrangement at the transformer substation are given in IEC 61936-1.

442.1.1 General requirements

As Clause 442 covers faults between a high-voltage line and the earth in the HV/LV substation, it gives rules for the designer and installer of the substation. It is necessary to have the following information concerning the high-voltage system:

- quality of the system earthing;
- maximum level of earth fault current;
- resistance of the earthing arrangement.

The following subclauses consider four situations as proposed in 442.1, which generally cause the most severe temporary overvoltages such as defined in IEC 60050-604:

- fault between the high-voltage system(s) and earth (see 442.2);
- loss of the neutral in a low-voltage system (see 442.3);
- accidental earthing of a low-voltage IT system (see 442.4);
- short-circuit in the low-voltage installation (see 442.5).

442.1.2 Symbols

In Clause 442 the following symbols are used (see Figure 44.A1):

I_E	part of the earth fault current in the high-voltage system that flows through the earthing arrangement of the transformer substation.
R_E	resistance of the earthing arrangement of the transformer substation.
R_A	resistance of the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation.
R_B	resistance of the earthing arrangement of the low-voltage system neutral, for low-voltage systems in which the earthing arrangements of the transformer substation and of the low-voltage system neutral are electrically independent.
U_0	in TN- and TT-systems: nominal a.c. r.m.s. line voltage to earth in IT-systems: nominal a.c. voltage between line conductor and neutral conductor or mid point conductor, as appropriate
U_f	power-frequency fault voltage that appears in the low-voltage system between exposed-conductive-parts and earth for the duration of the fault.
U_1	power-frequency stress voltage between the line conductor and the exposed-conductive-parts of the low-voltage equipment of the transformer substation during the fault.
U_2	power-frequency stress voltage between the line conductor and the exposed-conductive-parts of the low-voltage equipment of the low-voltage installation during the fault.

NOTE 1 The power-frequency stress voltage (U_1 and U_2) is the voltage that appears across the insulation of low-voltage equipment and across surge protective devices connected to the low-voltage system.

The following additional symbols are used in respect of IT-systems in which the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation are connected to an earthing arrangement that is electrically independent of the earthing arrangement of the transformer substation.

I_h fault current that flows through the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation during a period when there is a high-voltage fault and a first fault in the low-voltage installation (see Table 44.A1).

I_d fault current, in accordance with 411.6.2, that flows through the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the low-voltage installation during the first fault in a low-voltage system (see Table 44.A1).

Z impedance (e.g. IMD internal impedance, artificial neutral impedance) between the low-voltage system and an earthing arrangement.

NOTE 2 An earthing arrangement may be considered electrically independent of another earthing arrangement if a rise of potential with respect to earth in one earthing arrangement does not cause an unacceptable rise of potential with respect to earth in the other earthing arrangement. See IEC 61936-1.

442.2 Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault

In case of a fault to earth on the HV-side of the substation, the following types of overvoltage may affect the LV-installation:

- power frequency fault-voltage (U_f);
- power frequency stress-voltages (U_1 and U_2).

Table 44.A1 provides the relevant methods of calculation for the different types of overvoltages.

NOTE 1 Table 44.A1 deals with IT systems with a neutral point only. For IT systems with no neutral point, the formulae should be adjusted accordingly.

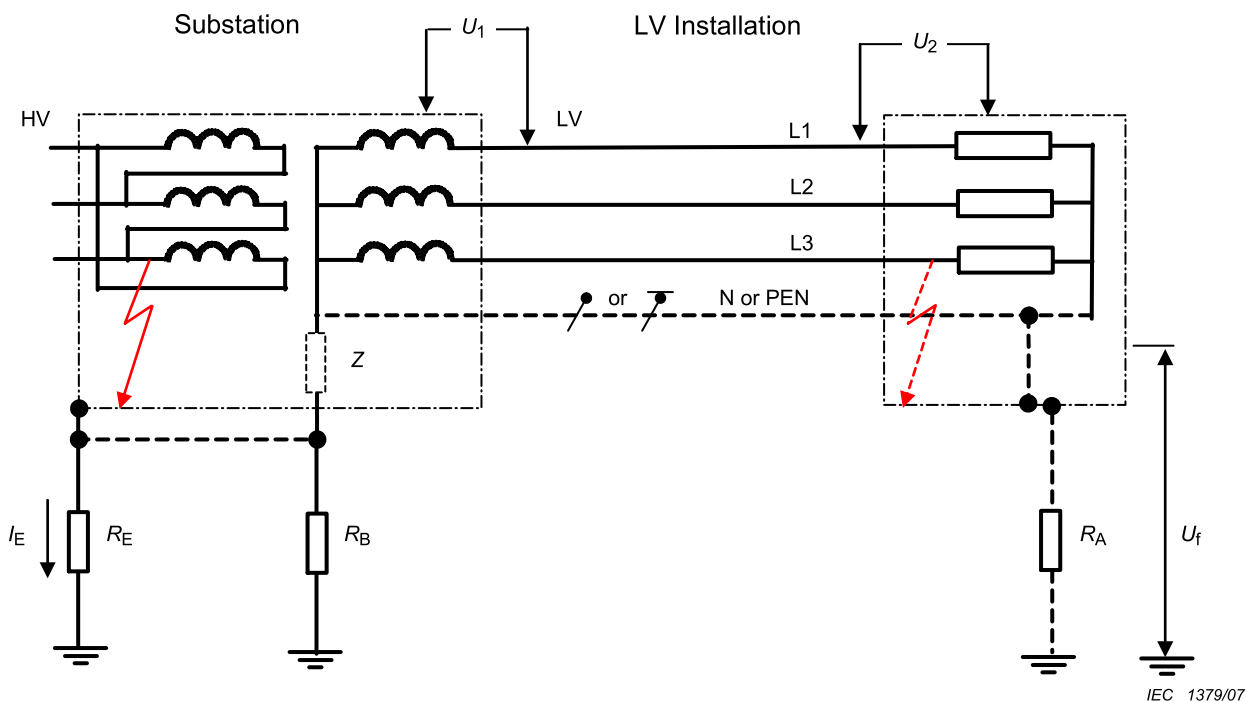


Figure 44.A1 – Representative schematic sketch for possible connections to earth in substation and LV-installation and occurring overvoltages in case of faults

Where high- and low-voltage earthing systems exist in proximity to each other, two practices are presently used:

- interconnection of all high-voltage (R_E) and low-voltage (R_B) earthing systems;
- separation of high-voltage (R_E) from low-voltage (R_B) earthing systems.

The general method used is interconnection. The high- and low-voltage earthing systems shall be interconnected if the low-voltage system is totally confined within the area covered by the high-voltage earthing system (see IEC 61936-1).

NOTE 2 Details of the different types of system earthing (TN, TT, IT) are shown in IEC 60364-1.

Table 44.A1 – Power-frequency stress voltages and power-frequency fault voltage in low-voltage system

Types of system earthing	Types of earth connections	U_1	U_2	U_f
TT	R_E and R_B connected	U_o *)	$R_E \times I_E + U_o$	0 *)
	R_E and R_B separated	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
TN	R_E and R_B connected	U_o *)	U_o *)	$R_E \times I_E$ **)
	R_E and R_B separated	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
IT	R_E and Z connected R_E and R_A separated	U_o *)	$R_E \times I_E + U_o$	0 *)
		$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E and Z connected R_E and R_A interconnected	U_o *)	U_o *)	$R_E \times I_E$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E and Z separated R_E and R_A separated	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
		$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$

*) No consideration needs to be given.

**) See 442.2.1 second paragraph.

With existing earth fault in the installation.

NOTE 3 The requirements for U_1 and U_2 are derived from design criteria for insulation of low-voltage equipment with regard to temporary power-frequency overvoltage (see also Table 44.A2).

NOTE 4 In a system whose neutral is connected to the earthing arrangement of the transformer substation, such temporary power-frequency overvoltage is also to be expected across insulation which is not in an earthed enclosure when the equipment is outside a building.

NOTE 5 In TT- and TN-systems the statement “connected” and “separated” refers to the electrical connection between R_E and R_B . For IT-systems it refers to the electrical connection between R_E and Z and the connection between R_E and R_A .

442.2.1 Magnitude and duration of power-frequency fault voltage

The magnitude and the duration of the fault voltage U_f (as calculated in Table 44.A1) which appears in the LV installation between exposed-conductive-parts and earth, shall not exceed the values given for U_f by the curve of Figure 44.A2 for the duration of the fault.

Normally, the PEN conductor of the low-voltage system is connected to earth at more than one point. In this case, the total resistance is reduced. For these multiple grounded PEN conductors, U_f can be calculated as:

$$U_f = 0,5 R_E \times I_E$$

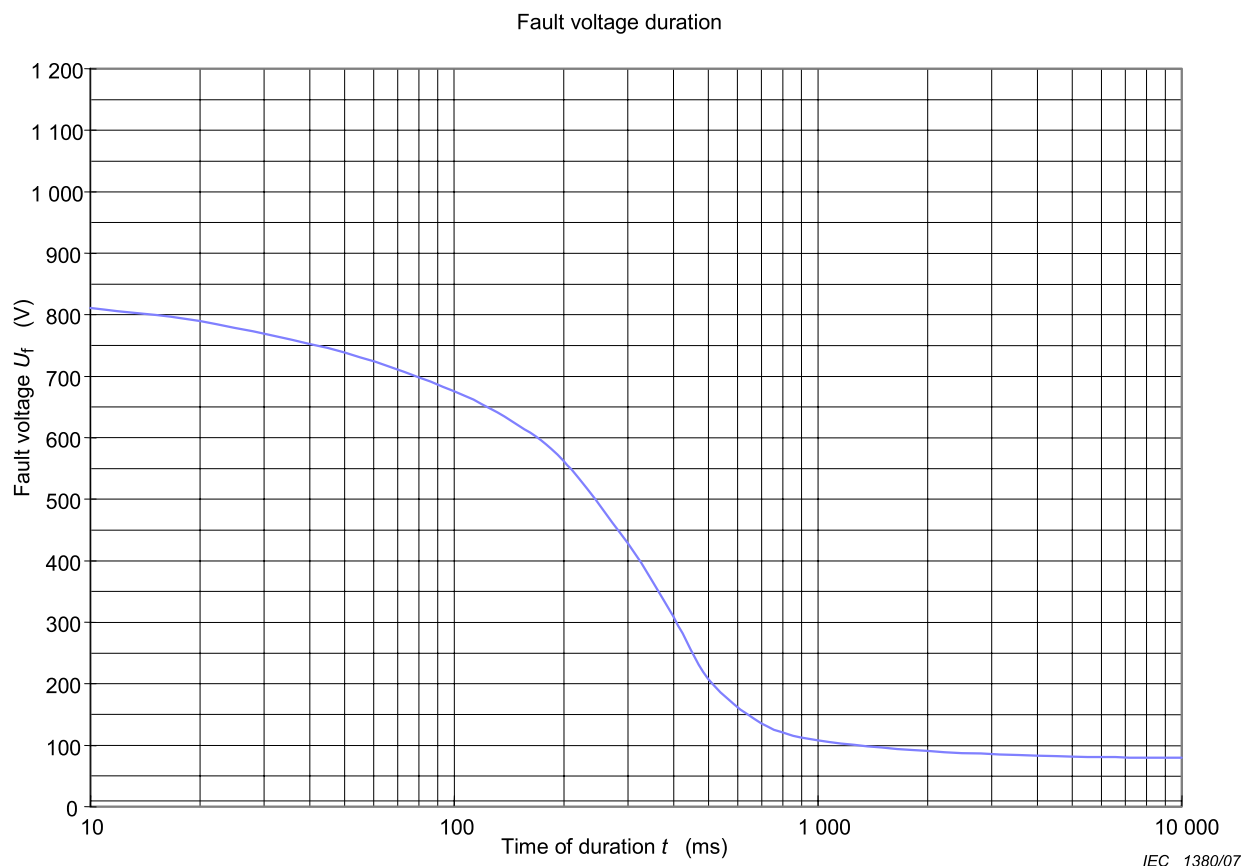


Figure 44.A2 – Tolerable fault voltage due to an earth-fault in the HV system

NOTE The curve shown in Figure 44.A2 is taken from IEC 61936-1. On the basis of probabilistic and statistical evidence this curve represents a low level of risk for the simple worst case where the low voltage system neutral conductor is earthed only at the transformer substation earthing arrangements. Guidance is provided in IEC 61936-1 concerning other situations.

442.2.2 Magnitude and duration of power-frequency stress voltages

The magnitude and the duration of the power-frequency stress voltage (U_1 and U_2) as calculated in Table 44.A1 of the low-voltage equipment in the low-voltage installation due to an earth fault in the high-voltage system shall not exceed the requirements given in Table 44.A2.

Table 44.A2 – Permissible power-frequency stress voltage

Duration of the earth fault in the high-voltage system t	Permissible power-frequency stress voltage on equipment in low-voltage installations U
>5 s	$U_o + 250$ V
≤ 5 s	$U_o + 1\,200$ V
In systems without a neutral conductor, U_o shall be the line-to-line voltage.	
NOTE 1 The first line of the table relates to high-voltage systems having long disconnection times, for example, isolated neutral and resonant earthed high-voltage systems. The second line relates to high-voltage systems having short disconnection times, for example low-impedance earthed high-voltage systems. Both lines together are relevant design criteria for insulation of low-voltage equipment with regard to temporary power frequency overvoltage, see IEC 60664-1. NOTE 2 In a system whose neutral is connected to the earthing arrangement of the transformer substation, such temporary power-frequency overvoltage is also to be expected across insulation which is not in an earthed enclosure when the equipment is outside a building.	

442.2.3 Requirements for calculation of limits

Where required by Table 44.A1, the permissible power-frequency stress voltage shall not exceed the value given in Table 44.A2.

Where required by Table 44.A1, the permissible power-frequency fault voltage shall not exceed the value given in Figure 44.A2.

The requirements of 442.2.1 and 442.2.2 are deemed to be fulfilled for installations receiving a supply at low-voltage from a public electricity distribution system.

To fulfil the above requirements, coordination between the HV-system operator and the LV-system installer is necessary. Compliance with the above requirements mainly falls into the responsibility of the substation installer/owner/operator who needs also to fulfil requirements provided by IEC 61936-1. Therefore the calculation for U_1 , U_2 and U_f is normally not necessary for the LV system installer.

Possible measures to fulfil the above requirements are e.g.

separation of earthing arrangement between HV and LV;

change of LV system earthing;

reduction of earth resistance R_E .

442.3 Power-frequency stress voltage in case of loss of the neutral conductor in a TN and TT system

Consideration shall be given to the fact that, if the neutral conductor in a multi-phase system is interrupted, basic, double and reinforced insulation as well as components rated for the voltage between line and neutral conductors can be temporarily stressed with the line-to-line voltage. The stress voltage can reach up to $U = \sqrt{3} U_o$.

442.4 Power-frequency stress voltage in the event of an earth fault in an IT system with distributed neutral

Consideration shall be given to the fact that, if a line conductor of an IT system is earthed accidentally, insulation or components rated for the voltage between line and neutral conductors can be temporarily stressed with the line-to-line voltage. The stress voltage can reach up to $U = \sqrt{3} U_o$.

442.5 Power-frequency stress voltage in the event of a short-circuit between a line conductor and the neutral conductor

Consideration shall be given to the fact that if a short-circuit occurs in the low-voltage installation between a phase conductor and the neutral conductor, the voltage between the other line conductors and the neutral conductor can reach the value of $1,45 \times U_0$ for a time up to 5 s.

443 Protection against transient overvoltages of atmospheric origin or due to switching

443.1 General

Clause 443 ~~deals with~~ specifies requirements for protection of electrical installations against transient overvoltages of atmospheric origin transmitted by the supply distribution system including direct strikes to the supply system and against switching overvoltages. Clause 443 does not specify requirements for protection against transient overvoltage due to direct or nearby lightning strokes on the structure.

NOTE 1 For risk management for protection against transient overvoltage due to direct or nearby lightning strokes on the structure, see IEC 62305-2.

In general, switching overvoltages ~~are~~ have lower amplitude than transient overvoltages of atmospheric origin and therefore the requirements regarding protection against transient overvoltages of atmospheric origin normally cover protection against switching overvoltages.

~~NOTE 1 Statistical evaluations of measurements have shown that there is a low risk of switching overvoltages higher than the level of overvoltage category II. See 443.2.~~

~~Consideration shall be given to the overvoltages which can appear at the origin of an installation, to the expected keraunic level and to the location and characteristics of surge protective devices, so that the probability of incidents due to overvoltage stresses is reduced to an acceptable level for the safety of persons and property, as well as for the continuity of service desired.~~

If no transient overvoltage protection against disturbances of atmospheric origin is installed, protection against switching overvoltages may need to be provided.

NOTE 2 Overvoltages due to switching can be longer in duration and can contain more energy than the transient overvoltages of atmospheric origin. See 443.4.

The ~~values~~ characteristics of transient overvoltages of atmospheric origin depend on factors such as:

- the nature of the supply distribution system (underground or overhead);
- ~~– and~~ the possible existence of ~~a~~ at least one surge protective device (SPD) upstream of the origin of the installation;
- ~~– and~~ the voltage level of the supply system.

~~This clause provides guidance where protection against overvoltages is covered by inherent control or assured by protective control. If the protection according to this clause is not provided, insulation co-ordination is not assured and the risk due to overvoltages shall be evaluated.~~

~~This clause does not apply in case of overvoltages due to direct or nearby lightning. For protection against transient overvoltages due to direct lightning, IEC 62305-1, IEC 62305-3,~~

~~IEC 62305-4 and the IEC 61643 series are applicable. This clause does not cover overvoltage through data transmission systems.~~

~~NOTE 2 3 As regards transient overvoltages of atmospheric origin, no distinction is made between earthed and unearthed systems.~~

~~NOTE 3 Switching overvoltages generated outside the installation and transmitted by the supply network are under consideration.~~

~~NOTE 4 The risk due to overvoltages is considered in IEC 61662 and its amendment 1.~~

Protection against transient overvoltages is provided by the installation of surge protective devices (SPDs).

Selection and installation of SPDs shall be in compliance with Clause 534 of IEC 60364-5-53:2001, IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002 and IEC 60364-5-53/AMD2:2015.

If there is a need for SPDs on the power supply lines, additional SPDs on other lines such as telecom lines are also recommended.

Requirements for protection against transient overvoltages transmitted by data transmission systems are not covered by Clause 443. See IEC 61643-22.

Clause 443 does not apply to installations where the consequences caused by overvoltages affect:

- a) structures with risk of explosion;
- b) structures where the damage may also involve the environment (e.g. chemical or radioactive emissions).

443.2 Void

443.3 Terms and definitions

443.3.1

urban environment

area with a high density of buildings or densely populated communities with tall buildings

Note 1 to entry: A town centre is an example of an urban environment.

443.3.2

suburban environment

area with a medium density of buildings

Note 1 to entry: Town outskirts are an example of a suburban environment.

443.3.3

rural environment

area with a low density of buildings

Note 1 to entry: The countryside is an example of a rural environment.

443.3.4

surge protective device

SPD

device that contains at least one non-linear component that is intended to limit surge voltages and divert surge currents

Note 1 to entry: An SPD is a complete assembly, having appropriate connecting means.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

443.3.5

calculated risk level

CRL

calculated value of risk used to evaluate the need for transient overvoltage protection

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

443.3.6

rated impulse voltage

U_W

impulse withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, Modified — symbol added]

443.4 Overvoltage control

Protection against transient overvoltage shall be provided where the consequence caused by overvoltage affects:

- a) human life, e.g. safety services, medical care facilities;
- b) public services and cultural heritage, e.g. loss of public services, IT centres, museums;
- c) commercial or industrial activity, e.g. hotels, banks, industries, commercial markets, farms.

For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage.

However the transient overvoltage protection is not required for single dwelling units where the total economic value of the electrical installation to be protected is less than 5 times the economic value of the SPD located at the origin of the installation.

NOTE 1 National Committees can modify the exception criteria related to single dwelling units or to not apply it.

Protection against switching overvoltages should be considered in the case of equipment likely to produce switching overvoltages or disturbances exceeding the values according to the overvoltage category of the installation e.g. where a LV generator supply the installation or where inductive or capacitive loads (e.g. motors, transformers, capacitor banks, etc.), storage units or high current loads are installed.

NOTE 2 Annex B provides guidance for overvoltage control where utility provided SPDs are installed on overhead lines.

For a low-voltage installation supplied from a high-voltage distribution network through a separate transformer (i.e. an industrial application), additional means for protection against overvoltages due to lightning should be installed on the high-voltage side of the transformer.

443.5 Risk assessment method

NOTE 1 For protection of a structure and its electrical systems against lightning and surges of atmospheric origin, IEC 62305 applies

Calculated risk level (CRL) is used to determine if protection against transient overvoltages of atmospheric origin is required. The CRL is found by the following formula

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g)$$

where

- f_{env} is an environmental factor and the value of f_{env} shall be calculated according to Table 443.1.

Table 443.1 – Calculation of f_{env}

Environment	f_{env}
Rural and suburban environment	$85 \times F$
Urban environment	$850 \times F$

The value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations. However, National Committees may adjust the value of coefficient F from 1 to 3 for dwellings.

- N_g is the lightning ground flash density (flash per km² per year) relevant to the location of the power line and connected structure;

NOTE 2 According to IEC 62305-2:2010, Clause A.1, 25 thunderstorm days per year are equivalent to a value of 2,5 flashes per km² per year. This is derived from the formula $N_g = 0,1 \times T_d$, where T_d is the number of thunderstorm days per year (keraunic level).

- the risk assessment length L_P is calculated as below:

$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable;

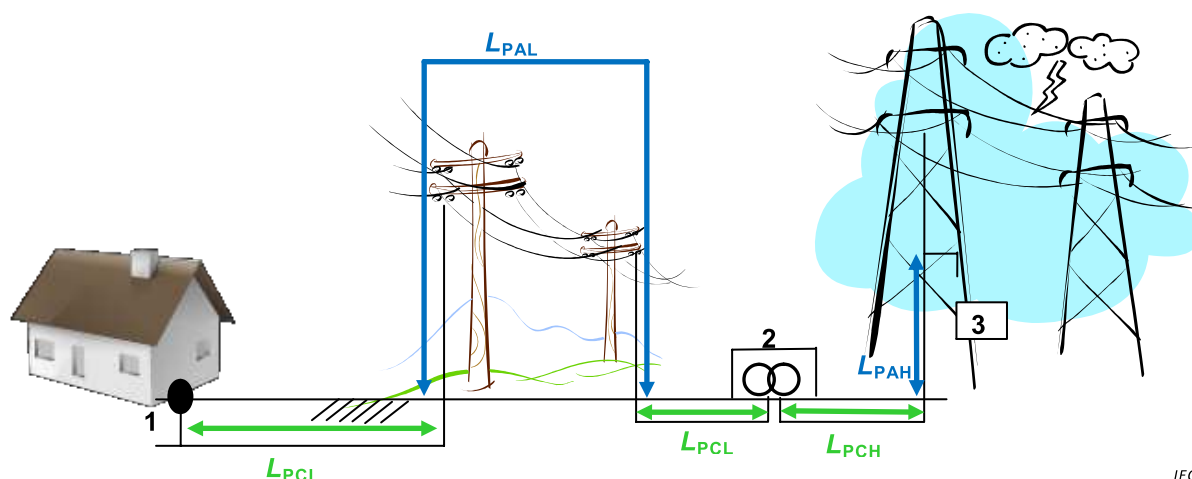
L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable.

The total length ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) is limited to 1 km or by the distance from the first overvoltage protective device installed in the power network to the entrance of the installation whichever is the smaller.

If the distribution networks lengths are totally or partially unknown then L_{PAL} shall be taken equal to the remaining distance to reach a total length of 1 km.

For example, if only the distance of underground cable is known (e.g. 100 m), then the L_{PAL} shall be taken equal to 90 m. An illustration of an installation showing the lengths to consider is given in Figure 443.1.



Key

- 1 origin of the installation
- 2 LV/HV transformer
- 3 surge arrester (overvoltage protective device)

Figure 443.1 – Illustration of an installation showing the lengths to consider

If $CRL \geq 1\,000$, no protection against transient overvoltages of atmospheric origin is needed;

If $CRL < 1\,000$, protection against transient overvoltages of atmospheric origin is required.

NOTE 3 Examples of calculations of CRL are given in Annex A.

443.6 Classification of rated impulse voltages (overvoltage categories)

443.6.1 Purpose of classification of rated impulse voltages (overvoltage categories)

Clause 443.6 gives information on the overvoltage category of the equipment.

NOTE 1 Overvoltage categories are defined within electrical installations for the purpose of insulation coordination and a related classification of equipment with rated impulse voltages is provided (see IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015, Table 534.1).

The rated impulse voltage is used to classify equipment energized directly from the low-voltage electrical installation into overvoltage category.

Rated impulse voltages for equipment selected according to the nominal voltage are provided to distinguish different levels of availability of equipment with regard to continuity of service and an acceptable risk of failure.

Inherent overvoltage control based only on the impulse voltage withstand of the equipment in accordance with IEC 60664-1 might not be sufficient, because:

- transient overvoltages transmitted by the supply distribution system are not significantly attenuated downstream in most installations. Insulation coordination can be achieved in the whole installation, by transient overvoltage protection of the equipment corresponding to the classified rated impulse voltage, reducing the risk of failure to an acceptable level;
- in installations supplied by a completely buried low-voltage system not including overhead lines, surge currents and partial lightning currents are distributed via the underground cables;

- equipment is often connected to two different services, e.g. power line and data line. Field experience shows that much surge related damage is experienced on this kind of equipment.

It is necessary to consider the rated impulse voltage U_W (see IEC 60664-1) of the most sensitive equipment to be protected in the system or, in cases where a temporary loss of function of equipment is critical, the equipment level immunity (see IEC 61000-4-5).

~~443.2~~ **Classification of impulse withstand voltages (overvoltage categories)**

~~443.2.1~~ **Purpose of classification of impulse withstand voltages (overvoltage categories)**

~~NOTE 1~~ Overvoltage categories are defined within electrical installations for the purpose of insulation co-ordination and a related classification of equipment with impulse withstand voltages is provided, see Table 44B.

~~NOTE 2~~ The rated impulse withstand voltage is an impulse withstand voltage assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages (in accordance with 3.9.2 of IEC 60664-1).

~~The impulse withstand voltage (overvoltage category) is used to classify equipment energized directly from the mains.~~

~~Impulse withstand voltages for equipment selected according to the nominal voltage are provided to distinguish different levels of availability of equipment with regard to continuity of service and an acceptable risk of failure. By selection of equipment with a classified impulse withstand voltage, insulation co-ordination can be achieved in the whole installation, reducing the risk of failure to an acceptable level.~~

~~NOTE 3~~ Transient overvoltages transmitted by the supply distribution system are not significantly attenuated downstream in most installations.

~~443.26.2~~ **Relationship between impulse withstand Rated impulse voltages of equipment and overvoltage categories**

The following points shall be noted:

- a) Equipment with a **rated** impulse-~~withstand~~ voltage corresponding to overvoltage category IV is suitable for use at, or in the proximity of, the origin of the installation, for example upstream of the main distribution board. Equipment of category IV has a very high impulse withstand capability providing the required high degree of reliability, **and shall have a rated a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.**

NOTE 1 Examples of such equipment include electricity meters, primary overcurrent-~~protection~~ **protective** devices and ripple control units.

- b) Equipment with a **rated** impulse-~~withstand~~ voltage corresponding to overvoltage category III is **suitable** for use in the fixed installation downstream of and including the main distribution board, providing a high degree of availability, **and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.**

NOTE 2 Examples of such equipment include distribution boards, circuit-breakers, wiring systems (see IEC 60050-826:2004, 826-15-01), including cables, busbars, junction boxes, switches, socket-outlets) in the fixed installation, and equipment for industrial use and some other equipment, e.g. stationary motors with permanent connection to the fixed installation.

- c) Equipment with a **rated** impulse-~~withstand~~ voltage corresponding to overvoltage category II is suitable for connection to the fixed ~~electrical~~ installation, providing a ~~normal~~ degree of availability normally required for current-using equipment, **and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.**

NOTE 3 Examples of such equipment include household appliances and similar loads.

- d) Equipment with a **rated impulse withstand voltage** corresponding to overvoltage category I is only suitable for use in the fixed installation ~~of buildings where protective means are applied~~ SPDs are installed outside the equipment to limit transient overvoltages to the specified level, and shall have a **rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2**. Therefore, equipment with a **rated impulse withstand voltage** corresponding to overvoltage category I ~~shall not have direct connection to a public supply system~~ should preferably not be installed at or near the origin of installation.

NOTE 4 Examples of such equipment include those containing electronic circuits like computers, ~~appliances with electronic programmes~~ home electronics, etc.

443.3 Arrangements for overvoltage control

~~Overvoltage control is arranged in accordance with the following requirements.~~

443.3.1 Inherent overvoltage control

~~This subclause does not apply when a risk assessment according to 443.3.2.2 is used.~~

~~Where an installation is supplied by a completely buried low-voltage system and does not include overhead lines, the impulse withstand voltage of equipment in accordance with Table 44B is sufficient and no specific protection against overvoltages of atmospheric origin is necessary.~~

NOTE 1 A suspended cable having insulated conductors with earthed metallic screen is considered as equivalent to an underground cable.

~~Where an installation is supplied by or includes a low-voltage overhead line and the keraunic level is lower than or equal to 25 days per year (AQ 1), no specific protection against overvoltages of atmospheric origin is required.~~

NOTE 2 Irrespective of the AQ value, protection against overvoltages may be necessary in applications where a higher reliability or higher risks (e.g. fire) are expected.

~~In both cases, consideration regarding protection against transient overvoltages shall be given to equipment with an impulse withstand voltage according to overvoltage category I (see 443.2.2).~~

443.3.2 Protective overvoltage control

~~The decision as to which of the following methods are applied in a country with regard to the provision of surge protective devices (SPDs) is left to the national committee based on the local conditions.~~

~~In all cases, consideration regarding protection against transient overvoltages shall be given to equipment with an impulse withstand voltage according to overvoltage category I (see 443.2.2).~~

443.3.2.1 Protective overvoltage control based on conditions of external influences

~~Where an installation is supplied by, or includes, an overhead line, and the keraunic level of the location is greater than 25 days per year (AQ 2), protection against overvoltages of atmospheric origin is required. The protection level of the protective device shall not be higher than the level of overvoltage category II, given in Table 44B.~~

NOTE 1 The overvoltage level may be controlled by surge protective devices applied close to the origin of the installation, either in the overhead lines (see Annex B) or in the building installation.

NOTE 2 According to Clause A.1 of IEC 62305-3, 25 thunderstorm days per year are equivalent to a value of 2,5 flashes per km² per year. This is derived from the formula

$$N_{g-} = 0,1 \cdot T_d$$

where

N_g — is the frequency of flashes per km² per year;

T_d — is the number of thunderstorm days per year (keraunic level).

443.3.2.2 Protective overvoltage control based on risk assessment

~~NOTE 1 A method of general risk assessment is described in IEC 61662. As far as Clause 443 is concerned, an essential simplification of this method has been accepted. It is based on the critical length d_c of the incoming lines and the level of consequences as described below.~~

~~The following are different consequential levels of protection:~~

- ~~a) consequences related to human life, e.g. safety services, medical equipment in hospitals;~~
- ~~b) consequences related to public services, e.g. loss of public services, IT centres, museums;~~
- ~~c) consequences to commercial or industrial activity, e.g. hotels, banks, industries, commercial markets, farms;~~
- ~~d) consequences to groups of individuals, e.g. large residential buildings, churches, offices, schools;~~
- ~~e) consequences to individuals, e.g. residential buildings, small offices.~~

~~For levels of consequences a) to c), protection against overvoltage shall be provided.~~

~~NOTE 2 There is no need to perform a risk assessment calculation according to Annex C for levels of consequences a) to c) because this calculation always leads to the result that the protection is required.~~

~~For levels of consequences d) and e), requirement for protection depends on the result of a calculation. The calculation shall be carried out using the formula in Annex C for the determination of the length d , which is based on a convention and called conventional length.~~

~~Protection is required if:~~

$$d > d_c$$

~~where~~

~~d is the conventional length in km of the supply line of the considered structure with a maximum value of 1 km;~~

~~d_c is the critical length;~~

~~d_c in km, is equal to $\frac{1}{N_g}$ for level of consequences d) and equal to $\frac{2}{N_g}$ for level of consequences e) where N_g is the frequency of flashes per km² per year.~~

~~If this calculation indicates that an SPD is required, the protection level of these protective devices shall not be higher than the level of overvoltage category II, given in Table 44B.~~

443.4 Required impulse withstand voltage of equipment

~~Equipment shall be selected so that its rated impulse withstand voltage is not less than the required impulse withstand voltage as specified in Table 44B. It is the responsibility of each product committee to require the rated impulse withstand voltage in their relevant standards according to IEC 60664-1.~~

Table 44.2 – Required rated impulse withstand voltage of equipment U_w

Nominal voltage of the installation ^a V		Voltage line to neutral derived from nominal voltages a.c. or d.c. up to and including V	Required rated impulse withstand voltage of equipment ^c kV			
Three-phase systems ^b	Single-phase systems with middle point		Equipment at the origin of the installation Overvoltage category IV (equipment with very high rated impulse voltage) IV	Equipment of distribution and final circuits Overvoltage category III (equipment with high rated impulse voltage)	Appliances and current-using equipment Overvoltage category II (equipment with normal rated impulse voltage)	Specially protected equipment Overvoltage category I (equipment with reduced rated impulse voltage)
			For example, energy meter, telecontrol systems	For example, distribution boards, switches socket-outlets	For example, distribution domestic appliances, tools	For example, sensitive electronic equipment
120/208	120-240	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^{b,d} 277/480 ^b	–	300	6	4	2,5	1,5
400/690	–	600	8	6	4	2,5
1 000	–	1 000	12	8	6	4
1 500 d.c.		1 500 d.c.			8	6

^a According to IEC 60038:2009.

^b In Canada and USA, for voltages to earth higher than 300 V, the rated impulse withstand voltage corresponding to the next highest voltage in this column applies.

^c This rated impulse withstand voltage is applied between live conductors and PE.

^d For IT systems operations at 220-240 V, the 230/400 row shall be used, due to the voltage to earth at the earth fault on one line.

444 Measures against electromagnetic influences

444.1 General

Clause 444 provides basic recommendations for the mitigation of electromagnetic disturbances. Electromagnetic Interference (EMI) may disturb or damage information technology systems or information technology equipment as well as equipment with electronic components or circuits. Currents due to lightning, switching operations, short-circuits and other electromagnetic phenomena may cause overvoltages and electromagnetic interference.

These effects are most severe

- where large metal loops exist; and
- where different electrical wiring systems are installed in common routes, e.g. for power supply and for signalling information technology equipment within a building.

The value of the induced voltage depends on the rate of rise (di/dt) of the interference current, and on the size of the loop.

Power cables carrying large currents with a high rate of rise of current (di/dt) (e.g. the starting current of lifts or currents controlled by rectifiers) can induce overvoltages in cables of information technology systems, which can influence or damage information technology equipment or similar electrical equipment.

In or near rooms for medical use, electric or magnetic fields associated with electrical installations can interfere with medical electrical equipment.

This clause provides information for architects of buildings and for designers and installers of electrical installations of buildings on some installation concepts that limit electromagnetic influences. Basic considerations are given here to mitigate such influences that may result in disturbance.

444.2 (void)

NOTE This clause is reserved for future input.

444.3 Definitions

See IEC 60364-1 for basic definitions. For the purposes of this document, the following definitions apply:

444.3.1

bonding network BN

set of interconnected conductive structures that provides an “electromagnetic shield” for electronic systems at frequencies from direct current (DC) to low radio frequency (RF)

[3.2.2 of ETS 300 253:1995]

NOTE The term “electromagnetic shield” denotes any structure used to divert, block or impede the passage of electromagnetic energy. In general, a BN does not need to be connected to earth but BN considered in this standard are connected to earth.

444.3.2

bonding ring conductor

BRC

an earthing bus conductor in the form of a closed ring

[3.1.3 of EN 50310:2000]

NOTE Normally the bonding ring conductor, as part of the bonding network, has multiple connections to the CBN that improves its performance.

444.3.3

common equipotential bonding system

common bonding network

CBN

equipotential bonding system providing both protective-equipotential-bonding and functional-equipotential-bonding

[IEV 195-02-25]

444.3.4

equipotential bonding

provision of electric connections between conductive parts, intended to achieve equipotentiality

[IEV 195-01-10]

444.3.5

earth-electrode network

ground-electrode network (US)

part of an earthing arrangement comprising only the earth electrodes and their interconnections

444.3.6

meshed bonding network

MESH-BN

bonding network in which all associated equipment frames, racks and cabinets and usually the DC power return conductor, are bonded together as well as at multiple points to the CBN and may have the form of a mesh

[3.2.2 of ETS 300 253:1995]

NOTE The MESH-BN augments the CBN.

444.3.7

by-pass equipotential bonding conductor/

parallel earthing conductor

PEC

earthing conductor connected in parallel with the screens of signal and/or data cables in order to limit the current flowing through the screens

444.4 Mitigation of electromagnetic interference (EMI)

Consideration shall be given by the designer and installer of the electrical installation to the measures described below for reducing the electric and magnetic influences on electrical equipment.

Only electrical equipment, which meets the requirements in the appropriate EMC standards or the EMC requirements of the relevant product standard shall be used.

444.4.1 Sources of EMI

Electrical equipment sensitive to electromagnetic influences should not be located close to potential sources of electromagnetic emission such as

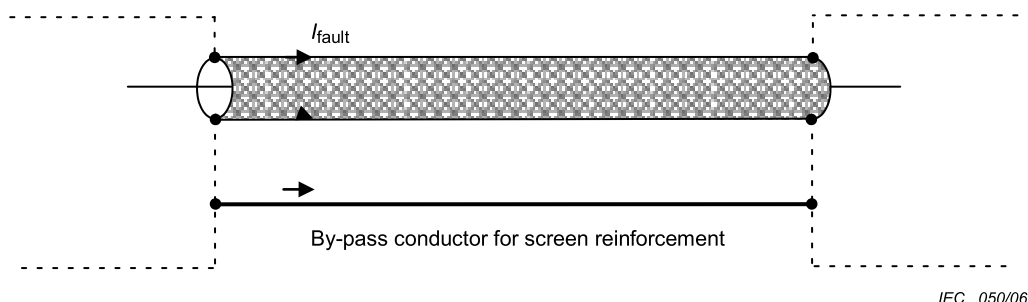
- switching devices for inductive loads,
- electric motors,
- fluorescent lighting,
- welding machines,
- computers,
- rectifiers,
- choppers,
- frequency converters/regulators,
- lifts,
- transformers,
- switchgear,
- power distribution busbars.

444.4.2 Measures to reduce EMI

The following measures reduce electromagnetic interference.

- a) For electrical equipment sensitive to electromagnetic influences, surge protection devices and/or filters are recommended to improve electromagnetic compatibility with regard to conducted electromagnetic phenomena.
- b) Metal sheaths of cables should be bonded to the CBN.

- c) Inductive loops should be avoided by selection of a common route for power, signal and data circuits wiring.
- d) Power and signal cables should be kept separate and should, wherever practical, cross each other at right-angles (see 444.6.3).
- e) Use of cables with concentric conductors to reduce currents induced into the protective conductor.
- f) Use of symmetrical multicore cables (e.g. screened cables containing separate protective conductors) for the electrical connections between convertors and motors, which have frequency controlled motor-drives.
- g) Use of signal and data cables according to the EMC requirements of the manufacturer's instructions.
- h) Where a lightning protection system is installed,
 - power and signal cables shall be separated from the down conductors of lightning protection systems (LPS) by either a minimum distance or by use of screening. The minimum distance shall be determined by the designer of the LPS in accordance with IEC 62305-3;
 - metallic sheaths or shields of power and signal cables should be bonded in accordance with the requirements for lightning protection given in IEC 62305-3 and IEC 62305-4.
- i) Where screened signal or data cables are used, care should be taken to limit the fault current from power systems flowing through the screens and cores of signal cables, or data cables, which are earthed. Additional conductors may be necessary, e.g. a by-pass equipotential bonding conductor for screen reinforcement; see Figure 44.R1.



IEC 050/06

Figure 44.R1 – By-pass conductor for screen reinforcement to provide a common equipotential bonding system

NOTE 1 The provision of a by-pass conductor in proximity to a signal, or data, cable sheath also reduces the area of the loop associated with equipment, which is only connected by a protective conductor to earth. This practice considerably reduces the EMC effects of lightning electromagnetic pulse (LEMP).

- j) Where screened signal cables or data cables are common to several buildings supplied from a TT-system, a by-pass equipotential bonding conductor should be used; see Figure 44.R2. The by-pass conductor shall have a minimum cross-sectional area of 16 mm² Cu or equivalent. The equivalent cross-sectional area shall be dimensioned in accordance with 544.1 of IEC 60364-5-54.

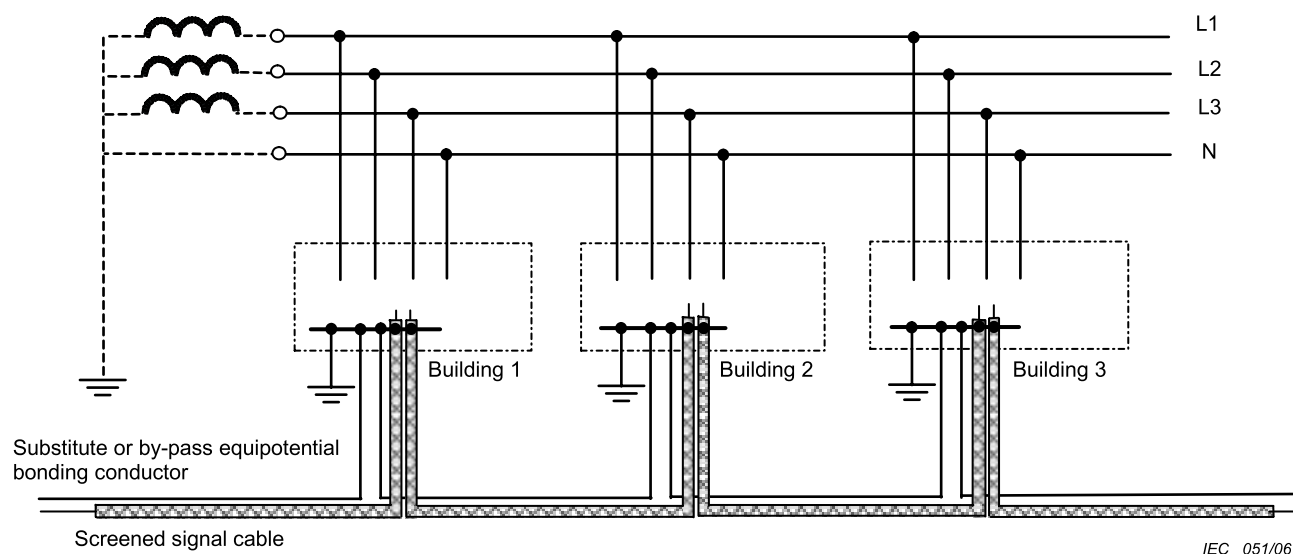


Figure 44.R2 – Example of a substitute or by-pass equipotential bonding conductor in a TT-system

NOTE 2 Where the earthed shield is used as a signal return path, a double-coaxial cable may be used.

NOTE 3 It is recalled that if the consent according to 413.1.2.1 (last paragraph) cannot be obtained, it is the responsibility of the owners or operators to avoid any danger due to the exclusion of those cables from the connection to the main equipotential bonding.

NOTE 4 The problems of earth differential voltages on large public telecommunication networks are the responsibility of the network operator, who may employ other methods.

NOTE 5 In the Netherlands, a by-pass equipotential bonding conductor, connecting the earthing systems of several TT installations together, is permitted only if fault protection, in accordance with 413.1.4, remains effective in the case of failure of any single RCD.

- k) Equipotential bonding connections should have an impedance as low as possible
 - by being as short as possible,
 - by having a cross-section shape that results in low inductive reactance and impedance per metre of route, e.g. a bonding braid with a width to thickness ratio of five to one.
- l) Where an earthing busbar is intended (according to 444.5.8) to support the equipotential bonding system of a significant information technology installation in a building, it may be installed as a closed ring.

NOTE 6 This measure is preferably applied in buildings of the telecommunications industry.

444.4.3 TN-system

To minimize electromagnetic influences, the following subclauses apply.

444.4.3.1 It is recommended that TN-C systems should not be maintained in existing buildings containing, or likely to contain, significant amounts of information technology equipment.

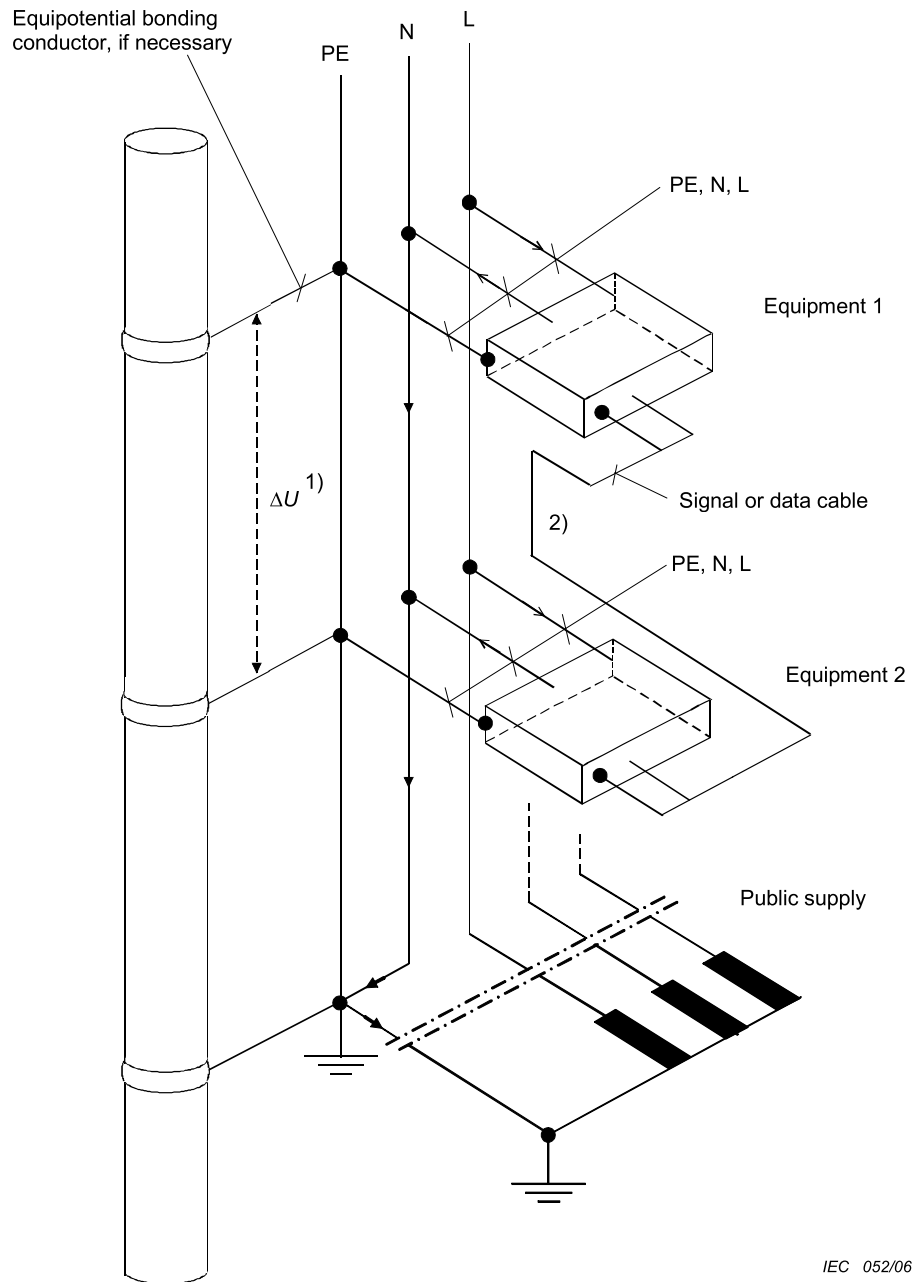
TN-C-systems shall not be used in newly constructed buildings containing, or likely to contain, significant amounts of information technology equipment.

NOTE Any TN-C installation is likely to have load or fault current diverted via equipotential bonding into metallic services and structures within a building.

444.4.3.2 In existing buildings supplied from public low-voltage networks and which contain, or are likely to contain, significant amounts of information technology equipment, a TN-S system should be installed downstream of the origin of the installation; see Figure 44.R3A.

In newly constructed buildings, TN-S systems shall be installed downstream of the origin of the installation; see Figure 44.R3A.

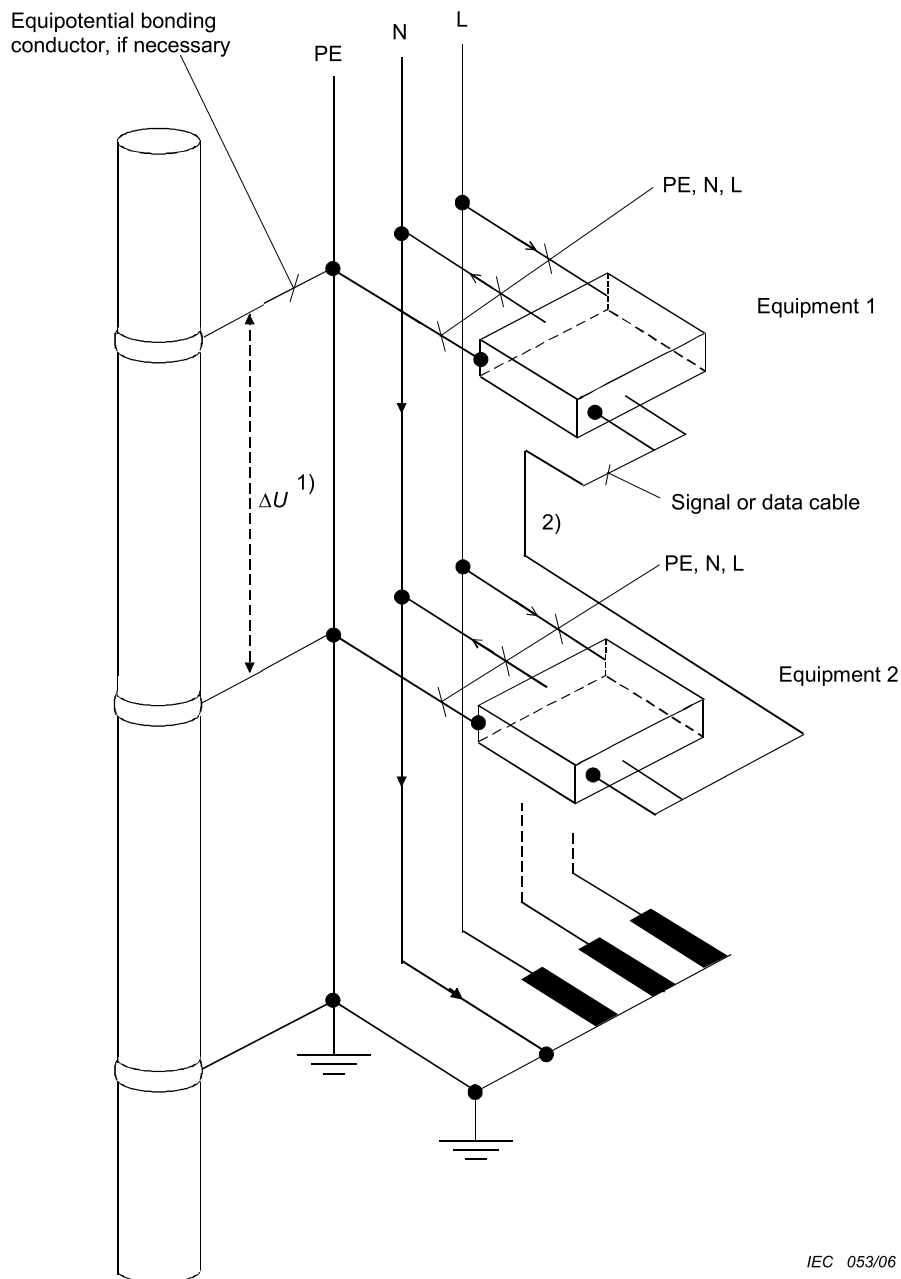
NOTE The effectiveness of a TN-S-system may be enhanced by use of a residual current monitoring device, RCM, complying with IEC 62020.



- 1) No voltage drop ΔU along the PE conductor under normal operation conditions
- 2) Loops of limited area formed by signal or data cables

Figure 44.R3A – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using the TN-S system from the origin of the public supply up to and including the final circuit within a building

44.4.3.3 In existing buildings where the complete low-voltage installation including the transformer is operated only by the user and which contain, or are likely to contain, significant amounts of information technology equipment, TN-S systems should be installed; see Figure 44.R3B.



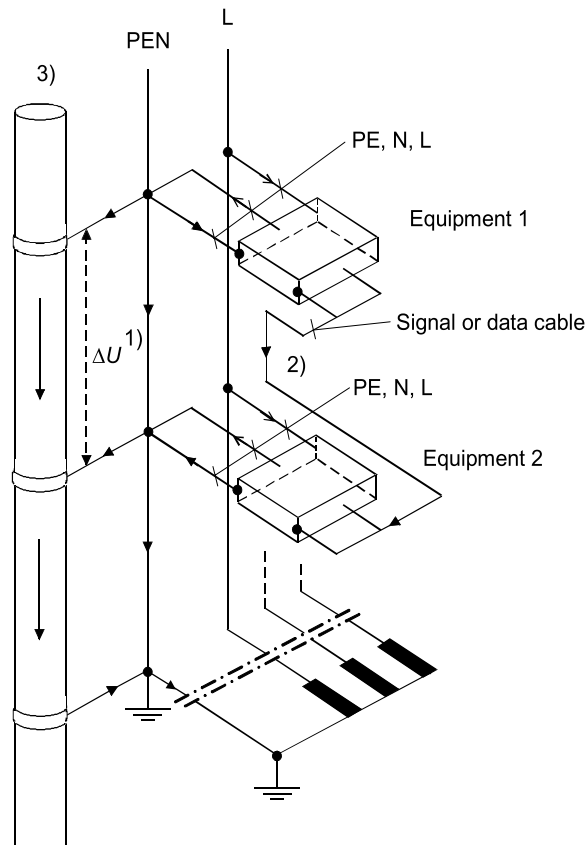
IEC 053/06

- 1) No voltage drop ΔU along the PE conductor under normal operation conditions
- 2) Loops of limited area formed by signal or data cables

Figure 44.R3B – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using a TN-S system downstream of a consumer's private supply transformer

444.4.3.4 Where an existing installation is a TN-C-S system (see Figure 44.R4), signal and data cable loops should be avoided by

- changing all TN-C parts of the installation shown in Figure 44.R4 into TN-S, as shown in Figure 44.R3A, or
- where this change is not possible, by avoiding signal and data cable interconnections between different parts of the TN-S installation.



IEC 054/06

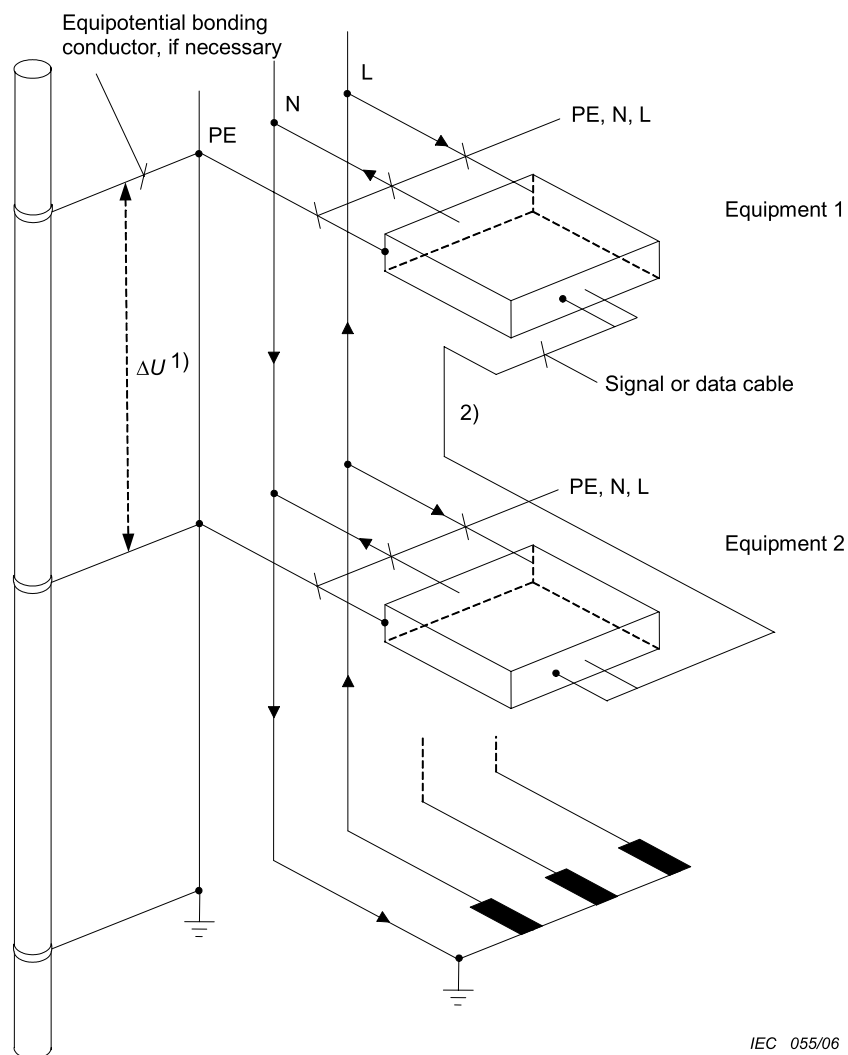
- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables
- 3) Extraneous-conductive-part

NOTE In a TN-C-S system, the current, which in a TN-S system would flow only through the neutral conductor, flows also through the screens or reference conductors of signal cables, exposed-conductive-parts, and extraneous-conductive-parts such as structural metalwork.

Figure 44.R4 – TN-C-S system within an existing building installation

444.4.4 TT system

In a TT system, such as that shown in Figure 44.R5, consideration should be given to overvoltages which may exist between live parts and exposed-conductive-parts when the exposed-conductive-parts of different buildings are connected to different earth electrodes.



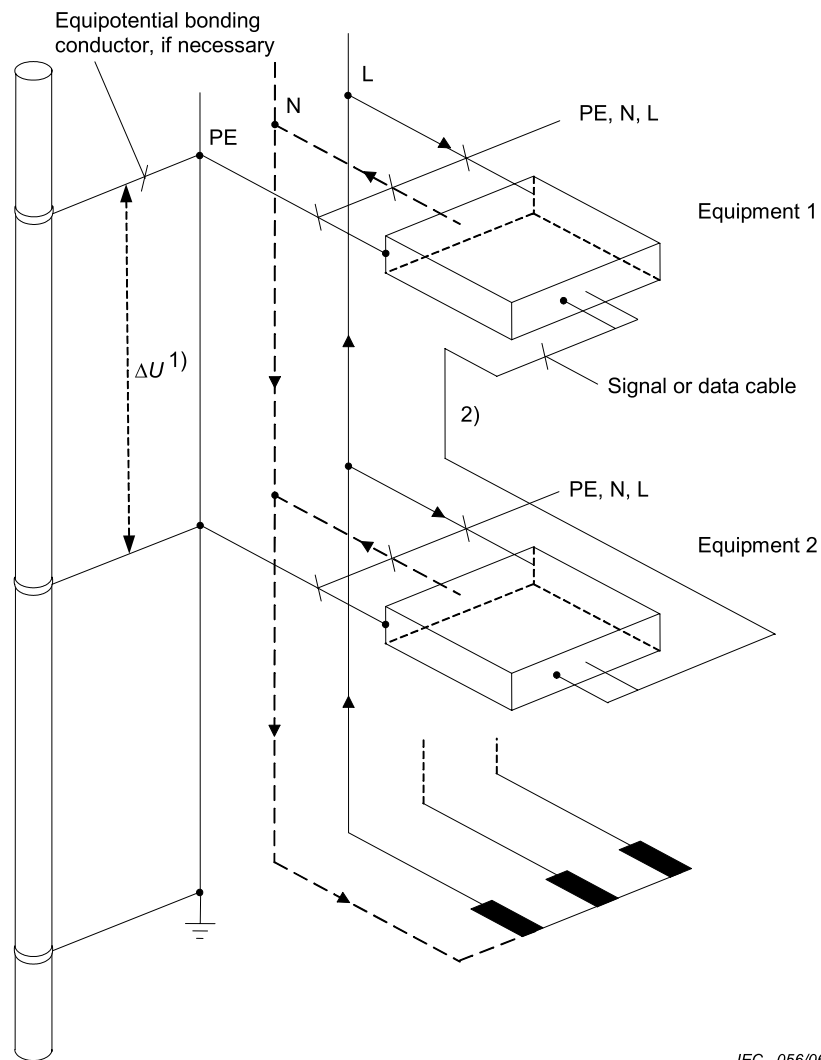
- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables

Figure 44.R5 – TT system within a building installation

444.4.5 IT system

In a three-phase IT system (see Figure 44.R6), the voltage between a healthy line-conductor and an exposed-conductive-part can rise to the level of the line-to-line voltage when there is a single insulation fault between a line conductor and an exposed-conductive-part; this condition should be considered.

NOTE Electronic equipment directly supplied between line conductor and neutral should be designed to withstand such a voltage between line conductor and exposed-conductive-parts; see corresponding requirement from IEC 60950-1 for information technology equipment.



- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables

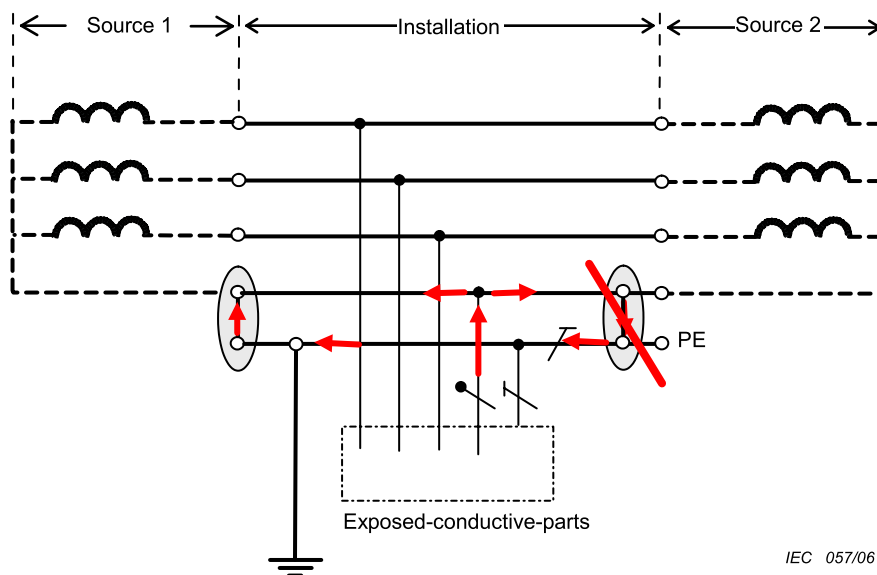
Figure 44.R6 – IT system within a building installation

444.4.6 Multiple-source supply

For multiple-source power supplies, the provisions in 444.4.6.1 and 444.4.6.2 shall be applied.

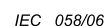
NOTE Where multiple earthing of the star points of the sources of supplies is applied, neutral conductor currents may flow back to the relevant star point, not only via the neutral conductor, but also via the protective conductor as shown in Figure 44.R7A. For this reason the sum of the partial currents flowing in the installation is no longer zero and a magnetic stray field is created, similar to that of a single conductor cable.

In the case of single conductor cables, which carry AC current, a circular electromagnetic field is generated around the core conductor that may interfere with electronic equipment. Harmonic currents produce similar electromagnetic fields but they attenuate more rapidly than those produced by fundamental currents.



**Figure 44.R7A – TN multiple-source power supply
with a non-suitable multiple connection between PEN and earth**

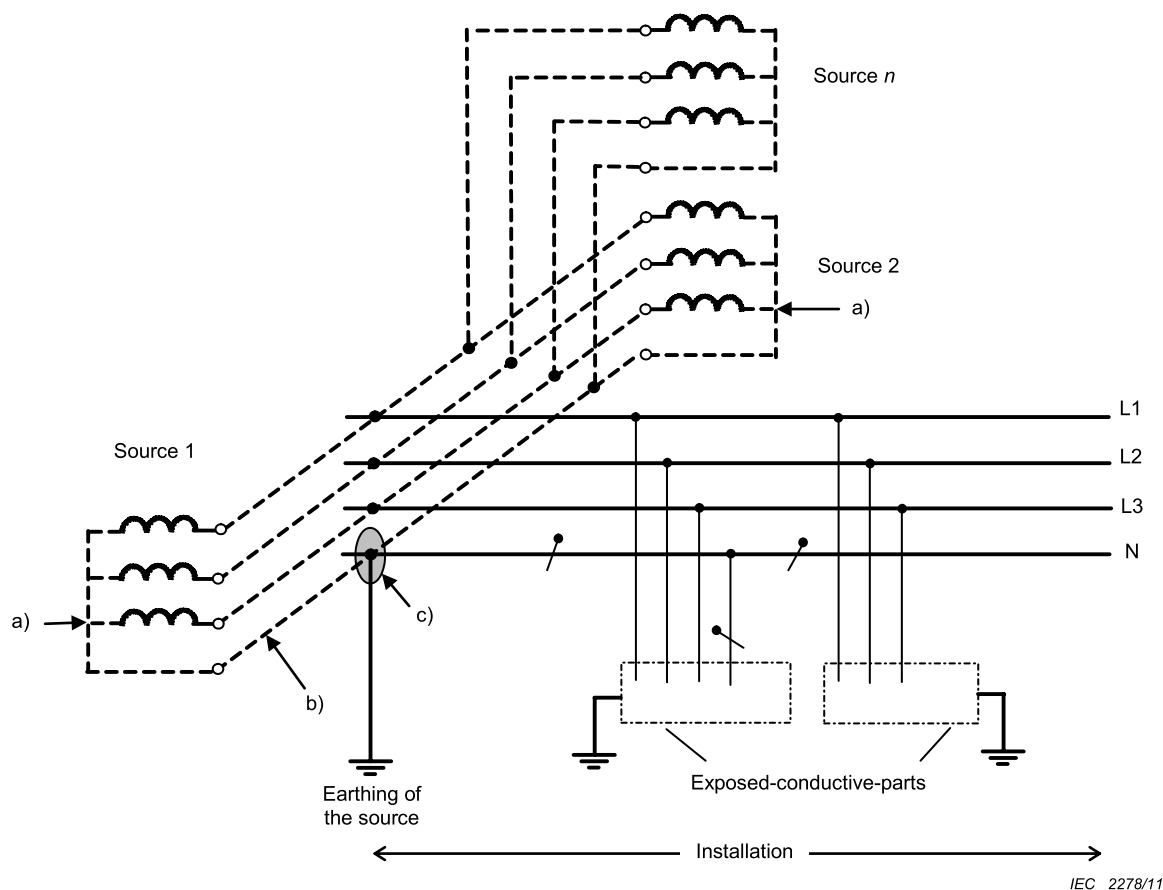
In the case of TN multiple-source power supplies to an installation, the star points of the different sources shall, for EMC reasons, be interconnected by an insulated conductor that is connected to earth centrally at one and the same point; see Figure 44.R7B.



- Figure 44.R7B – TN multiple source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point**

444.4.6.2 TT multiple-source power supplies

In the case of TT multiple-source power supplies to an installation, it is recommended that the star points of the different sources are, for EMC reasons, interconnected and connected to earth centrally at only one point; see Figure 44.R8.

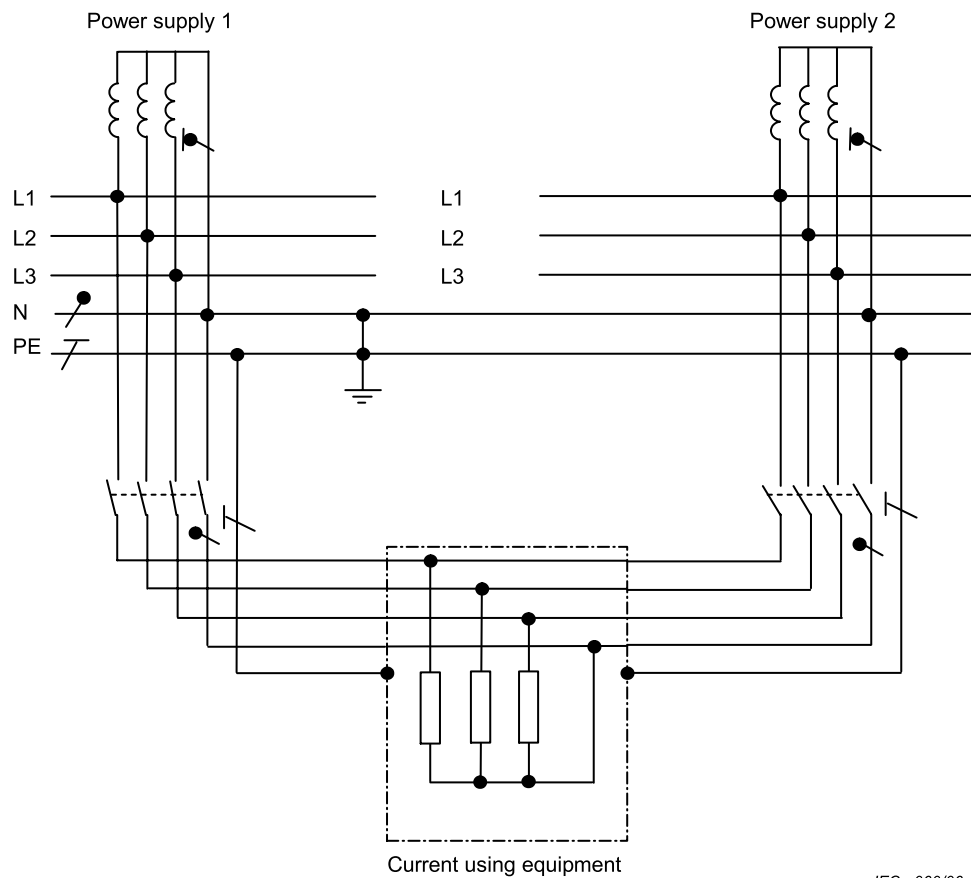


- a) No direct connection from either the transformer star points or the generator star points to earth is permitted.
- b) The conductor interconnecting either the star points of transformers, or generator starpoints, shall be insulated. However, it shall not be connected to current-using-equipment and a warning notice to that effect shall be attached to it, or placed adjacent to it.
- c) Only one connection between the interconnected star points of the sources and the PE shall be provided. This connection shall be located inside the main switchgear assembly.

Figure 44.R8 – TT multiple-source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point

444.4.7 Transfer of supply

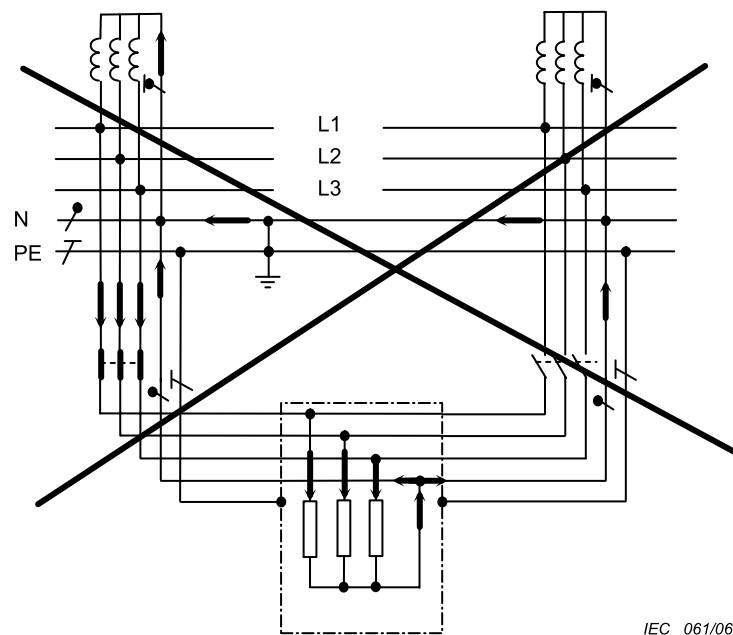
In TN systems the transfer from one supply to an alternative supply shall be by means of a switching device, which switches the line conductors and the neutral, if any; see Figures 44.R9A, 44.R9B and 44.R9C.



IEC 060/06

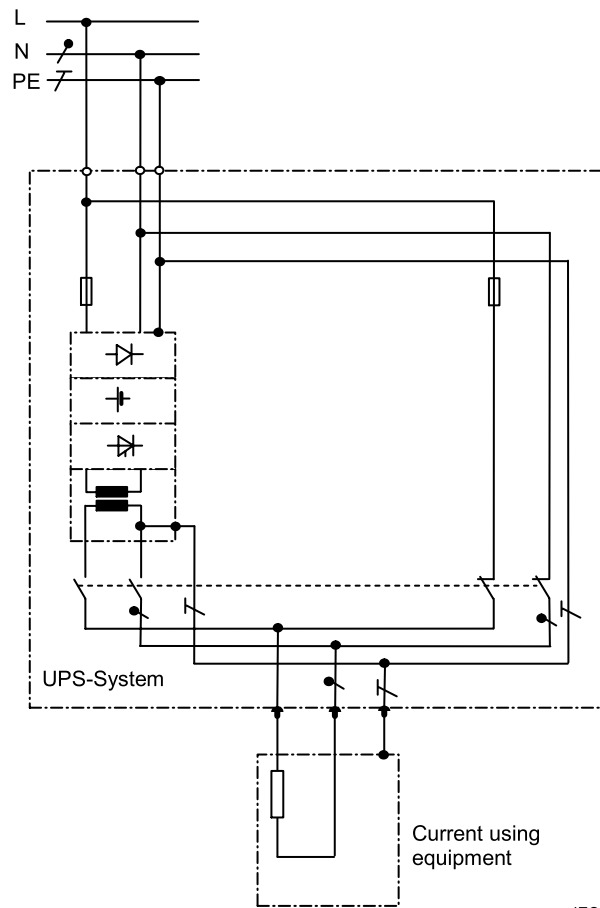
NOTE This method prevents electromagnetic fields due to stray currents in the main supply system of an installation. The sum of the currents within one cable must be zero. It ensures that the neutral current flows only in the neutral conductor of the circuit, which is switched on. The 3rd harmonic (150 Hz) current of the line conductors will be added with the same phase angle to the neutral conductor current.

Figure 44.R9A – Three-phase alternative power supply with a 4-pole switch



NOTE A three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch will cause unwanted circulating currents, that will generate electromagnetic fields.

Figure 44.R9B – Neutral current flow in a three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch



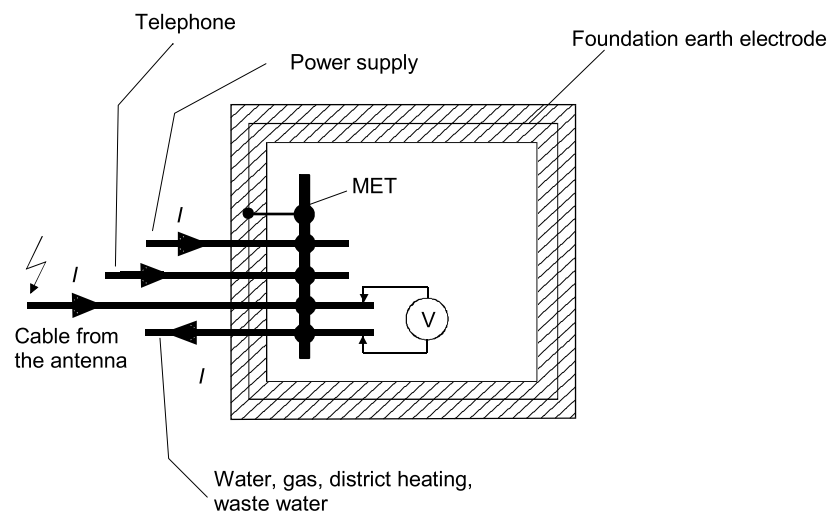
NOTE The earth connection to the secondary circuit of a UPS is not mandatory. If the connection is omitted, the supply in the UPS-mode will be in the form of an IT system and, in by-pass mode, it will be the same as the low-voltage supply system.

Figure 44.R9C – Single-phase alternative power supply with 2-pole switch

444.4.8 Services entering a building

Metal pipes (e.g. for water, gas or district heating) and incoming power and signal cables should preferably enter the building at the same place. Metal pipes and the metal armouring of cables shall be bonded to the main earthing terminal by means of conductors having low impedance; see Figure 44.R10.

NOTE Interconnection is only permitted with the consent of the operator of the external service.



IEC 063/06

MET Main earthing terminal
I Induction current

NOTE A common entry point is preferred, $U \approx 0 \text{ V}$.

Figure 44.R10 – Armoured cables and metal pipes entering the buildings (examples)

For EMC reasons, closed building voids housing parts of the electrical installation should be exclusively reserved for electrical and electronic equipment (such as monitoring, control or protection devices, connecting devices, etc.) and access shall be provided for their maintenance.

444.4.9 Separate buildings

Where different buildings have separate equipotential bonding systems, metal-free fibre optic cables or other non-conducting systems may be used for signal and data transmission, e.g. microwave signal transformer for isolation in accordance with IEC 61558-2-1, IEC 61558-2-4, IEC 61588-2-6, IEC 61888-2-15 and IEC 60950-1.

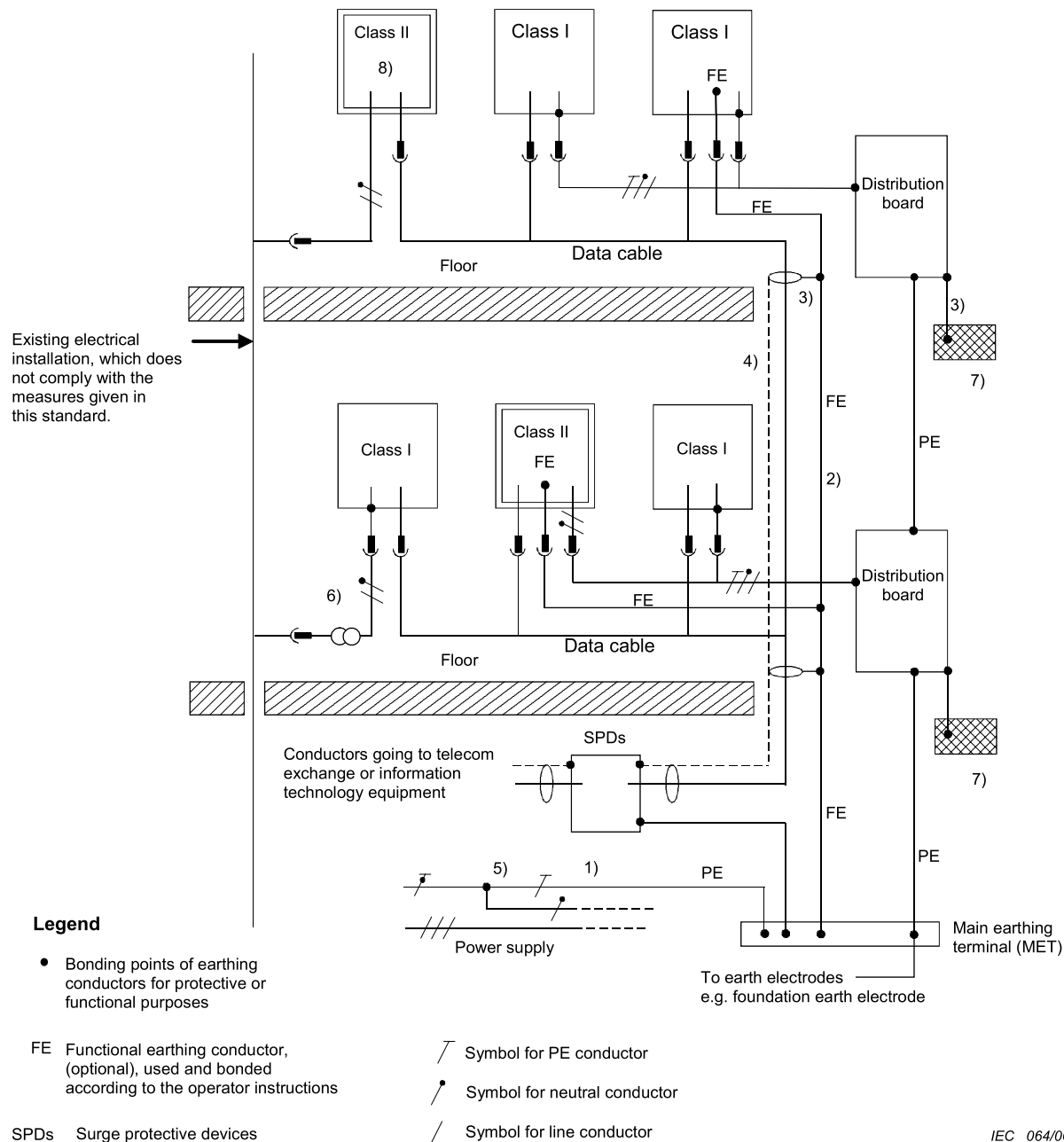
NOTE 1 The problem of earth differential voltages on large public telecommunication networks is the responsibility of the network operator, who may employ other methods.

NOTE 2 In case of non-conducting data-transmission systems, the use of a by-pass conductor is not necessary.

444.4.10 Inside buildings

Where there are problems in existing building installations due to electromagnetic influences, the following measures may improve the situation; see Figure 44.R11:

- 1) use of metal free fibre optic links for signal and data circuits, see 444.4.9;
- 2) use of Class II equipment;
- 3) use of double winding transformers in compliance with IEC 61558-2-1 or IEC 61558-2-4 or IEC 61558-2-6 or IEC 61558-2-15. The secondary circuit should preferably be connected as a TN-S system but an IT-system may be used where required for specific applications.



Reference	Description of the illustrated measures	Subclause/standard
1)	Cables and metal pipes enter the building at the same place	444.4.8
2)	Common route with adequate separations and avoidance of loops	444.4.2
3)	Bonding leads as short as possible, and use of earthed conductor parallel to a cable	IEC 61000-2-5 444.4.2
4)	Signal cables screened and/or conductors twisted pairs	444.4.12
5)	Avoidance of TN-C beyond the incoming supply point	444.4.3
6)	Use of transformers with separate windings	444.4.10
7)	Local horizontal bonding system	444.5.4
8)	Use of class II equipment	444.4.10

Figure 44.R11 – Illustration of measures in an existing building

444.4.11 Protective devices

Protective devices with appropriate functionality for avoiding unwanted tripping due to high levels of transient currents should be selected, e.g. time delays and filters.

444.4.12 Signal cables

Shielded cables and/or twisted pair cables should be used for signal cables.

444.5 Earthing and equipotential bonding

444.5.1 Interconnection of earth electrodes

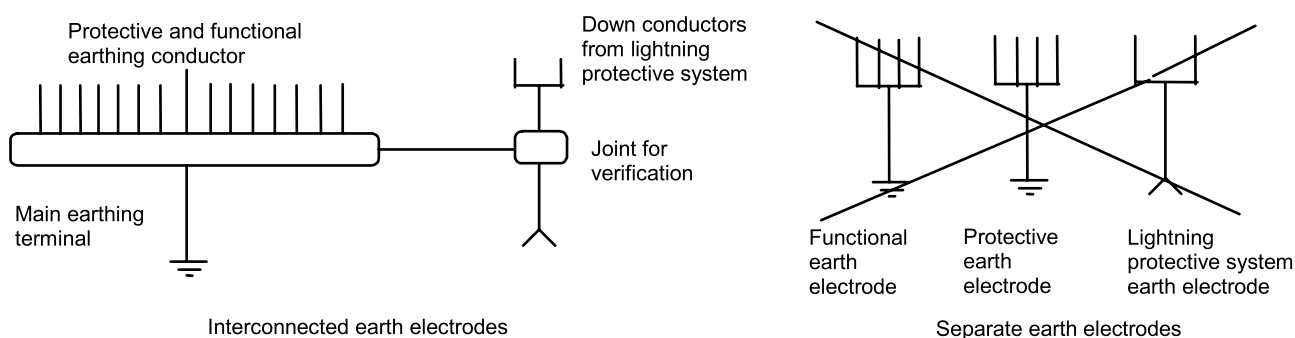
For several buildings, the concept of dedicated and independent earth electrodes connected to an equipotential conductor network may not be adequate where electronic equipment is used for communication and data exchange between the different buildings for the following reasons:

- a coupling exists between these different earth electrodes and leads to an uncontrolled increase of voltage to equipment;
- interconnected equipment may have different earth references;
- a risk of electric shock exists, specifically in case of overvoltages of atmospheric origin.

Therefore, all protective and functional earthing conductors should be connected to one single main earthing terminal.

Moreover, all earth electrodes associated with a building i.e. protective, functional and lightning protection, shall be interconnected; see Figure 44.R12.

In the case of several buildings, where interconnection of the earth electrodes is not possible or practical, it is recommended that galvanic separation of communication networks is applied, for instance by the use of fibre optic links; see also 444.4.10.



IEC 065/06

Figure 44.R12 – Interconnected earth electrodes

Protective and functional bonding conductors shall be connected individually to the main earthing terminal in such a way that if one conductor becomes disconnected the connections of all the other conductors remain secured.

444.5.2 Interconnection of incoming networks and earthing arrangements

Exposed-conductive-parts of information technology and electronic equipment within a building are interconnected via protective conductors.

For dwellings where normally a limited amount of electronic equipment is in use, a protective conductor network in the form of a star network may be acceptable; see Figure 44.R13.

For commercial and industrial buildings and similar buildings containing multiple electronic applications, a common equipotential bonding system is useful in order to comply with the EMC requirements of different types of equipment; see Figure 44.R15.

444.5.3 Different structures for the network of equipotential conductors and earthing conductors

The four basic structures described in the following subclauses may be used, depending on the importance and vulnerability of equipment.

444.5.3.1 Protective conductors connected to a bonding-ring conductor

An equipotential bonding network in the form of a bonding ring conductor, BRC, is shown in Figure 44.R16 on the top-floor of the structure. The BRC should preferably be made of copper, bare or insulated, and installed in such a manner that it remains accessible everywhere, e.g. by using a cable-tray, metallic conduit (see the IEC 61386 series), surface mounted method of installation or cable trunking. All protective and functional earthing conductors may be connected to the BRC.

444.5.3.2 Protective conductors in a star network

This type of network is applicable to small installations associated with dwellings, small commercial buildings, etc., and from a general point of view to equipment, that is not interconnected by signal cables; see Figure 44.R13.

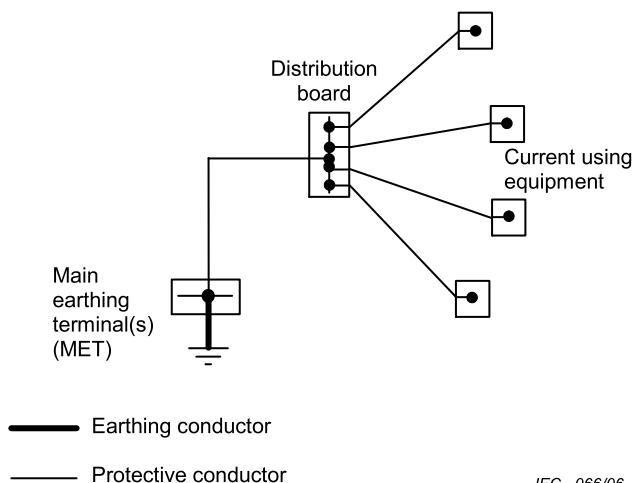


Figure 44.R13 – Examples of protective conductors in star network

444.5.3.3 Multiple meshed bonding star network

This type of network is applicable to small installations with different small groups of interconnected communicating equipment. It enables the local dispersion of currents caused by electromagnetic interference; see Figure 44.R14.

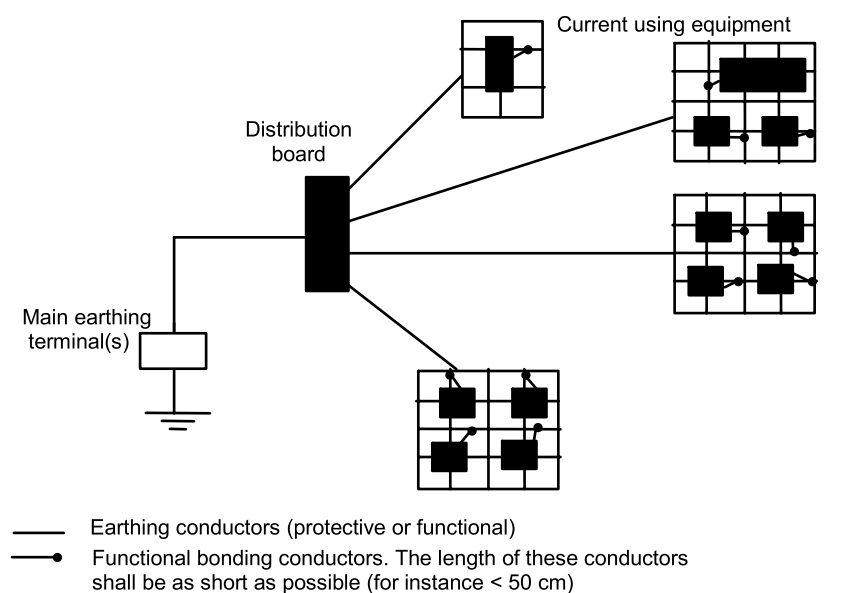


Figure 44.R14 – Example of multiple meshed bonding star network

444.5.3.4 Common meshed bonding star network

This type of network is applicable to installations with high density of communicating equipment corresponding to critical applications; see Figure 44.R15.

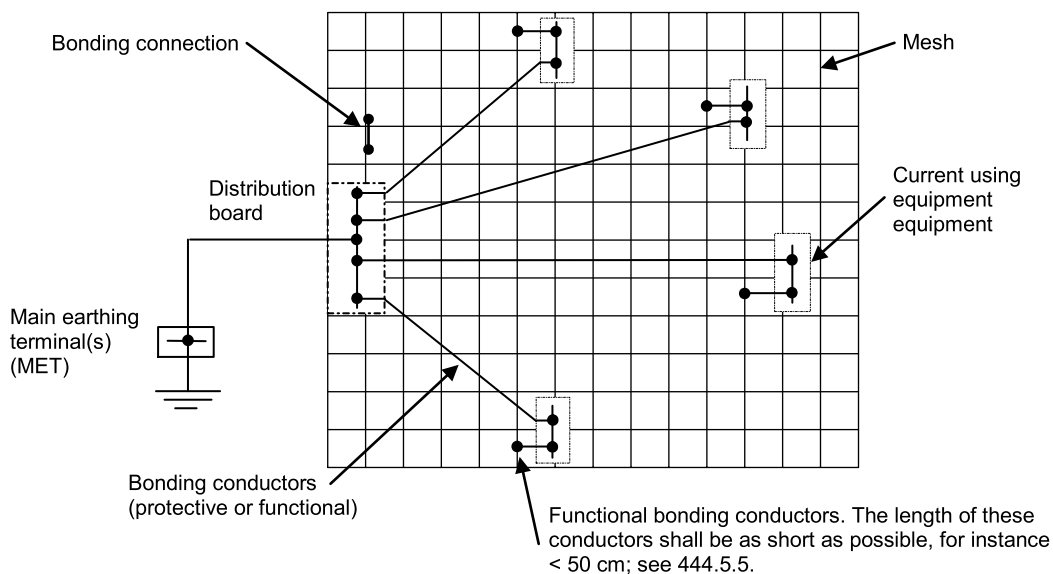
A meshed equipotential bonding network is enhanced by the existing metallic structures of the building. It is supplemented by conductors forming the square mesh.

The mesh-size depends on the selected level of protection against lightning, on the immunity level of equipment part of the installation and on frequencies used for data transmission.

Mesh-size shall be adapted to the dimensions of the installation to be protected, but shall not exceed 2 m × 2 m in areas where equipment sensitive to electromagnetic interferences is installed.

It is suitable for protection of private automatic branch exchange equipment (PABX) and centralized data processing systems.

In some cases, parts of this network may be meshed more closely in order to meet specific requirements.



IEC 068/06

The area covered by a mesh shall have overall dimensions; the mesh-size refers to the dimensions of square spaces enclosed by the conductors forming the mesh.

Figure 44.R15 – Example of a common meshed bonding star network

444.5.4 Equipotential bonding networks in buildings with several floors

For buildings with several floors, it is recommended that, on each floor, an equipotential bonding system be installed; see Figure 44.R16 for examples of bonding networks in common use; each floor is a type of network. The bonding systems of the different floors should be interconnected, at least twice, by conductors.

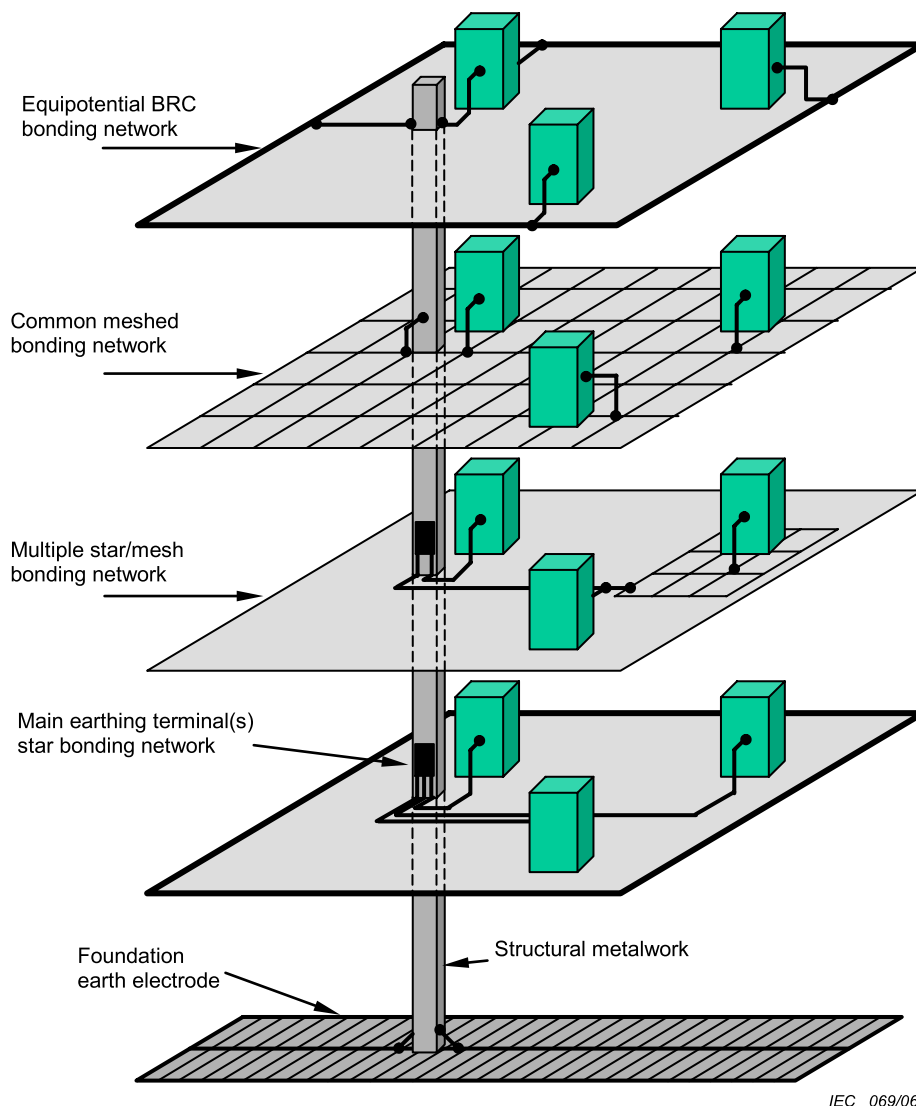


Figure 44.R16 – Example of equipotential bonding networks in structures without lightning protection systems

444.5.5 Functional earthing conductor

Some electronic equipment requires a reference voltage at about earth potential in order to function correctly; this reference voltage is provided by the functional earthing conductor.

Conductors for functional earthing may be metallic strips, flat braids and cables with circular cross section.

For equipment operating at high frequencies, metallic strips or flat braids are preferred and the connections shall be kept as short as possible.

No colour is specified for functional earthing conductors. However, the colours green-and-yellow specified for earthing conductors shall not be used. It is recommended that the same colour is used throughout the whole installation to mark functional earthing conductors at each end.

For equipment operating at low frequencies, cross sectional areas as indicated in 544.1.1 of IEC 60364-5-54 are considered satisfactory, independent of the conductor shape; see 444.4.2 b) and k).

444.5.6 Commercial or industrial buildings containing significant amounts of information technology equipment

The following additional specifications are intended to reduce the influences of electromagnetic disturbances on the information technology equipment operation.

In severe electromagnetic environments, it is recommended that the common meshed bonding star network described in 444.5.3.3 be adopted.

444.5.6.1 Sizing and installation of bonding ring network conductors

Equipotential bonding designed as a bonding ring network shall have the following minimum dimensions:

- flat copper cross-section: 30 mm × 2 mm;
- round copper diameter: 8 mm.

Bare conductors shall be protected against corrosion at their supports and on their passage through walls.

444.5.6.2 Parts to be connected to the equipotential bonding network

The following parts shall also be connected to the equipotential bonding network:

- conductive screens, conductive sheaths or armouring of data transmission cables or of information technology equipment;
- earthing conductors of antenna systems;
- earthing conductors of the earthed pole of DC supply for information technology equipment;
- functional earthing conductors.

444.5.7 Earthing arrangements and equipotential bonding of information technology installations for functional purposes

444.5.7.1 Earthing busbar

Where an earthing busbar is required for functional purposes, the main earthing terminal (MET) of the building may be extended by using an earthing busbar. This enables information technology installations to be connected to the main earthing terminal by the shortest practical route from any point in the building. Where the earthing busbar is erected to support the equipotential bonding network of a significant amount of information technology equipment in a building, it may be installed as a bonding ring network; see Figure 44.R16.

NOTE 1 The earthing busbar may be bare or insulated.

NOTE 2 The earthing busbar should preferably be installed so that it is accessible throughout its length, e.g. on the surface of trunking. To prevent corrosion, it may be necessary to protect bare conductors at supports and where they pass throughout walls.

444.5.7.2 Cross-sectional area of the earthing busbar

The effectiveness of the earthing busbar depends on the routing and the impedance of the conductor employed. For installations connected to a supply having a capacity of 200 A per phase or more, the cross-sectional area of the earthing busbar shall be not less than 50 mm² copper and shall be dimensioned in accordance with 444.4.2 k).

NOTE This statement is valid for frequencies up to 10 MHz.

Where the earthing busbar is used as part of a DC return current path, its cross-sectional area shall be dimensioned according to the expected DC return currents. The maximum DC voltage drop along each earthing busbar, dedicated as DC distribution return conductor, shall be designed to be less than 1 V.

444.6 Segregation of circuits

444.6.1 General

Information technology cables and power supply cables, which share the same cable management system or the same route, shall be installed according to the requirements of the following subclauses.

Verification of electrical safety, in accordance with IEC 60364-6-61 and/or 528.1 of IEC 60364-5-52, and electrical separation are required; see Clause 413 of IEC 60364-4-41 and/or 444.7.2. Electrical safety and electromagnetic compatibility require different clearances in some cases. Electrical safety always has the higher priority.

Exposed conductive parts of wiring systems, e.g. sheaths, fittings and barriers, shall be protected by requirements for fault protection; see Clause 413 of IEC 60364-4-41.

444.6.2 Design guidelines

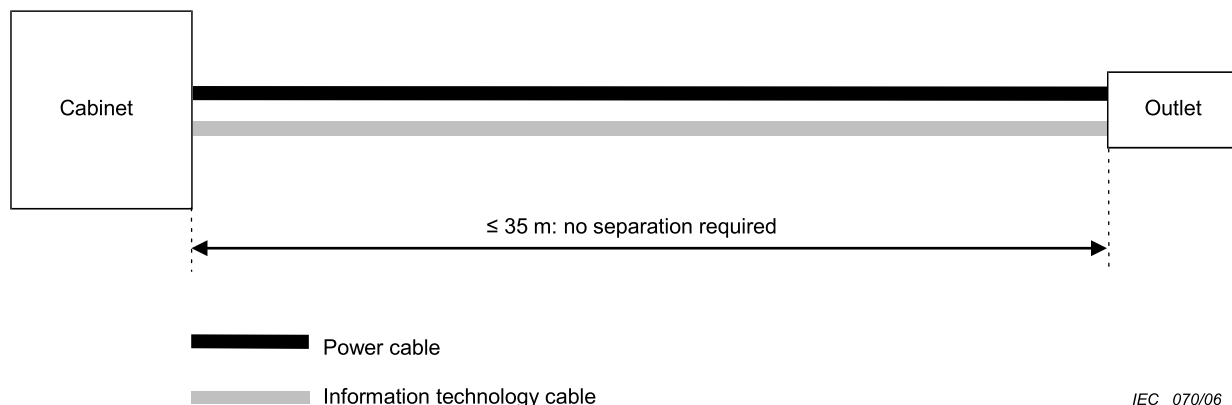
The minimum separation between power cables and information technology cables to avoid disturbance is related to many factors such as

- a) the immunity level of equipment connected to the information technology cabling system to different electromagnetic disturbances (transients, lightning pulses, bursts, ring wave, continuous waves, etc.),
- b) the connection of equipment to earthing systems,
- c) the local electromagnetic environment (simultaneous appearance of disturbances, e.g. harmonics plus bursts plus continuous wave),
- d) the electromagnetic frequency spectrum,
- e) the distances that cables are installed in parallel routes (coupling zone),
- f) the types of cables,
- g) the coupling attenuation of the cables,
- h) the quality of the attachment between the connectors and the cable,
- i) the type and construction of the cable management system.

For the purpose of this standard it is assumed that the electromagnetic environment has levels of disturbance less than the test levels for conducted and radiated disturbances contained in IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 and IEC 61000-6-4.

For parallel power and information technology cabling, the following applies; see Figure 44.R17A and Figure 44.R17B.

If the parallel cabling length is equal to or less than 35 m, no separation is required.

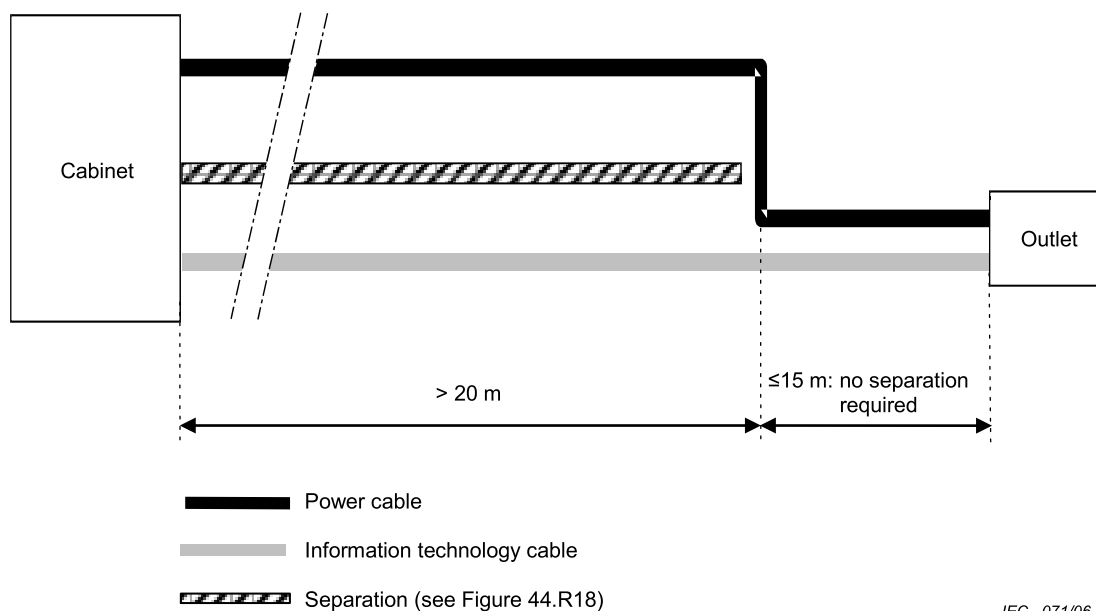


**Figure 44.R17A – Separation between power and information technology cables
for cable route lengths ≤ 35 m**

If the parallel cabling length of unscreened cable is greater than 35 m, the separation distances apply to the full length excluding the final 15 m attached to the outlet.

NOTE The separation may be achieved e.g. by a separation distance in air of 30 mm or a metallic divider installed between the cables: see also Figure 44.R18.

If the parallel cabling length of screened cable is greater than 35 m, no separation distances are applicable.



**Figure 44.R17B – Separation between power and information technology cables
for cable route lengths > 35 m**

444.6.3 Installation guidelines

The minimum distance between information technology cables and fluorescent, neon, and mercury vapour (or other high-intensity discharge) lamps shall be 130 mm. Electrical wiring assemblies and data wiring assemblies should preferably be in separate cabinets. Data wiring racks and electrical equipment should always be separated.

Cables should, wherever practical, cross at right angles. Cables for different purposes (e.g. mains power and information technology cables) should not be in the same bundle. Different bundles should be separated electromagnetically from each other; see Figure 44.R18.

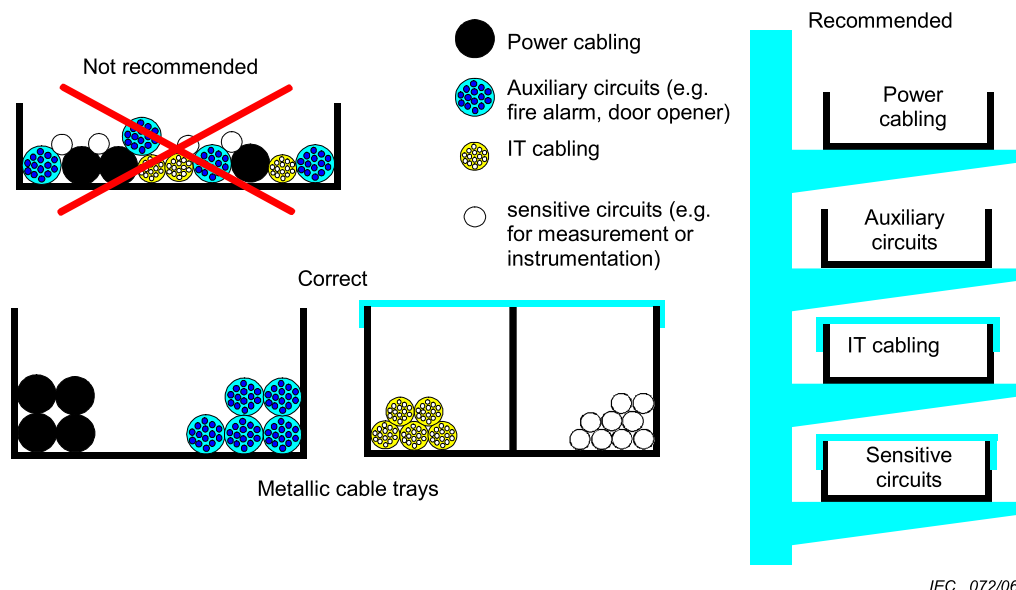


Figure 44.R18 – Separation of cables in wiring systems

444.7 Cable management systems

444.7.1 General

Cable management systems are available in metallic and non-metallic forms. Metallic systems offer varying degrees of enhanced protection to EMI provided that they are installed in accordance with 444.7.3.

444.7.2 Design guidelines

The choice of material and the shape of the cable management system depend on the following considerations:

- the strength of the electromagnetic fields along the pathway (proximity of electromagnetic conducted and radiated disturbing sources);
- the authorised level of conducted and radiated emissions;
- the type of cabling (screened, twisted, optical fibre);
- the immunity of the equipment connected to the information technology cabling system;
- the other environment constraints (chemical, mechanical, climatic, fire, etc.);
- any future information technology cabling system extension.

Non-metallic wiring systems are suitable in the following cases:

- electromagnetic environment with permanently low levels of disturbance;
- the cabling system has a low emission level;
- optical fibre cabling.

For metallic components of cable support systems, the shape (plane, U-shape, tube, etc.), rather than the cross section will determine the characteristic impedance of the cable management system. Enclosed shapes are best as they reduce common mode coupling.

Usable space within the cable tray should allow for an agreed quantity of additional cables to be installed. The cable-bundle height shall be lower than the side-walls of the cable-tray, as shown in Figure 44.R19. The use of overlapping lids improves the cable-tray's electromagnetic compatibility performance.

For a U-shape cable-tray, the magnetic field decreases near the two corners. For this reason, deep side-walls are preferred; see Figure 44.R19.

NOTE The depth of the section should be at least twice the diameter of the largest cable being considered.

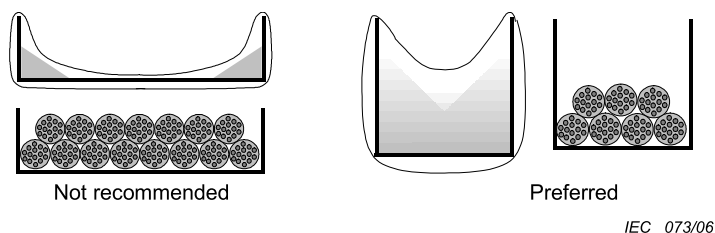


Figure 44.R19 – Cable arrangements in metal cable-trays

444.7.3 Installation guidelines

444.7.3.1 Metallic or composite cable management systems specially designed for electromagnetic compatibility purposes

Metallic or composite cable management systems specially designed for electromagnetic compatibility purposes shall always be connected to the local equipotential bonding system at both ends. For long distances, i.e. greater than 50 m, additional connections to the equipotential bonding system are recommended. All connections shall be as short as possible. Where cable management systems are constructed from several elements, care should be taken to ensure continuity by effective bonding between adjacent elements. Preferably, the elements should be welded together over their full perimeter. Riveted, bolted or screwed joints are allowed, provided that the surfaces in contact are good conductors, i.e. they have no paint or insulating cover, that they are safeguarded against corrosion and that a good electrical contact between adjacent elements is ensured.

The shape of the metallic section should be maintained over its full length. All interconnections shall have low impedance. A short single-lead connection between two parts of a cable management system will result in a high local impedance and, therefore, degradation of its electromagnetic compatibility performance; see Figure 44.R20.

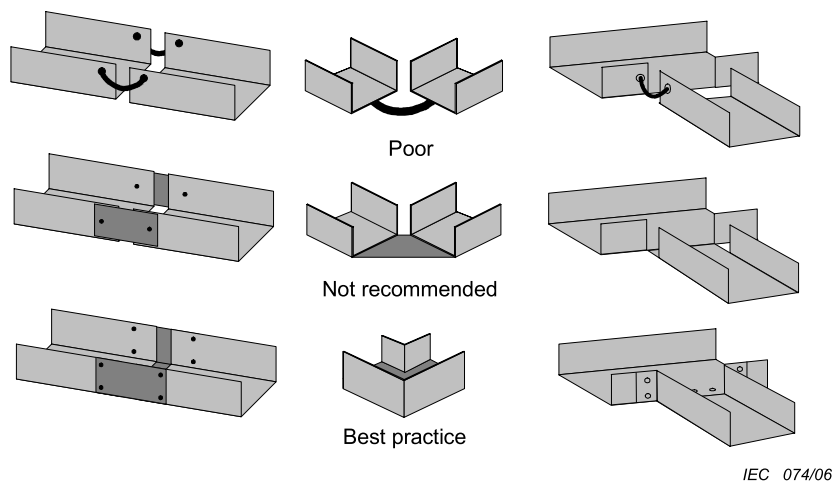


Figure 44.R20 – Continuity of metallic system components

From frequencies of a few MHz upwards, a 10 cm long mesh strap between two parts of a cable management system will degrade the shielding effect by more than a factor of 10.

Whenever adjustments or extensions are carried out, it is vital that work is closely supervised to ensure that it complies with the electromagnetic compatibility recommendations e.g. not replacing a metallic conduit by a plastic one.

Metallic construction elements of buildings can serve electromagnetic compatibility objectives very well. Steel beams of L-, H-, U-, or T-shape often form a continuous earthed structure, that contains large cross-sections and large surfaces with many intermediate connections to earth. Cables are preferably laid against such beams. Inside corners are preferred to outside surfaces; see Figure 44.R21.

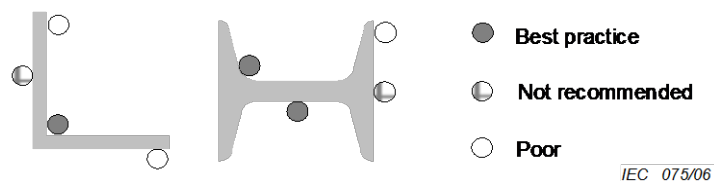


Figure 44.R21 – Location of cables inside metallic construction elements

Covers for metallic cable trays shall meet the same requirements as the cable trays. A cover with many contacts over the full length is preferred. If that is not possible, the covers should be connected to the cable tray at least at both ends by short connections less than 10 cm, e.g. braided or mesh straps.

When a metallic or composite cable management system, specially designed for electromagnetic compatibility purposes, is parted in order to cross a wall, e.g. at fire barriers, the two metallic sections shall be bonded with low impedance connections such as braided or mesh straps.

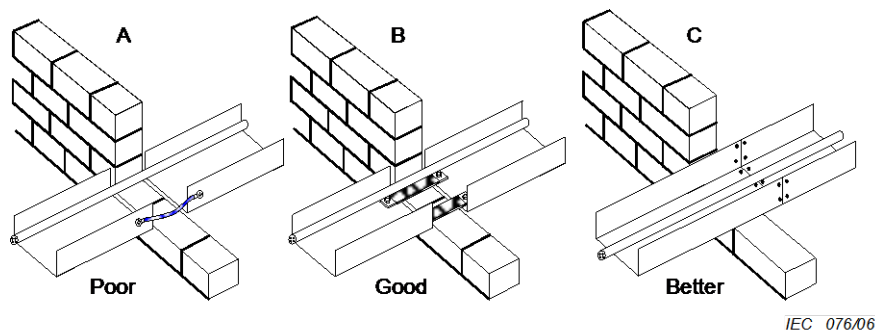


Figure 44.R22 – Connection of metallic sections

444.7.3.2 Non-metallic cable management systems

Where equipment connected to the cabling system by unscreened cables are not affected by low frequency disturbances, the performance of non-metallic cable management systems is improved by installing a single lead within it, as a by-pass equipotential bonding conductor. The lead shall be efficiently connected to the equipment earthing system at both ends (e.g. onto a metal panel of an equipment cabinet).

The by-pass equipotential bonding conductor shall be designed to withstand large common mode and diverted fault currents.

445 Protection against undervoltage

445.1 General requirements

445.1.1 Where a drop in voltage, or a loss and subsequent restoration of voltage could imply dangerous situations for persons or property, suitable precautions shall be taken. Also, precautions shall be taken where a part of the installation or current-using equipment may be damaged by a drop in voltage.

An undervoltage protective device is not required if damage to the installation or to current-using equipment is considered to be an acceptable risk, provided that no danger is caused to persons.

445.1.2 The operation of undervoltage protective devices may be delayed if the operation of the appliance protected allows without danger a brief interruption or loss of voltage.

445.1.3 If use is made of contactors, delay in their opening and reclosing shall not impede instantaneous disconnection by control or protective devices.

445.1.4 The characteristics of the undervoltage protective device shall be compatible with the requirements of the IEC standards for starting and use of equipment.

445.1.5 Where the reclosure of a protective device is likely to create a dangerous situation, the reclosure shall not be automatic.

Annex A **(informative)**

Explanatory notes concerning 442.1 and 442.2

A.442.1 General

The rules in these two clauses are intended to provide for the safety of persons and equipment in an LV system in the event of an earth fault in the HV system.

Faults between systems at different voltages refer to those that may occur on the high-voltage side of the substation supplying a low-voltage system through a distribution system operating at a higher voltage. Such faults cause a current to flow in the earth electrode to which the exposed conductive parts of the substation are connected.

The magnitude of the fault current depends on the fault-loop impedance, i.e. on how the high-voltage neutral is earthed.

The fault current flowing in the earth electrode of the exposed conductive parts of the substation causes a rise of the potential with respect to earth of the exposed conductive parts of the substation whose magnitude is governed by

- the fault-current magnitude, and
- the resistance of the earth electrode of the exposed conductive parts of the substation.

The fault voltage may be as high as several thousand volts and, depending on the earthing systems of the installation, may cause

- a general rise of the potential of the exposed conductive parts of the low-voltage system with respect to earth, which may give rise to fault and touch voltages;
- a general rise of the potential of the low-voltage system with respect to earth, which may cause a breakdown in the low-voltage equipment.

It usually takes longer to clear a fault in a high-voltage system than in a low-voltage system, because the relays have time delays for discrimination against unwanted tripping on transients. The operating times of the high-voltage switchgear are also longer than for low-voltage switchgear. This means that the resulting duration of the fault voltage and the corresponding touch voltage on the exposed conductive parts of the low-voltage system may be longer than required by the LV installation rules.

There may also be a risk of breakdown in the low-voltage system of the substation or consumer's installation. The operation of protective devices under abnormal conditions of transient recovery voltages may give rise to difficulties in opening the circuit or even failure to do so.

The following fault conditions in the high-voltage system are taken into consideration:

Effectively earthed high-voltage systems

These systems include those systems where the neutral is connected to earth either directly or via a low impedance and where earth faults are cleared in a reasonably short time given by the protective equipment.

~~No connection of the neutral to earth in the relevant transformer substation is considered.~~

~~In general, capacitive currents are neglected.~~

~~Isolated high-voltage systems~~

~~Only single fault conditions due to a first earth fault between a high voltage live part and exposed conductive parts of the transformer substation are taken into account. This (capacitive) current may or may not be interrupted, depending on its magnitude and the protective system.~~

~~High-voltage systems with arc suppression coils~~

~~No arc suppression coils in the relevant transformer substation are considered.~~

~~Where an earth fault in the high-voltage system occurs between a high-voltage conductor and the exposed conductive parts of the transformer substation, only small fault currents occur (residual currents mostly in the order of some tens of amperes). These currents may persist for longer times.~~

A.442.2 Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault

~~Figure 44.A2 has been derived from curve c_2 of Figure 20 of IEC 60479-1 and was also taken as a practical proofed decision in IEC 61936-1.~~

~~When considering the values for the fault-voltage, the following should be taken into account:~~

- ~~a) the low risk of an earth-fault in the HV system;~~
- ~~b) the fact that the touch voltage is always lower than the fault-voltage due to the main equipotential bonding required in 411.3.1.2 of IEC 60364-4-41 and the presence of additional earth-electrodes at the consumer's installation or elsewhere.~~

~~Values given by ITU-T 650 V for 0,2 s and 430 V for automatic disconnection in longer than 0,2 s are slightly in excess of the values in Figure 44.A2.~~

Annex A (informative)

Examples of calculated risk level CRL for the use of SPDs

A.1 Example 1 – Building in rural environment

Ground flash density $N_g = 1$

Environmental factor $f_{env} = 85$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= (2 \times 0,4) + (0,4 \times 0,6) \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0,4;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0,6;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$\text{CRL} = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (1,04 \times 1) = 81,7$$

In this case, SPD protection shall be installed as the CRL is less than 1 000.

A.2 Example 2 – Building in rural environment powered in HV

Ground flash density $N_g = 0,4$

Environmental factor $f_{env} = 85$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= 0,2 \times 1 \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 1.

$$\text{CRL} = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (0,2 \times 0,4) = 1\,062,5$$

In this case, SPD protection is not mandatory as the CRL is greater than or equal to 1 000.

A.3 Example 3 – Building in urban environment powered by overhead lines

Ground flash density $N_g = 1$

Environmental factor $f_{env} = 850$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= 2 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0,4;
 L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0,6;
 L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;
 L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 1,04) = 817$$

In this case, SPD protection shall be installed as the CRL is less than 1 000.

A.4 Example 4 – Building in urban environment powered by underground cables

Ground flash density $N_g = 0,5$

Environmental factor $f_{env} = 850$

$$\text{Risk assessment length } L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ = 1$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0;
 L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0;
 L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 1;
 L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 0,5) = 1\,700.$$

In this case, an SPD is not mandatory as the CRL is greater than or equal to 1 000.

Annex B (informative)

Guidance ~~for~~ on overvoltage control by SPDs applied to overhead lines

~~In the conditions of 443.3.2.1 and according to note 1~~ Where an installation is supplied by, or includes, an overhead line and an SPD is required according to 443.4, the protective control of the overvoltage level may be obtained either by installing surge protective devices directly in the installation close to the origin of the installation, or with the consent of the network operator, in the overhead lines of the supply distribution network.

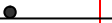
As an example, the following measures may be applied:

- a) in the case of overhead supply distribution networks, overvoltage protection is erected at network junction points and especially at the end of each feeder longer than 0,5 km. ~~Overvoltage~~ Surge protective devices should be erected at every 0,5 km distance along the supply distribution lines. Nevertheless, the distance between ~~overvoltage~~ surge protective devices should ~~be less than~~ in no case exceed 1 km;
- b) if a supply distribution network is erected partly as overhead network and partly as underground network, overvoltage protection in the overhead lines should be applied in accordance with a) at each transition point from an overhead line to an underground cable;
- c) in a TN distribution network supplying electrical installations, where ~~protection against indirect contact is provided by the protective measure~~ automatic disconnection of supply is applied, the earthing conductors of the ~~overvoltage~~ surge protective devices connected to the line conductors are connected to the PEN conductor or to the PE conductor;
- d) in a TT distribution network supplying electrical installations, where ~~protection against indirect contact is provided by the protective measure~~ automatic disconnection of supply is applied, ~~overvoltage~~ surge protective devices are provided for the ~~phase~~ line conductors and for the neutral conductor. At the place where the neutral conductor of the supply network is effectively earthed, ~~an overvoltage~~ a surge protective device for the neutral conductor is not necessary.

~~NOTE – In Germany the content of Annex B is normative.~~

Table B.1 — Different possibilities for IT systems

(taking into account a first fault in the LV installation)

System	Exposed-conductive-parts of LV equipment of the substation	Neutral impedance, if any	Exposed-conductive-parts of equipment of the LV installation	U_1	U_2	U_f
a				$U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$
b			0	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	0^a
c ^b	0	0	0	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0^a
d	0			$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0^a
e ^b		0		$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$
^a— In fact, U_f is equal to the product of first fault current by the resistance of the earth electrode of the exposed-conductive-parts ($R_A \times I_d$) which shall be less or equal to U_L. — Further, in systems a, b and d, the capacitive currents which flow through the first fault may increase in certain cases the value of U_f, but this is disregarded. ^b— In systems c1 and e1, an impedance is installed between the neutral and earth (impedance neutral). — In systems c2 and e2, no impedance is installed between the neutral and earth (isolated neutral).						

Annex C **(normative)**

Determination of the conventional length, d

The configuration of the low-voltage distribution line, its earthing, insulation level and the phenomena considered (induced coupling, resistive coupling) lead to different choices for d . The determination proposed below represents, by convention, the worst case.

NOTE—This simplified method is based on IEC 61662.

$$d = d_1 + \frac{d_2}{K_g} + \frac{d_3}{K_t}$$

By convention d is limited to 1 km,

where

d_1 is the length of the low-voltage overhead supply line to the structure, limited to 1 km;

d_2 is the length of the low-voltage underground unscreened line of the structure, limited to 1 km;

d_3 is the length of the high-voltage overhead supply line of the structure, limited to 1 km;

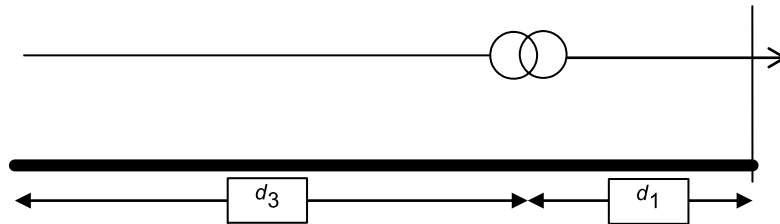
The length of a high-voltage underground supply line is neglected.

—The length of a screened low-voltage underground line is neglected.

$K_g = 4$ is the reduction factor based on the ratio on the influence of strikes between the overhead lines and underground unscreened cables, calculated for a resistivity of soil of 250 Ωm ;

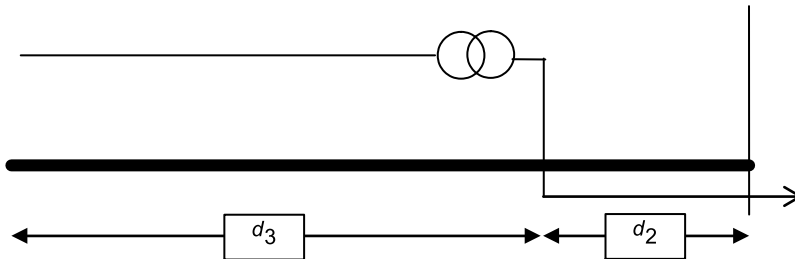
$K_t = 4$ is the typical reduction factor for a transformer.

~~HV and LV overhead lines~~



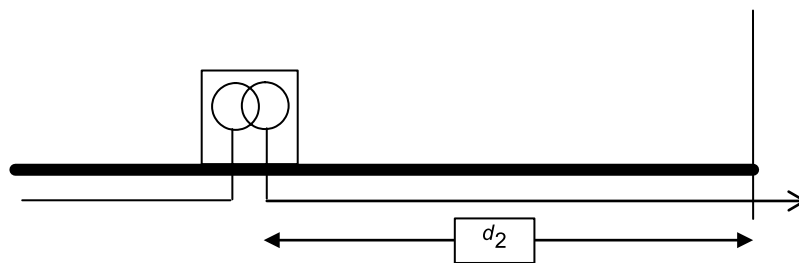
$$\cancel{d = d_1 + \frac{d_3}{K_t}}$$

~~HV overhead line and buried LV lines~~



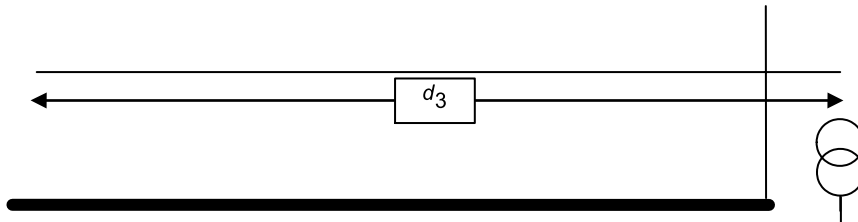
$$\cancel{d = \frac{d_3}{K_t} + \frac{d_2}{K_g}}$$

~~HV and LV buried lines~~



$$\cancel{d = \frac{d_2}{K_g}}$$

~~HV line overhead~~



$$\cancel{d = \frac{d_3}{K_t}}$$

IEC 2160/03

~~NOTE When the HV/LV transformer is inside the building, $d_1 = d_2 = 0$.~~

~~Figure 44.Q — Examples of how to apply d_1 , d_2 and d_3 for the determination of d~~

Annex C (informative)

List of notes concerning certain countries

Country	Clause	Text
AT	443.1	In Austria, the protection of all electrical installations against overvoltages by use of SPDs, installed according to IEC 60364-5-53:2001, Clause 534 and IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015 is mandatory, irrespective of the categories of consequences and of any risk assessment method.
NO	443.1	In Norway, every electrical installation shall be protected by an SPD.
FI	443.4	In Finland protection against transient overvoltage is not mandatory if an installation is supplied by underground cable. When the installation is supplied by overhead line, a risk assessment should be performed.
DE	443.4	In Germany, the following deviation shall be considered: The wording: "For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage. However the transient overvoltage protection is not required for single dwelling units where the total economic value of the electrical installation to be protected is less than 5 times the economic value of the SPD located at the origin of the installation." Is replaced as follows: "Protection against overvoltage shall be provided where overvoltages affect individuals e.g. in residential buildings and small offices if overvoltage category I or II equipment is installed. Protection against overvoltage should also be considered for buildings with fire risks (classification BE2)."
DE	443.4	In Germany, groups of individuals, e.g. large residential buildings, churches, offices, schools protection against overvoltages shall be provided.
ES	443.4	In Spain, according to the Royal Decree 1053/2014, Clause 6.4 of the ITC-BT-52, all the circuits intended to supply energy to electric vehicles must be protected against transient overvoltages.
IN	443.4	In India, d) groups of individuals, e.g. large residential buildings, churches, offices, schools protection against over voltages shall be provided.
GB	443.4	In the UK, For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage, except for single dwelling units where the total value of the installation and equipment therein, does not justify such protection. The last paragraph of 443.4 is not applicable in the UK as it is considered out of scope because it will involve work above 1 000 V.
IN	443.4	In India, Protection against overvoltage protection shall be provided where over voltages affect individuals e.g. residential buildings and small offices if the risk assessment according to 443.5 requires the protection against transient over voltages of atmospheric origin. If no risk assessment is performed protection against transient over voltages of atmospheric origin shall be provided, except for single dwellings where only overvoltage category III or IV equipment are the only equipment at this location.
DE	443.5	In Germany, Clause 443.5 does not apply.
GB	443.5	In the UK, the value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations.

ES	443.5	In Spain, the value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations.
DE	Annex A	In Germany, Annex A does not apply.
DE	Annex B	In Germany, the content of Annex B is normative.

Bibliography

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60364-5-51:2005, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 61000-2 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-5 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines*

IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communication*

IEC 61386 series, *Conduit systems for electrical installations*

IEC 61662:1995, *Assessment of the risk of damage due to lightning*
Amendment 1 (1996)

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

IEC 62020:1998, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

ETS 300 253:1995, *Equipment Engineering (EE) – Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres*

EN 50310, *Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment*

EN 50288 (all parts), *Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	67
INTRODUCTION	69
440.1 Domaine d'application	70
440.2 Références normatives	70
441 (Disponible)	72
442 Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension	72
442.1 Généralités	72
442.1.1 Généralités	72
442.1.2 Symboles	72
442.2 Surtensions dans un réseau BT en cas de défaut HT	73
442.2.1 Valeur et durée de la tension de défaut à fréquence industrielle	75
442.2.2 Valeur et durée des contraintes à fréquence industrielle	76
442.2.3 Exigences pour le calcul des limites	77
442.3 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de rupture du conducteur neutre en schémas TN et en schéma TT	77
442.4 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de défaut à la terre en schéma IT avec neutre distribué	77
442.5 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de court-circuit entre phase et neutre	77
443 Protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres	77
443.1 Généralités	77
443.2 Classification des tensions de tenue aux chocs (catégories de surtensions)	
443.2.1 Objet de la classification des tensions de tenue aux chocs (catégories de surtensions)	
443.2 Vide	79
443.3 Dispositions pour la maîtrise des surtensions	
443.3.1 Situation naturelle des surtensions	
443.3.2 Situation contrôlée des surtensions	
443.3 Termes et définitions	79
443.4 Tensions de tenue aux chocs prescrites pour les matériels	
443.4 Maîtrise des surtensions	80
443.5 Méthode d'évaluation du risque	80
443.6 Classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)	82
443.6.1 Objet de la classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)	82
443.2.6.2 Relations entre Tensions assignées de tenue aux chocs des matériels et catégories de surtensions	83
444 Dispositions contre les influences électromagnétiques	87
444.1 Généralités	87
444.2 (disponible)	87
444.3 Définitions	87
444.4 Mesures d'atténuation des influences électromagnétiques	88
444.4.1 Sources des influences électromagnétiques	88
444.4.2 Dispositions de réduction des perturbations électromagnétiques	89

444.4.3	Schéma TN	90
444.4.4	Schéma TT	95
444.4.5	Schéma IT	96
444.4.6	Alimentation par plusieurs sources.....	97
444.4.7	Commutation de l'alimentation	100
444.4.8	Pénétration des services dans un bâtiment	102
444.4.9	Bâtiments séparés	103
444.4.10	Installations dans les bâtiments	103
444.4.11	Dispositifs de protection.....	105
444.4.12	Câbles de communication	105
444.5	Mise à la terre et liaisons équipotentielles	105
444.5.1	Interconnexion des prises de terre	105
444.5.2	Interconnexion des réseaux entrants et mise à la terre	106
444.5.3	Différentes structures du réseau des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre.....	106
444.5.4	Réseau de terre dans des bâtiments à plusieurs étages.....	108
444.5.5	Conducteurs d'équipotentialité fonctionnelle	109
444.5.6	Bâtiments tertiaires ou industriels avec une installation importante de matériels de traitement de l'information	110
444.5.7	Dispositions de mise à la terre et équipotentialités fonctionnelles des matériels de traitement de l'information pour des raisons fonctionnelles.....	110
444.6	Séparation des circuits	111
444.6.1	Généralités	111
444.6.2	Conception	111
444.6.3	Règles de mise en œuvre	112
444.7	Mise en œuvre des canalisations.....	113
444.7.1	Généralités	113
444.7.2	Guide de conception	113
444.7.3	Règles d'installation.....	114
445	Protection contre les baisses de tension	116
445.1	Exigences générales	116
Annexe A (informative) Notes explicatives relatives à 442.1 et 442.2.....		
Annexe A (informative) Exemples de niveau de risque calculé CRL pour l'utilisation de parafoudres		119
Annex B (informative) Guide pour l'application d'une situation contrôlée Lignes directrices pour la maîtrise des surtensions par des parafoudres dans les lignes aériennes.....		121
Annexe C (normative) Détermination de la longueur conventionnelle, d.....		
Annexe C (informative) Liste des notes concernant certains pays		125
Bibliographie.....		127
Figure 44.A1 – Schéma représentatif des diverses liaisons à la terre dans le poste de transformation et dans l'installation BT et des surtensions afférentes en cas de défaut.....		74
Figure 44.A2 – Tension de défaut acceptable due à un défaut en HT.....		76
Figure 443.1 – Illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer		82
Figure 44.R1 – Conducteur d'accompagnement de renfort d'écran pour assurer un réseau commun d'équipotentialité		89
Figure 44.R2 – Exemple de conducteur d'accompagnement ou de substitution en schéma TT		90

Figure 44.R3A – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S depuis l'origine du réseau public jusques et y compris les circuits terminaux à l'intérieur du bâtiment	92
Figure 44.R3B – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S en aval du transformateur d'alimentation privé du consommateur	93
Figure 44.R4 – Schéma TN-C-S dans un bâtiment existant	94
Figure 44.R5 – Schéma TT dans un bâtiment	95
Figure 44.R6 – Schéma IT dans un bâtiment	96
Figure 44.R7A – Schéma TN alimenté par plusieurs sources avec connexion multiple non appropriée entre le PEN et la terre	97
Figure 44.R7B – Schéma TN alimenté par plusieurs sources avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre	98
Figure 44.R8 – Schéma TT alimenté par plusieurs sources avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre	99
Figure 44.R9A – Alimentation triphasée avec commutateur à 4 pôles	100
Figure 44.R9B – Ecoulement de courant dans le conducteur neutre dans une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié	101
Figure 44.R9C – Alimentation monophasée avec commutateur à 2 pôles	102
Figure 44.R10 – Exemple de pénétration de câbles armés et de canalisations métalliques dans un bâtiment	103
Figure 44.R11 – Illustration des mesures dans un bâtiment existant	104
Figure 44.R12 – Prises de terre interconnectées	105
Figure 44.R13 – Exemples de conducteurs de protection en étoile	106
Figure 44.R14 – Exemple de réseau à mailles multiples en étoile	107
Figure 44.R15 – Exemple de réseau en étoile à maillage commun	108
Figure 44.R16 – Exemple de réseau équipotentiel dans des structures sans systèmes de protection contre la foudre	109
Figure 44.R17A – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles ≤ 35 m	112
Figure 44.R17B – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles > 35 m	112
Figure 44.R18 – Séparation des câbles d'une canalisation	113
Figure 44.R19 – Disposition de câbles dans un chemin de câbles métallique	114
Figure 44.R20 – continuité de supports métalliques	115
Figure 44.R21 – Emplacement des câbles dans des éléments de construction métallique	115
Figure 44.R22 – Interruption de sections métalliques	116
Figure 44.Q – Exemples d'utilisation de d_1, d_2 et d_3 pour la détermination de d	
Tableau 44.A1 – Contraintes de tension et tensions de défaut industrielles dans le réseau BT	75
Tableau 44.A2 – Contraintes à fréquence industrielle admissibles	76
Tableau 443.1 – Calcul de f_{env}	81
Tableau 44B 443.2 – Tension assignée de tenue aux chocs prescrite exigée pour les matériels U_w	86
Tableau B.1 – Différentes possibilités de schéma IT	

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60364-4-44 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2007-08) [documents 64/1600/FDIS et 64/1609/RVD] et son amendement 1 (2015-09) [documents 64/2032/FDIS et 64/2073/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60364-4-44 a été établie par le comité d'études 64 de l'IEC: Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Le document 64/1600/FDIS, circulé comme Amendement 3 auprès des Comités nationaux de l'IEC, a conduit à la publication de la nouvelle édition.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60364, présentées sous le titre général *Installations électriques à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe C énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu des corrigenda de mai 2010 et octobre 2011 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La Partie 4-44 de l'IEC 60364 traite de la protection des installations électriques et des dispositions contre les perturbations de tension et les interférences électromagnétiques.

Les exigences sont traitées dans les quatre articles suivants:

- Article 442: Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension;
- Article 443: Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres;
- Article 444: Dispositions contre les influences électromagnétiques.
- Article 445: Protection contre les baisses de tension

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

440.1 Domaine d'application

Les règles de la présente Partie de l'IEC 60364 sont destinées à donner des exigences pour la sécurité des installations électriques en cas de perturbations de tension ou d'influences électromagnétiques dues à des raisons diverses.

Les règles de la présente partie ne s'appliquent pas aux réseaux de distribution d'énergie public ou à la génération de puissance et à sa transmission (voir le domaine d'application de l'IEC 60364-1) bien que de telles perturbations peuvent être transmises dans ou entre des installations électriques par ces réseaux.

440.2 Références normatives

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

IEC 60038:1983 2009, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60050-604:1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

IEC 60364-1, *Installations électriques des bâtiments – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002

IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015

IEC 60364-5-54:2002, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*¹

IEC 60479-1:2005, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

¹ Une troisième édition est à l'étude.

IEC 61000-2-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 5: Classification des environnements électromagnétiques – Publication fondamentale en CEM*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Normes sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Normes sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 2-1: Règles particulières et essais pour transformateurs d'isolement à enroulements séparés et alimentations incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés pour applications d'ordre général*

IEC 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-4: Règles particulières pour les transformateurs de séparation des circuits pour usage général*

IEC 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-6: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général*

IEC 61558-2-15, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-15: Règles particulières pour les transformateurs de séparation de circuits pour locaux à usages médicaux*

IEC 61643 (toutes les parties), *Parafoudres basse tension*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 61643-22, *Parafoudres basse tension – Partie 22: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application*

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV - Partie 1: Règles communes*

IEC 62305 (toutes les parties), *Protection contre la foudre*

IEC 62305-1, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62305-4, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

441 (Disponible)

442 Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension

442.1 Généralités

Les exigences de cet article sont nécessaires pour assurer la sécurité des installations basse tension contre:

- un défaut entre la haute tension et la terre dans le poste de transformation alimentant l'installation basse tension;
- la perte du point neutre en basse tension;
- un court-circuit entre phase et neutre;
- un court-circuit entre terre et phase d'un système IT basse tension.

Les exigences pour la mise à la terre du poste sont données dans l'IEC 61936-1.

442.1.1 Généralités

L'Article 442 donne des règles pour le concepteur et l'installateur du poste de transformation et couvre les cas de défauts entre une phase haute tension et la terre d'un poste de transformation HT/BT. Il est nécessaire d'avoir les informations suivantes sur le réseau à haute tension:

- le type de schéma de mise à la terre;
- la valeur maximale du courant de défaut;
- la résistance de la prise de terre.

Les paragraphes suivants considèrent quatre cas comme proposé en 442.1, qui généralement, génèrent les surtensions temporaires les plus défavorables telles que définies dans l'IEC 60050-604 :

- défaut entre le réseau haute tension et la terre (voir 442.2);
- rupture du neutre dans le réseau à basse tension (voir 442.3);
- mise à la terre accidentelle dans un schéma IT BT (voir 442.4);
- court-circuit dans l'installation à basse tension (voir 442.5).

442.1.2 Symboles

Dans l'Article 442, les symboles suivants sont utilisés (voir la Figure 44.A1):

I_E partie du courant de défaut à la terre dans l'installation à haute tension qui s'écoule par la prise de terre des masses du poste de transformation.

R_E résistance de la prise de terre du poste de transformation.

R_A résistance de la prise de terre des masses des matériels du réseau à basse tension

R_B résistance de la prise de terre du neutre du réseau à basse tension dans lequel les mises à la terre du transformateur et celle du neutre sont électriquement indépendantes

U_0 pour les schémas TN et TT: tension nominale alternative efficace entre phase et terre

en schéma IT: tension nominale alternative entre phase et neutre ou conducteur de point milieu, selon configuration

U_f tension de défaut à fréquence industrielle dans l'installation à basse tension entre les masses et la terre lors du défaut

U_1 contrainte à fréquence industrielle de tension entre les conducteurs actifs et les masses des matériels électriques à basse tension situées dans le poste de transformation lors du défaut

U_2 contrainte à fréquence industrielle de tension entre les conducteurs actifs et les masses des matériels électriques à basse tension de l'installation électrique à basse tension lors du défaut

NOTE 1 La contrainte à fréquence industrielle (U_1 et U_2) est la tension apparaissant à travers l'isolation des matériels à basse tension et à travers les parafoudres connectés à l'installation basse tension.

Les symboles complémentaires suivants sont utilisés en schéma IT dans lequel les masses des matériels électriques à basse tension sont connectées à une prise de terre électriquement indépendante de celle du poste de transformation.

I_h courant de défaut s'écoulant dans la prise de terre des masses des matériels de l'installation à basse tension lors du défaut si un défaut est présent en haute tension et avec un premier défaut en basse tension (voir Tableau 44.A1).

I_d le courant de défaut conforme à 411.6.2 s'écoulant dans la prise de terre des masses des matériels de l'installation à basse tension avec un premier défaut en basse tension (voir Tableau 44.A1).

Z l'impédance (par exemple, impédance interne « IMD », impédance du neutre artificiel) entre le réseau à basse tension et la prise de terre

NOTE 2 Une prise de terre peut être considérée comme électriquement indépendante d'une autre, si une élévation du potentiel due à une autre prise n'entraîne pas d'élévation dangereuse de potentiel dans cette prise de terre. Voir IEC 61936-1.

442.2 Surtensions dans un réseau BT en cas de défaut HT

En cas de défaut à la terre dans la partie HT du poste, les types de surtensions suivantes peuvent affecter l'installation BT:

tension de défaut à fréquence industrielle (U_f);

- contraintes de tension industrielles (U_1 et U_2).

Le Tableau 44.A1 donne les méthodes appropriées de calcul des diverses surtensions.

NOTE 1 Le Tableau 44.A1 traite uniquement des schémas IT ayant un point neutre. Pour les schémas IT n'ayant pas de point neutre, il convient d'ajuster la formule en conséquence.

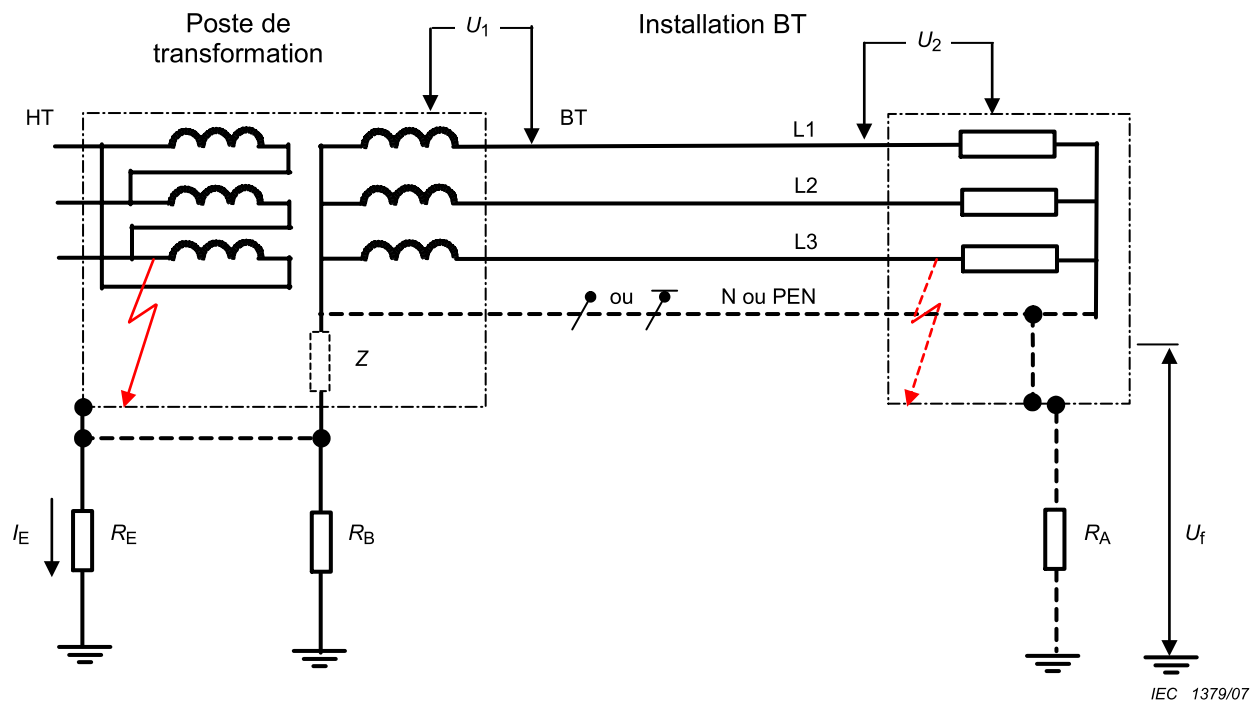


Figure 44.A1 – Schéma représentatif des diverses liaisons à la terre dans le poste de transformation et dans l'installation BT et des surtensions afférentes en cas de défaut

Si les prises de terre HT et BT sont proches l'une de l'autre, deux méthodes sont actuellement utilisées:

- interconnexion de toutes les prises de terre HT (R_E) et BT (R_B);
- séparation des prises de terre HT (R_E) et BT (R_B).

La méthode générale utilisée est l'interconnexion. Les prises de terre HT et BT doivent être interconnectées si le réseau BT est complètement confiné dans la zone de la prise de terre HT(voir l'IEC 61936-1).

NOTE 2 Les détails des divers schémas de liaisons à la terre (TN, TT et IT) sont indiqués dans l'IEC 60364-1.

Tableau 44.A1 – Contraintes de tension et tensions de défaut industrielles dans le réseau BT

Schémas de ditribution	Types de prise de terre	U_1	U_2	U_f
TT	R_E et R_B connectées	U_o *)	$R_E \times I_E + U_o$	0 *)
	R_E et R_B séparées	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
TN	R_E et R_B connectées	U_o *)	U_o *)	$R_E \times I_E$ **)
	R_E et R_B séparées	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
IT	R_E et Z connectées R_E et R_A separées	U_o *)	$R_E \times I_E + U_o$	0 *)
		$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E et Z connectées R_E et R_A interconnectées	U_o *)	U_o *)	$R_E \times I_E$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E et Z séparées R_E et R_A séparées	$R_E \times I_E + U_o$	U_o *)	0 *)
		$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$

*) Sans considération particulière.

**) Voir le second paragraphe du 442.2.1.

Au sujet des défauts à la terre dans une installation

NOTE 3 Les exigences pour U_1 et U_2 sont issues des critères de conception de l'isolation des matériels BT vis-à-vis des surtensions industrielles temporaires (voir aussi le Tableau 44.A2).

NOTE 4 Dans un réseau où le neutre est connecté à la prise de terre du poste de transformation, de telles surtensions industrielles temporaires sont susceptibles d'apparaître à travers l'isolation qui n'est pas dans une enveloppe mise à la terre lorsque le matériel est à l'extérieur d'un bâtiment.

NOTE 5 En schémas TT et TN, le qualificatif « connecté » ou « séparé » se réfère à la liaison électrique entre R_E et R_B . En schéma IT, il se réfère à la liaison électrique entre R_E et Z et à celle entre R_E et R_A .

442.2.1 Valeur et durée de la tension de défaut à fréquence industrielle

La valeur et la durée de la tension de défaut U_f (calculées selon le Tableau 44.A1) apparaissant dans l'installation BT entre les masses et la terre, ne doit pas dépasser les valeurs données pour U_f de la courbe de la Figure 44.A2 lors du défaut.

Normalement, le conducteur PEN du réseau BT est connecté à la terre en plusieurs points. Dans ce cas, la valeur globale de la résistance de terre est réduite. Dû à ces multiples connexions à la terre du PEN, U_f peut être calculé par la formule suivante:

$$U_f = 0,5 R_E \times I_E$$

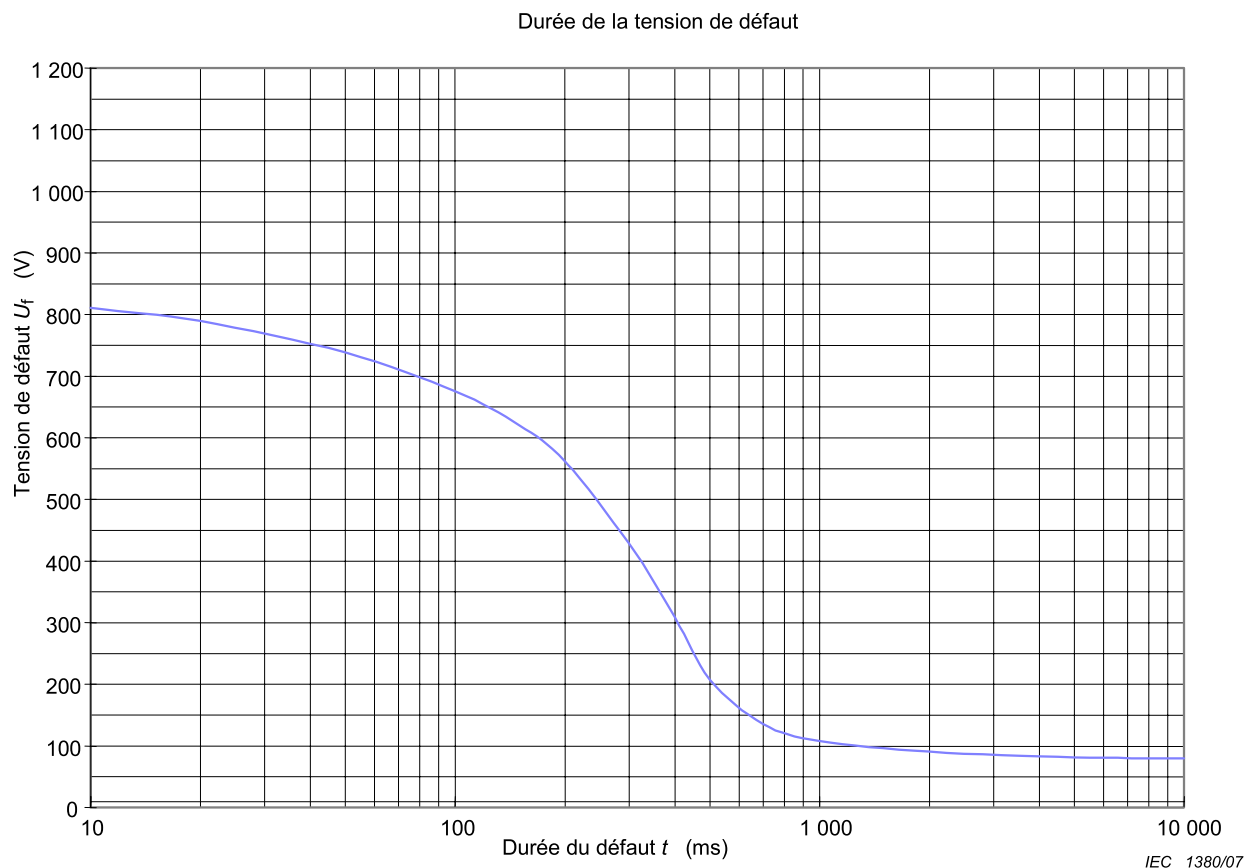


Figure 44.A2 – Tension de défaut acceptable due à un défaut en HT

NOTE La courbe de la Figure 44.A2 est celle de l'IEC 61936-1. En se fondant sur des données de probabilité et statistiques, cette courbe représente un niveau faible de risque dans le cas le plus défavorable lorsque le neutre BT n'est mis à la terre qu'au niveau du poste de transformation. Des directives concernant d'autres situations sont fournies dans l'IEC 61936-1.

442.2.2 Valeur et durée des contraintes à fréquence industrielle

La valeur et la durée des contraintes à fréquence industrielle (U_1 et U_2) calculées selon le Tableau 44.A1, apparaissant dans les matériels de l'installation BT dues à un défaut HT ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 44.A2.

Tableau 44.A2 – Contraintes à fréquence industrielle admissibles

Durée du défaut HT t	Contraintes de tension admissibles sur les matériels d'une installation à basse tension U
>5 s	$U_o + 250 \text{ V}$
≤5 s	$U_o + 1\,200 \text{ V}$
Dans les systèmes sans conducteur neutre, U_o doit être la tension entre phase.	
NOTE 1 La première ligne du tableau est relative aux systèmes d'alimentation haute tension ayant des temps de coupure longs, par exemple les systèmes à neutre isolé ou mis à la terre.. La seconde ligne est relative aux systèmes d'alimentation HT ayant des temps de coupure courts, par exemple les systèmes mis à la terre directement. Les deux lignes ensemble sont des critères de conception à prendre en considération quant à l'isolement des matériels à basse tension pour les surtensions temporaires, voir l'IEC 60664-1. NOTE 2 Dans un réseau où le neutre est connecté à la prise de terre du poste de transformation, de telles surtensions industrielles temporaires sont susceptibles d'apparaître à travers l'isolation qui n'est pas dans une enveloppe mise à la terre lorsque le matériel est à l'extérieur d'un bâtiment.	

442.2.3 Exigences pour le calcul des limites

Dans le cas où cela est requis dans le Tableau 44.A1, la limite de contrainte de tension à fréquence industrielle ne doit pas être supérieure à celle du Tableau 44.A2.

Dans le cas où cela est requis dans le Tableau 44.A1, la limite de tension de défaut à fréquence industrielle ne doit pas être supérieure à celle de la Figure 44.A2.

Les exigences du 442.2.1 et 442.2.2 correspondent aux exigences d'une installation recevant une alimentation basse tension depuis un réseau de distribution public d'électricité.

Pour satisfaire aux exigences ci-dessus, une coordination entre le gestionnaire du réseau HT et l'installateur du réseau BT est nécessaire. La conformité aux exigences ci-dessus est de la responsabilité de l'installateur/propriétaire/gestionnaire du poste de transformation lequel doit aussi satisfaire aux exigences de l'IEC 61936-1. C'est pourquoi le calcul de U_1 , U_2 et U_f n'est normalement pas nécessaire pour l'installateur du réseau BT.

Des dispositions possibles pour satisfaire aux exigences ci-dessus sont par exemple:

- la séparation des prises de terre HT et BT;
- le changement du schéma des liaisons à la terre en BT;
- la réduction de la valeur de la prise de terre R_E .

442.3 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de rupture du conducteur neutre en schémas TN et en schéma TT

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de rupture du conducteur neutre d'un système polyphasé, les isolations principale, double et renforcée ainsi que les matériels dimensionnés pour la tension entre conducteurs de phase et le conducteur neutre peuvent être soumis temporairement à la tension entre phases. La contrainte de tension peut atteindre $U = \sqrt{3} U_0$.

442.4 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de défaut à la terre en schéma IT avec neutre distribué

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de défaut à la terre d'un conducteur de phase en schéma IT, les isolations ou les matériels dimensionnés pour la tension simple peuvent être soumis temporairement à la tension composée. La contrainte de tension peut atteindre $U = \sqrt{3} U_0$.

442.5 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de court-circuit entre phase et neutre

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de court-circuit entre phase et neutre dans l'installation à basse tension, les contraintes de tension entre les autres conducteurs de phase et le neutre peuvent atteindre la valeur de $1,45 \times U_0$ pendant une durée non supérieure à 5 s.

443 Protection contre les surtensions **transitoires** d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres

443.1 Généralités

L'Article 443 ~~traite de~~ **spécifie les exigences pour** la protection des installations électriques contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique transmises par les réseaux de distribution **y compris les coups de foudre directs touchant les réseaux d'alimentation électrique** et contre les surtensions de manœuvre. **Les exigences pour la protection contre les surtensions transitoires dues à des coups de foudre directs ou proches affectant une structure ne sont pas données à l'Article 443.**

NOTE 1 Pour la gestion des risques dans le cadre de la protection contre les surtensions transitoires dues à des coups de foudre directs ou proches affectant une structure, voir l'IEC 62305-2.

Généralement, les surtensions de manœuvre ~~sont plus faibles que les~~ ont une amplitude inférieure à celle des surtensions transitoires d'origine atmosphérique et c'est pourquoi les exigences relatives à la protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique sont normalement suffisantes pour la protection contre les surtensions de manœuvre.

~~NOTE 1 Des mesures statistiques ont montré qu'il existe un risque faible de niveau de surtensions de manœuvre supérieur à la catégorie de surtensions II. Voir 443.2.~~

~~Les surtensions qui peuvent apparaître à l'origine d'une installation, le niveau kéraunique présumé, l'emplacement et les caractéristiques des dispositifs de protection contre les surtensions doivent être pris en considération, de sorte que les probabilités d'incidents dus à des contraintes de surtension soient réduites à un niveau acceptable pour la sécurité des personnes et des biens, ainsi que pour la continuité de service souhaitée.~~

En l'absence de protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique, il peut être nécessaire d'installer une protection contre les surtensions de manœuvre.

NOTE 2 Les surtensions de manœuvre peuvent être plus longues et contenir plus d'énergie que les surtensions transitoires d'origine atmosphérique. Voir 443.4

Les ~~valeurs~~ caractéristiques des surtensions transitoires d'origine atmosphérique dépendent de facteurs tels que:

- ~~— de~~ la nature du réseau ~~d'alimentation~~ de distribution (souterrain ou aérien);
- ~~— et de~~ la présence éventuelle ~~de dispositifs de protection contre les surtensions~~ d'au moins un parafoudre (SPD) en amont de l'origine de l'installation;
- ~~— et du~~ le niveau de tension du réseau d'alimentation.

~~Le présent article fournit des indications lorsque la protection contre les surtensions est obtenue par la situation naturelle ou assurée par la situation contrôlée. Si la protection conformément à cet article n'est pas prévue, la coordination de l'isolement n'est pas assurée et le risque dû aux surtensions doit être estimé.~~

~~Le présent article ne s'applique pas en cas de surtensions dues à un coup de foudre direct ou proche. Pour la protection contre les surtensions transitoires dues à un coup de foudre direct, l'IEC 62305-1, l'IEC 62305-3, l'IEC 62305-4 et la série IEC 61643 s'appliquent. Le présent article ne s'applique pas aux surtensions sur les systèmes de transmissions de données.~~

NOTE 2 3 En ce qui concerne les surtensions transitoires d'origine atmosphérique, aucune distinction n'est faite entre les installations mises à la terre et celles qui ne le sont pas.

~~NOTE 3 Les surtensions de manœuvre créées en dehors de l'installation et transmises par le réseau d'alimentation sont à l'étude.~~

~~NOTE 4 Le risque dû à des surtensions est traité dans l'IEC 61662 et son amendement 1.~~

La protection contre les surtensions transitoires est assurée par l'installation de parafoudres (SPD).

Le choix et la mise en œuvre des parafoudres doivent être conformes à l'Article 534 de l'IEC 60364-5-53:2001, l'IEC 60364-5-53/ AMD1:2002 et de l'IEC 60364-5-53/AMD2:2015.

Si des parafoudres sont nécessaires sur les lignes d'alimentation électrique, des parafoudres supplémentaires sont aussi recommandés sur les autres lignes comme les lignes de télécommunication.

Les exigences pour la protection contre les surtensions transitoires transmises par les systèmes de transmission de données ne sont pas couvertes par l'Article 443. Voir l'IEC 61643-22.

L'Article 443 ne s'applique pas aux installations dans lesquelles les conséquences des surtensions affectent:

- a) les structures présentant un risque d'explosion;
- b) les structures pour lesquelles le dommage peut aussi impacter l'environnement (par exemple émissions chimiques ou radioactives).

443.2 Vide

443.3 Termes et définitions

443.3.1

environnement urbain

zone présentant une forte densité de bâtiments ou de population avec des immeubles élevés

Note 1 à l'article: Un centre-ville constitue un exemple d'environnement urbain.

443.3.2

environnement suburbain

zone présentant une densité moyenne de bâtiments

Note 1 à l'article: Les zones à la périphérie immédiate des villes constituent un exemple d'environnement suburbain.

443.3.3

environnement rural

zone présentant une faible densité de bâtiments

Note 1 à l'article: La campagne est un exemple d'environnement rural.

443.3.4

dispositif de protection contre les surtensions

parafoudre

SPD

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

Note 1 à l'article: Un parafoudre (SPD) est un ensemble complet disposant de moyens de connexion appropriés.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective device".

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

443.3.5

niveau de risque calculé

CRL

valeur calculée de risque utilisée pour évaluer le besoin de protection contre les surtensions transitoires

Note 1 à l'article: L'abréviation «CRL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «calculated risk level».

443.3.6

tension assignée de tenue aux chocs

U_W

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, Modifié — ajout de symbole]

443.4 Maîtrise des surtensions

La protection contre les surtensions transitoires doit être assurée lorsque les conséquences des surtensions affectent:

- a) la vie humaine, par exemple les services de sécurité, des installations de soins médicaux;
- b) les services publics et le patrimoine culturel, par exemple perte de services publics, centres de communication, musées;
- c) les activités tertiaires ou industrielles, par exemple hôtels, banques, industries, marchés commerciaux, fermes.

Dans tous les autres cas, une évaluation du risque selon 443.5 doit être menée afin de déterminer si la protection contre les surtensions transitoires est nécessaire. Si l'évaluation du risque n'est pas réalisée, l'installation électrique doit être équipée d'une protection contre les surtensions transitoires.

Toutefois, la protection contre les surtensions transitoires n'est pas exigée pour un logement dans lequel la valeur économique totale de l'installation électrique à protéger est inférieure à 5 fois la valeur économique du parafoudre situé à l'origine de l'installation.

NOTE 1 Les Comités nationaux peuvent modifier les critères de cette exception concernant les logements ou décider de ne pas l'appliquer.

Il convient que la protection contre les surtensions de manœuvre soit prise en considération dans le cas de matériels susceptibles de produire des surtensions de manœuvre ou des perturbations dépassant les valeurs d'après la catégorie de surtensions de l'installation par exemple lorsqu'un générateur BT alimente l'installation ou lorsque des charges inductives ou capacitatives (par exemple moteurs, transformateurs, batteries de condensateurs, etc.), des unités de stockage ou des charges de courant élevées sont installés.

NOTE 2 L'Annexe B donne des lignes directrices concernant la maîtrise des surtensions lorsque des parafoudres placés par le gestionnaire du réseau d'électricité sont installés sur des lignes aériennes.

Pour une installation basse tension alimentée par un réseau de distribution à haute tension par l'intermédiaire d'un transformateur dédié (par exemple une application industrielle), il convient d'installer des moyens supplémentaires de protection contre les surtensions dues à la foudre du côté haute tension du transformateur.

443.5 Méthode d'évaluation du risque

NOTE 1 Pour la protection d'une structure et de son installation électrique contre la foudre et contre les surtensions d'origine atmosphériques, la série IEC 62305 s'applique.

Le niveau de risque calculé (CRL) est utilisé pour déterminer si la protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique est nécessaire. Le CRL est basé sur la formule suivante:

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g)$$

où

- f_{env} est un facteur environnemental et la valeur de f_{env} doit être calculée conformément au Tableau 443.1.

Tableau 443.1 – Calcul de f_{env}

Environnement	f_{env}
Environnement rural et suburbain	$85 \times F$
Environnement urbain	$850 \times F$

La valeur du coefficient F doit être prise comme étant égale à 1 pour toutes les installations. Toutefois, les Comités nationaux peuvent ajuster la valeur du coefficient F de 1 à 3 pour les locaux d'habitation.

- N_g est la densité de foudroiement au sol (coup de foudre par km² par an) valable pour l'emplacement de la ligne électrique et de la structure raccordée;

NOTE 2 Conformément à l'IEC 62305-2:2010, Article A.1, 25 jours d'orage par an sont équivalents à une valeur de 2,5 de foudroiement par km² par an. Cette valeur est obtenue avec la formule $N_g = 0,1 \times T_d$, où T_d est le nombre de jours d'orage par an (niveau kéraunique).

- la longueur d'évaluation de risque L_P est calculée comme indiqué ci-dessous:

$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension;

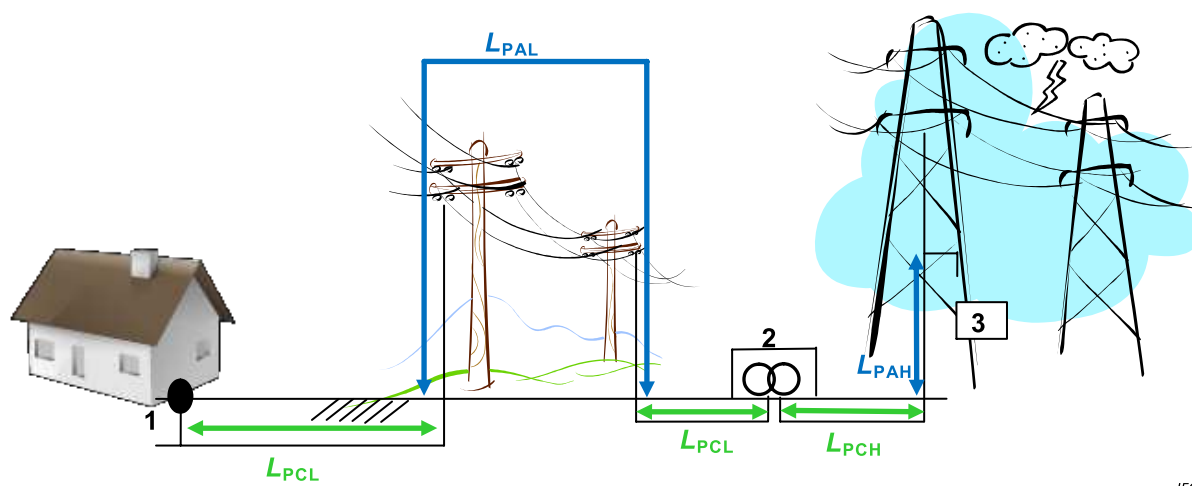
L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension.

La longueur totale ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) est limitée à 1 km ou par la distance qui sépare le premier dispositif de protection contre les surtensions installé sur le réseau électrique et l'entrée de l'installation en prenant la plus faible de ces deux valeurs.

Si les longueurs des réseaux de distribution sont totalement ou partiellement inconnues, alors L_{PAL} doit être prise comme étant égale à la distance restante pour atteindre une longueur totale de 1 km.

Par exemple, si seule la distance du câble souterrain est connue (par exemple 100 m), alors L_{PAL} doit être prise comme étant égale à 90 m. Une illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer est donnée à la Figure 443.1.



Légende

- 1 origine de l'installation
- 2 transformateur B.T. / H.T
- 3 parafoudre (dispositif de protection contre les surtensions)

Figure 443.1 – Illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer

Si $CRL \geq 1\,000$, aucune protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique n'est nécessaire;

Si $CRL < 1\,000$, une protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique est nécessaire.

NOTE 3 Des exemples de calcul du CRL sont donnés dans l'Annexe A.

443.6 Classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

443.6.1 Objet de la classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

L'Article 443.6 donne des informations concernant la catégorie de surtension du matériel.

NOTE 1 Les catégories de surtensions sont définies pour les installations électriques dans le cadre de la coordination de l'isolement et une classification correspondante des matériels avec les tensions assignées de tenue aux chocs est donnée (voir l'IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015, Tableau 534.1).

Le concept de tension assignée de tenue aux chocs est utilisé pour classer par catégorie de surtension les matériels alimentés directement par l'installation électrique à basse tension.

Les tensions assignées de tenue aux chocs pour les matériels choisis en fonction de la tension nominale sont données pour distinguer les différents degrés de disponibilité des matériels en fonction de la continuité du service et du risque acceptable de défaillance.

La maîtrise des surtensions fondée uniquement sur la tension de tenue aux chocs des matériels selon l'IEC 60664-1 pourrait ne pas être suffisante pour les raisons suivantes:

- les surtensions transitoires transmises par le réseau de distribution ne subissent pas d'atténuation significative en aval dans la plupart des installations. Une coordination de l'isolement peut être obtenue dans l'ensemble de l'installation par une protection contre les surtensions transitoires des matériels correspondant à la classification de la tension assignée de tenue aux chocs réduisant le risque de défaillance à un niveau acceptable;

- dans les installations alimentées par des réseaux à basse tension entièrement souterrains et ne comportant pas de lignes aériennes, les courants de chocs et les courants de foudre partiels sont transmis via les câbles souterrains;
- les matériels sont souvent reliés à deux services différents, par exemple une ligne d'alimentation électrique et une ligne de données. L'expérience sur le terrain montre que beaucoup de dommages liés à la foudre sont constatés sur ce type de matériel.

Il est nécessaire de tenir compte de la tenue en tension U_W , (voir l'IEC 60664-1) du matériel le plus sensible à protéger dans le réseau ou, des cas nécessitant une continuité de service, du niveau d'immunité aux chocs du matériel (voir l'IEC 61000-4-5).

~~443.2~~ — Classification des tensions de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

~~443.2.1~~ — Objet de la classification des tensions de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

~~NOTE 1 Les catégories de surtensions sont définies pour les installations électriques comme l'objet de la coordination de l'isolement et d'une classification des matériels vis-à-vis des tensions de tenue aux chocs, voir Tableau 44B.~~

~~NOTE 2 La tension assignée de tenue aux chocs est une tension de choc fixée par le constructeur pour les matériels ou à une partie de ceux-ci, caractérisant la tenue spécifiée de leur isolation contre les surtensions (conformément à 3.9.2 de l'IEC 60664-1).~~

~~Le concept de tension de tenue aux chocs (catégorie de surtension) est utilisé pour classer les matériels alimentés directement par le réseau.~~

~~Les tensions de tenue aux chocs pour les matériels choisies en fonction de la tension nominale sont données pour distinguer les divers degrés de disponibilité des matériels en fonction de la continuité du service et du risque acceptable de défaillance. A l'aide du choix des matériels dans la série de tensions de tenue aux chocs, une coordination appropriée de l'isolement peut être obtenue dans l'ensemble de l'installation, réduisant ainsi le risque de défaillance à un niveau acceptable.~~

~~NOTE 3 Les surtensions transitoires transmises par le réseau de distribution ne subissent pas d'atténuation significative en aval dans la plupart des installations.~~

~~443.26.2~~ Relation entre Tensions assignées de tenue aux chocs des matériels et catégories de surtensions

Les points suivants doivent être notés:

- a) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension IV sont adaptés à l'utilisation à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation par exemple en amont du tableau de répartition principal. Les matériels de la catégorie IV se caractérisent par un très haut niveau de capacité de tenue aux chocs et assurent le haut niveau de fiabilité exigé et doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 1 Les compteurs électriques, les dispositifs de protection principaux contre les surintensités et les dispositifs de télémesures constituent des exemples de tels matériels.

- b) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension III sont adaptés à l'utilisation dans l'installation fixe en aval du tableau de distribution principal, celui-ci compris, assurant un haut niveau de fiabilité et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 2 Les tableaux de distribution, les disjoncteurs, les canalisations (voir l'IEC 60050-826:2004, 826-15-01), comprenant les câbles, les barres omnibus, les boîtes de jonction, les interrupteurs, les socles et les prises de courant) de l'installation fixe et les matériels à usage industriel et d'autres matériels tels que les moteurs fixes avec une connexion permanente à l'installation fixe constituent des exemples de tels matériels.

- c) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension II sont adaptés à la connexion à l'installation électrique fixe ~~du bâtiment~~, assurant un niveau de fiabilité normal exigé pour les matériels ~~d'usage courant~~ électriques et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 3 Les appareils électrodomestiques et autres charges analogues constituent des exemples de tels matériels.

- d) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension I sont uniquement adaptés à l'utilisation dans l'installation fixe des bâtiments lorsque ~~des mesures de protection s'appliquent à l'extérieur dudit équipement des parafoudres~~ sont installés à l'extérieur du matériel pour limiter les surtensions transitoires à un niveau spécifié et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2. Par conséquent, il convient que les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension I ~~ne doivent pas être directement reliés au réseau de distribution publique~~ soient installés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation.

NOTE 4 Les équipements comportant des circuits électroniques comme les ordinateurs, les ~~matériels avec des programmes électroniques~~ produits de l'électronique grand public, etc. constituent des exemples de tels équipements.

~~443.3 Dispositions pour la maîtrise des surtensions~~

~~La maîtrise des surtensions est réalisée selon les exigences suivantes.~~

~~443.3.1 Situation naturelle des surtensions~~

~~Le présent paragraphe n'est pas applicable si une méthode d'évaluation du risque telle que décrite en 443.3.2.2 est utilisée.~~

~~Lorsqu'une installation est alimentée par un réseau à basse tension entièrement souterrain et ne comporte pas de lignes aériennes, la tension de tenue aux chocs des matériels, donnée dans le Tableau 44B, est suffisante et aucune protection supplémentaire contre les surtensions d'origine atmosphérique n'est requise.~~

NOTE 1 Une ligne aérienne constituée de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre est considérée comme équivalente à un câble souterrain.

~~Lorsqu'une installation est alimentée par, ou comprend, une ligne aérienne à basse tension et que le niveau kéraunique est inférieur ou égal à 25 jours par an (AQ 1), aucune protection complémentaire contre les surtensions d'origine atmosphérique n'est requise.~~

NOTE 2 Indépendamment des conditions AQ, une protection contre les surtensions peut être nécessaire dans des applications où une fiabilité plus grande ou des risques plus élevés (par exemple incendie) sont susceptibles d'exister.

~~Dans les deux cas ci-dessus, une attention doit être portée sur une protection contre les surtensions transitoires des matériels dont la tension de tenue aux chocs correspond à la catégorie de surtension I (voir 443.2.2).~~

~~443.3.2 Situation contrôlée des surtensions~~

~~La décision d'application d'une méthode pour la mise en œuvre de parafoudres dans un pays donné est laissée aux comités nationaux en fonction des conditions locales.~~

~~Dans tous les cas, une attention particulière doit être accordée à une protection contre les surtensions transitoires des matériels dont la tension de tenue aux chocs correspond à la catégorie de surtension I, voir 443.2.2.~~

~~443.3.2.1 Situation contrôlée des surtensions se fondant sur les conditions d'influences externes~~

~~Lorsqu'une installation est alimentée par, ou comprend, une ligne aérienne, et que le niveau kéraunique est supérieur à 25 jours par an (AQ 2), une protection contre les surtensions d'origine atmosphérique est exigée. La tension de tenue aux chocs des dispositifs de protection ne doit pas être supérieure à la valeur de la catégorie de surtensions II donnée dans le Tableau 44B.~~

~~NOTE 1 Le niveau des surtensions peut être contrôlé par des dispositifs de protection contre les surtensions placés soit près de la source de l'installation soit sur les lignes aériennes (voir Annexe B) ou dans l'installation des bâtiments.~~

~~NOTE 2 Conformément à l'Article A.1 de l'IEC 62305-3, 25 jours d'orage par an sont équivalents à une valeur de 2,5 de foudroiement par km² par an. Cela est dû à la formule:~~

$$N_g = 0,1 T_d$$

~~où~~

~~N_g est la fréquence de foudroiement par km² et par an;~~

~~T_d est le nombre de jours d'orage par an (niveau kéraunique).~~

~~443.3.2.2 Situation contrôlée des surtensions se fondant sur une méthode d'évaluation du risque~~

~~NOTE 1 Une méthode d'évaluation du risque est décrite dans l'IEC 61662. Pour l'application de l'Article 443 une simplification significative de cette méthode a été acceptée. Elle est basée sur la longueur critique d_c de la ligne d'alimentation et le niveau de conséquences comme décrit ci-après.~~

~~Le présent paragraphe indique les divers niveaux de protection en termes de conséquences:~~

- ~~a) conséquences relatives à la vie humaine, par exemple installations de sécurité, matériels médicaux dans les hôpitaux;~~
- ~~b) conséquences relatives aux services publics, par exemple pertes de services, centres de communication, musées;~~
- ~~c) conséquences sur les activités commerciales ou industrielles, par exemple hôtels, banques, industries, marchés commerciaux, fermes;~~
- ~~d) conséquences pour les groupes de personnes, par exemple grands bâtiments résidentiels, églises, bureaux, écoles;~~
- ~~e) conséquences pour une personne, par exemple bâtiments résidentiels, petits bureaux.~~

~~Pour les niveaux de conséquences a) à c), une protection contre les surtensions doit être prévue.~~

~~NOTE 2 Il n'est pas nécessaire d'effectuer les calculs pour l'évaluation du risque selon l'Annexe C pour les niveaux de conséquences a) à c) car les calculs conduisent toujours à l'exigence d'une protection.~~

~~Pour les niveaux de conséquences d) et e), l'exigence d'une protection contre les surtensions est fonction du résultat d'un calcul. Ce calcul doit être effectué en utilisant la formule donnée à l'Annexe C, pour la détermination de la longueur d qui est basée sur une convention désignée par l'expression longueur conventionnelle.~~

~~Une protection est prescrite si:~~

$$d > d_c$$

~~où~~

~~d est la longueur conventionnelle de la ligne d'alimentation de la structure considérée exprimée en km, avec une valeur maximale de 1 km;~~

~~d_c est la longueur critique;~~

d_e en km, est égale à $\frac{1}{N_g}$ pour un niveau de conséquences d) et égale à $\frac{2}{N_g}$ pour un niveau de conséquences e) où N_g est la densité de foudroiement par km² et par an.

Si, en se fondant sur ce calcul, des parafoudres sont requis, le niveau de protection de ces dispositifs de protection ne doit pas être supérieur au niveau de la catégorie de surtension II, indiqué dans le Tableau 44B.

443.4 Tensions de tenue aux chocs prescrites pour les matériels

Les matériels doivent être choisis afin que leur tension assignée de tenue aux chocs ne soit pas inférieure à la tension de tenue aux chocs prescrite dans le Tableau 44B. Il est de la responsabilité de chaque comité de produits de prescrire la tension assignée de tenue aux chocs de leurs matériels dans les normes correspondantes, conformément à l'IEC 60664-1.

Tableau 44B 443.2 – Tension assignée de tenue aux chocs prescrite exigée pour les matériels U_w

Tension nominale de l'installation ^a V		Tension phase-neutre dérivée des tensions nominales c.a. ou c.c. jusqu'à, inclus V	Tension assignée de tenue aux chocs prescrite exigée des équipements kV			
Réseaux triphasés ^b	Réseau x monophasés à point milieu		Matériels à l'origine de l'installation Catégorie de surtension IV (matériel à tension de choc très élevée)	Matériels de distribution et circuits terminaux Catégorie de surtension III (matériel à tension de choc élevée)	Appareils d'utilisation et équipement Catégorie de surtension II (matériel à tension de choc normale)	Matériels spécialement protégés Catégorie de surtension I (matériel à faible tension de choc)
			Par exemple, compteur d'énergie, systèmes de télécommande	Par exemple, tableaux de distribution, interrupteurs	Par exemple, appareils domestiques de distribution, outils, socles de prises de courant	Par exemple, équipements électroniques sensibles
120/208	120-240	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^{b,d} 277/480 ^b	–	300	6	4	2,5	1,5
400/690	–	600	8	6	4	2,5
1 000	–	1 000	12	8	6	4
1 500 en courant continu		1 500 en courant continu			8	6

^a Selon l'IEC 60038:2009.

^b Au Canada et aux USA, pour des tensions supérieures à 300 V par rapport à la terre, la tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la tension immédiatement supérieure de cette colonne est applicable.

^c Cette tension assignée de tenue aux chocs est applicable entre les conducteurs actifs et le conducteur PE.

^d Pour les schémas IT à 220-240 V, le niveau 230/400 doit être utilisé, compte tenu de la montée en potentiel lors d'un défaut d'une phase à la terre.

444 Dispositions contre les influences électromagnétiques

444.1 Généralités

L'Article 444 donne des recommandations essentielles pour l'atténuation des perturbations électromagnétiques. Les perturbations électromagnétiques peuvent perturber ou endommager des réseaux de traitement de l'information ou des matériels comportant des composants ou circuits électroniques. Les courants dus à la foudre, les manœuvres, les courts-circuits et les autres phénomènes électromagnétiques peuvent générer des surtensions et des interférences électromagnétiques.

Ces effets apparaissent

- lorsque de grandes boucles métalliques existent; et
- lorsque différents systèmes de câblage électrique sont installés sur des parcours différents, par exemple les câbles de puissance et de communication dans un bâtiment.

Les valeurs des tensions induites dépendent du taux de variation (di/dt) du courant perturbateur et des dimensions de la boucle.

Les câbles de puissance transportant des courants importants avec un taux de variation (di/dt) important (par exemple courant de démarrage d'ascenseurs ou courant contrôlé par redresseurs) peuvent induire des surtensions dans les câbles des systèmes de technologie de l'information, qui peuvent influencer ou endommager des équipements des technologies de l'information ou électriques similaires.

Dans ou près des locaux à usages médicaux, les champs électriques ou magnétiques des installations électriques peuvent perturber les équipements électriques médicaux.

Le présent article donne des informations pour les architectes, les concepteurs et les installateurs d'installations électriques sur quelques concepts d'installation limitant les influences électromagnétiques. Des considérations essentielles sont données ici pour atténuer ces influences pouvant générer des perturbations.

444.2 (disponible)

NOTE Ce paragraphe est réservé pour un emploi ultérieur.

444.3 Définitions

Voir l'IEC 60364-1 pour les définitions principales. Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent:

444.3.1

réseau équipotentiel

interconnexion de parties conductrices réalisant un «écran électromagnétique» pour les réseaux électroniques pour des fréquences comprises entre le courant continu et celles de radio basse fréquence

[3.2.2 de ETS 300 253:1995]

NOTE Le terme «écran électromagnétique» est relatif à toute structure destinée à répartir, bloquer ou empêcher le passage d'énergie électromagnétique. En général, le réseau équipotentiel n'est pas relié à la terre mais, dans la présente norme, il est relié à la terre.

444.3.2

ceinturage d'équipotentialité

ceinturage de mise à la terre en forme de boucle fermée

[3.1.3 de l'EN 50310:2000]

NOTE Généralement, le ceinturage d'équipotentialité, en tant que partie du réseau équipotentiel, a de multiples connexions avec ce réseau et améliore ses performances.

444.3.3

réseau commun d'équipotentialité

réseau équipotentiel assurant à la fois une liaison équipotentielle de protection et une liaison équipotentielle fonctionnelle

[VEI 195-02-25, modifié]

444.3.4

réseau équipotentiel

disposition des connexions électriques entre des parties conductrices, afin de réaliser l'équipotentialité

[VEI 195-01-10, modifié]

444.3.5

réseau de terre

partie d'une installation de mise à la terre comprenant seulement les prises de terre et leurs interconnexions

[VEI 195-02-21, modifié]

444.3.6

réseau équipotentiel maillé

réseau équipotentiel dans lequel les châssis des matériels associés, les tiroirs et enveloppes et généralement le conducteur de retour en courant continu sont connectés en autant de points au réseau équipotentiel

[3.2.2 de ETS 300 253:1995]

NOTE Le réseau équipotentiel maillé améliore le réseau commun d'équipotentialité.

444.3.7

conducteur parallèle d'accompagnement

conducteur de protection parallèle aux écrans du câble de transmission des signaux et/ou des données afin de limiter le courant s'écoulant dans les écrans

444.4 Mesures d'atténuation des influences électromagnétiques

Le concepteur et l'installateur d'une installation électrique doivent prendre en compte les mesures décrites ci-après pour la réduction des effets des influences électriques et magnétiques sur les matériels électriques.

Seuls les matériels électriques satisfaisant aux exigences des normes appropriées relatives à la CEM ou aux exigences CEM de la norme de produit applicable doivent être utilisés.

444.4.1 Sources des influences électromagnétiques

Il convient que les matériels sensibles ne soient pas situés à proximité de sources potentielles d'émission électromagnétique telles que

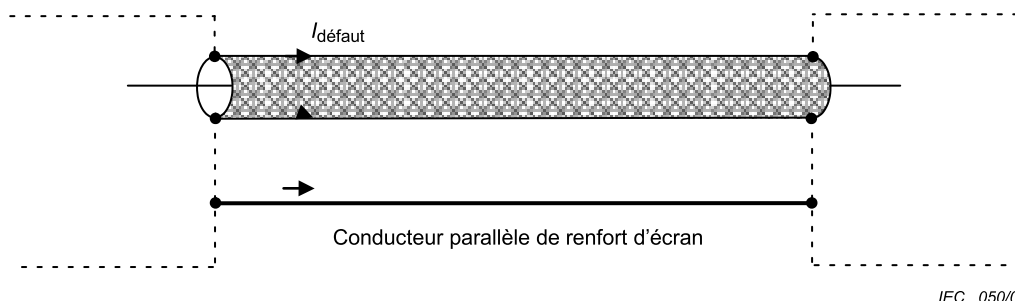
- commutation de charges inductives,
- moteurs électriques,
- éclairages fluorescents,
- soudeuses,
- ordinateurs,
- redresseurs,
- hacheurs,
- convertisseurs/régulateurs de fréquence,

- ascenseurs,
- transformateurs,
- appareillages,
- barres de distribution de puissance.

444.4.2 Dispositions de réduction des perturbations électromagnétiques

Les dispositions suivantes réduisent les perturbations électromagnétiques.

- a) Pour les matériels électriques sensibles aux influences électromagnétiques, des para-foudres et/ou des filtres sont recommandés pour améliorer la compatibilité électromagnétique vis-à-vis des émissions électromagnétiques conduites.
- b) Il est recommandé de relier les armures des câbles au réseau équipotentiel commun.
- c) Il est recommandé d'éviter de grandes boucles inductives en choisissant un cheminement commun pour les canalisations de puissance, de signaux et de données.
- d) Il convient de séparer les circuits de puissance et de communication et, si possible, de les croiser à angle droit (voir 444.6.3).
- e) Utiliser des câbles à conducteurs concentriques afin de réduire les courants induits dans le conducteur de protection.
- f) Utiliser des câbles multiconducteurs symétriques (par exemple des câbles écrantés contenant des conducteurs de protection séparés) pour les liaisons entre les convertisseurs et les moteurs à vitesse variable.
- g) Utiliser des câbles de transmission des signaux et des données conformément aux instructions relatives à la CEM des fabricants.
- h) Si un paratonnerre est installé,
 - les câbles de puissance et de communication doivent être séparés des conducteurs de descente des paratonnerres d'une distance minimale ou être écrantés. La distance minimale doit être déterminée par le concepteur du système de protection contre la foudre conformément à l'IEC 62305-3;
 - il convient que les armures ou écrans métalliques des câbles de puissance et de communication soient reliés à la terre et respectent les exigences de l'IEC 62305-3 et IEC 62305-4.
- i) Si des câbles écrantés de transmission des signaux et des données sont utilisés, il convient d'éviter l'écoulement de courants de défaut dans les écrans et âmes des câbles de signaux, ou les câbles de données, mis à la terre. Des conducteurs complémentaires, par exemple conducteur parallèle d'accompagnement de renfort d'écran, peuvent être nécessaires; voir la Figure 44.R1.



IEC 050/06

Figure 44.R1 – Conducteur d'accompagnement de renfort d'écran pour assurer un réseau commun d'équipotentialité

NOTE 1 La mise en œuvre d'un conducteur d'accompagnement à proximité de l'écran d'un câble de transmission des signaux ou des données réduit aussi la boucle associée au matériel, lequel est relié par un simple conducteur PE à la terre. Cette pratique réduit considérablement les effets électromagnétiques de l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF).

- j) Si des câbles de transmission des signaux ou des câbles de transmission des données écrantés sont communs à plusieurs bâtiments en schéma TT, il convient d'utiliser un conducteur d'accompagnement (voir Figure 44.R2) de section minimale 16 mm² en cuivre ou équivalent. La section équivalente doit respecter les exigences de 544.1 de l'IEC 60364-5-54.

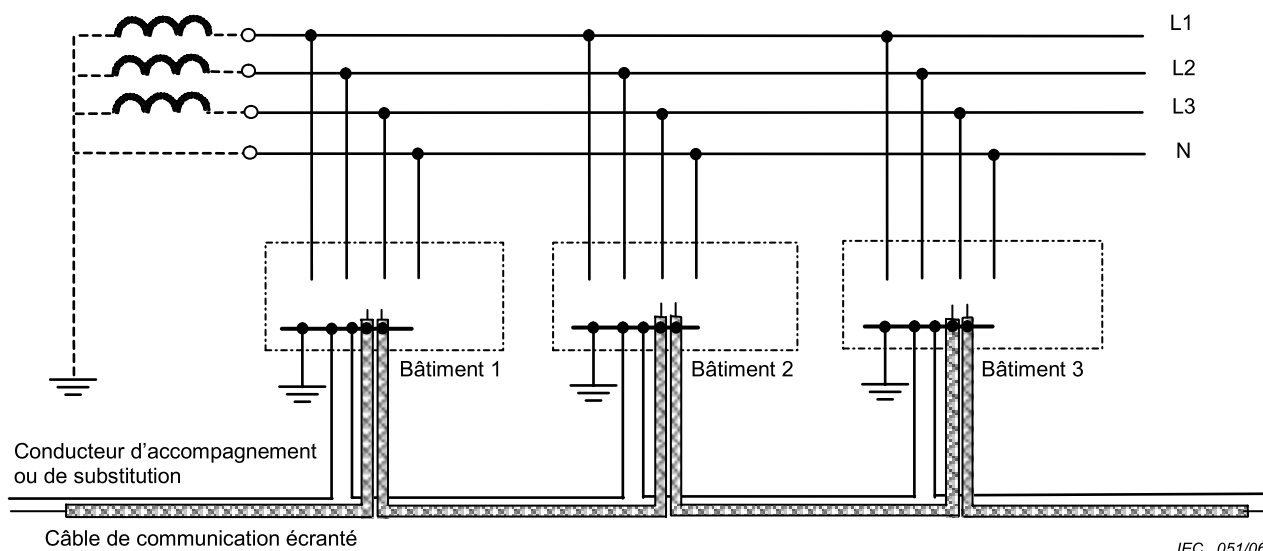


Figure 44.R2 – Exemple de conducteur d'accompagnement ou de substitution en schéma TT

NOTE 2 Si un écran de câble est utilisé comme conducteur de retour de terre, un câble double coaxial peut être utilisé.

NOTE 3 Si les exigences de 413.1.2.1 (dernier paragraphe) ne peuvent être satisfaites, il est de la responsabilité du propriétaire ou du fournisseur d'empêcher tout danger dû à l'exclusion de connexion de câbles à la LEP.

NOTE 4 Les problèmes de différences de potentiel sur les réseaux publics de communication sont de la responsabilité des opérateurs, lesquels peuvent utiliser d'autres méthodes.

NOTE 5 Aux Pays-Bas, un conducteur d'accompagnement équipotentiel, reliant ensemble toutes les mises à la terre de plusieurs installations de schéma TT, est autorisé uniquement si une protection contre les défauts, selon les exigences de 413.1.4, reste adéquate en cas de défaillance de tout DDR.

- k) Il est recommandé que les liaisons équipotentielle présentent l'impédance la plus faible possible
- en étant le plus court possible,
 - en ayant une section présentant une faible réactance et une faible impédance par mètre de cheminement, par exemple un ruban de rapport longueur sur épaisseur inférieur à 5.
- l) Si le ceinturage d'équipotentialité (conforme à 444.5.8) est prévu pour supporter le réseau équipotentiel d'une installation de traitement de l'information très importante dans un bâtiment, il peut être réalisé en boucle fermée.

NOTE 6 Cette disposition est utilisée de préférence dans des bâtiments réservés à la communication.

444.4.3 Schéma TN

Pour minimiser les influences électromagnétiques, les paragraphes suivants sont applicables.

444.4.3.1 Il est recommandé de ne pas maintenir le schéma TN-C dans des bâtiments existants contenant ou susceptibles de contenir des matériels de traitement de l'information significatifs.

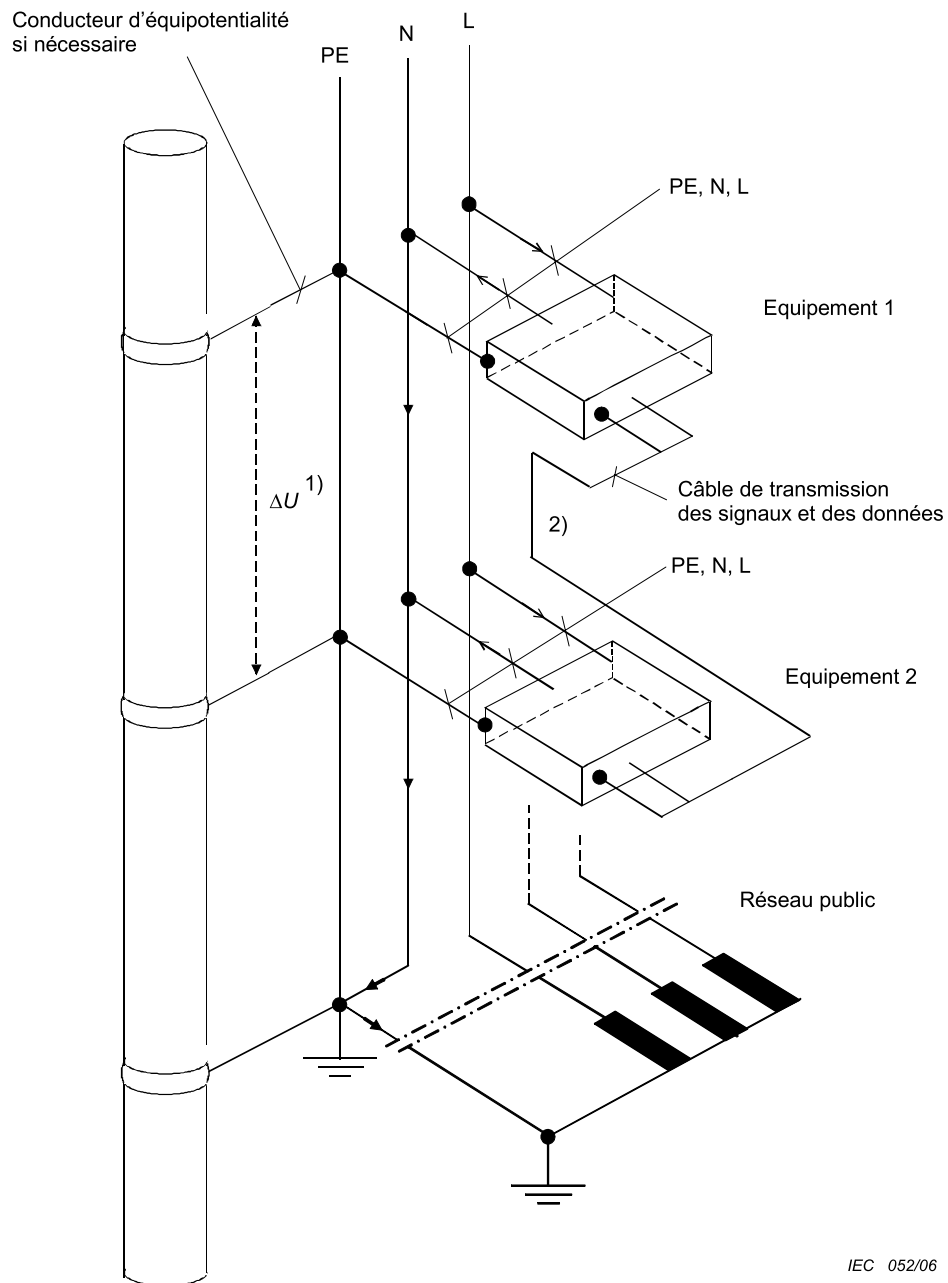
Le schéma TN-C ne doit pas être utilisé dans des bâtiments neufs contenant ou susceptibles de contenir des matériels de traitement de l'information significatifs.

NOTE Tout schéma TN-C est susceptible d'être soumis à des charges ou à des courants de défaut transmis par les équipotentialités vers les services et les structures d'un bâtiment.

444.4.3.2 Dans les bâtiments existants susceptibles de recevoir des matériels de traitement de l'information significatifs alimentés par le réseau de distribution public à basse tension, il convient de choisir un schéma TN-S en aval de l'origine (voir Figure 44.R3A).

Dans des bâtiments neufs, le schéma TN-S doit être choisi en aval de l'origine de l'installation (voir Figure 44.R3A).

NOTE L'efficacité d'un schéma TN-S peut être améliorée en utilisant un dispositif de contrôle de courant différentiel conforme à l'IEC 62020.

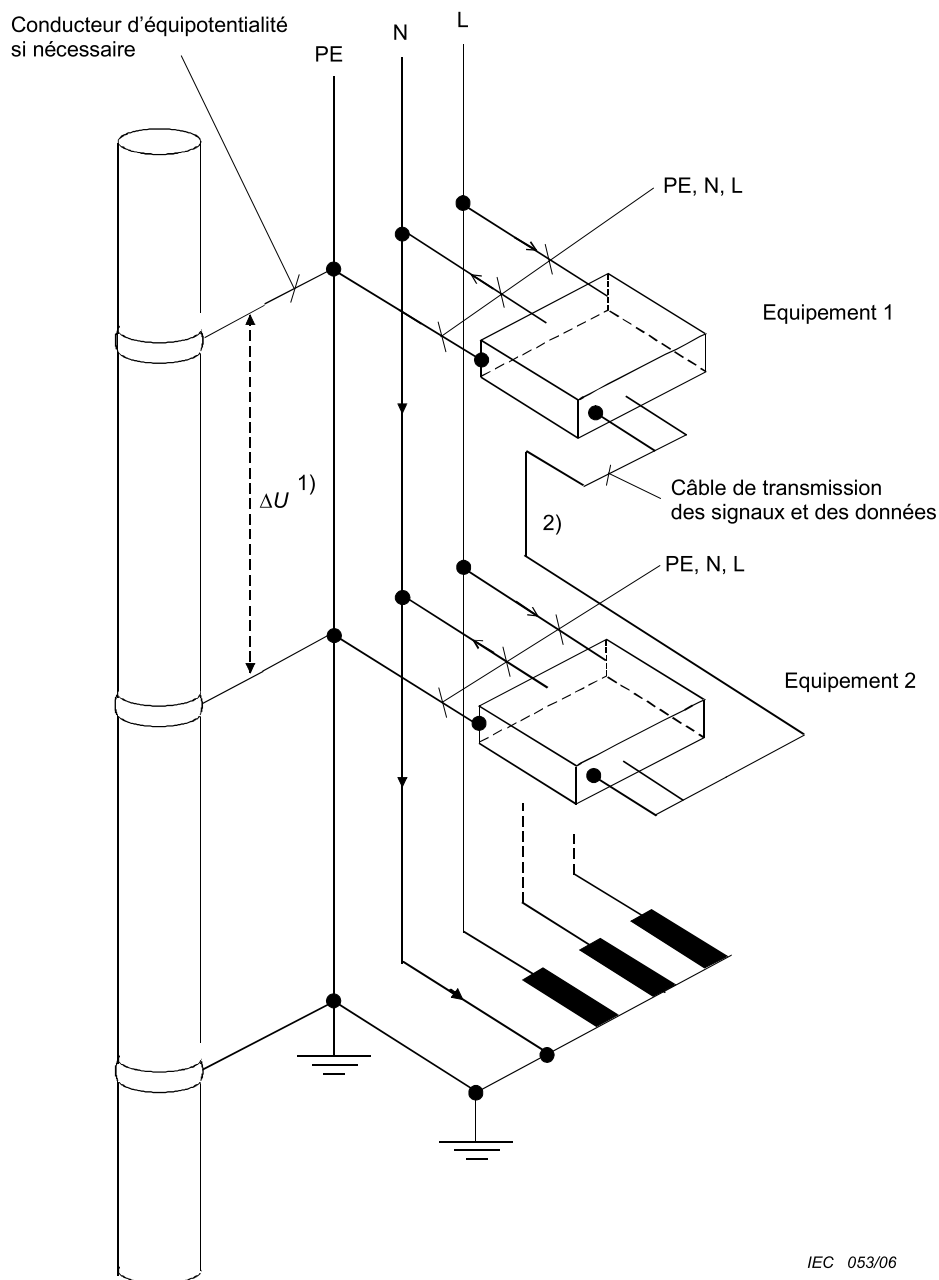


IEC 052/06

- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données

Figure 44.R3A – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S depuis l'origine du réseau public jusques et y compris les circuits terminaux à l'intérieur du bâtiment

444.4.3.3 Dans les bâtiments existants où l'installation à basse tension, y compris le transformateur, est manœuvrée par le seul utilisateur et qui sont susceptibles de recevoir des matériels de traitement de l'information significatifs, il convient de choisir un schéma TN-S en aval de l'origine (voir Figure 44.R3B).



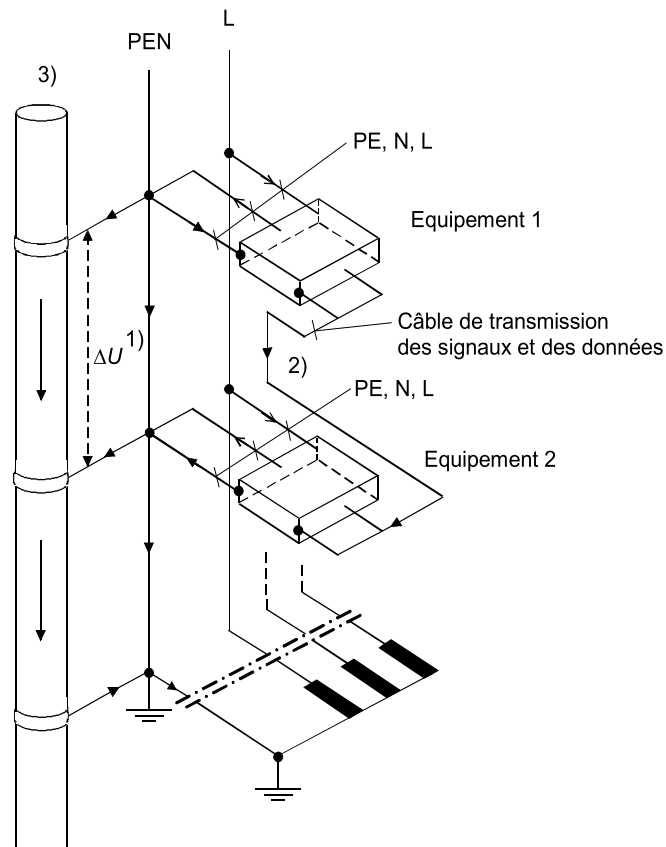
IEC 053/06

- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données

Figure 44.R3B – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S en aval du transformateur d'alimentation privé du consommateur

444.4.3.4 Si une installation existante est réalisée en schéma TN-C-S (voir Figure 44.R4), il est recommandé d'éviter des boucles des câbles de transmission des signaux ou des données en

- modifiant toutes les parties du schéma TN-C de l'installation montrée à la Figure 44.R4 en TN-S comme indiqué à la Figure 44.R3A; ou
- lorsque cela n'est pas possible, en évitant les interconnexions des câbles de transmission des signaux ou des données entre les diverses parties des installations TN-S.



IEC 054/06

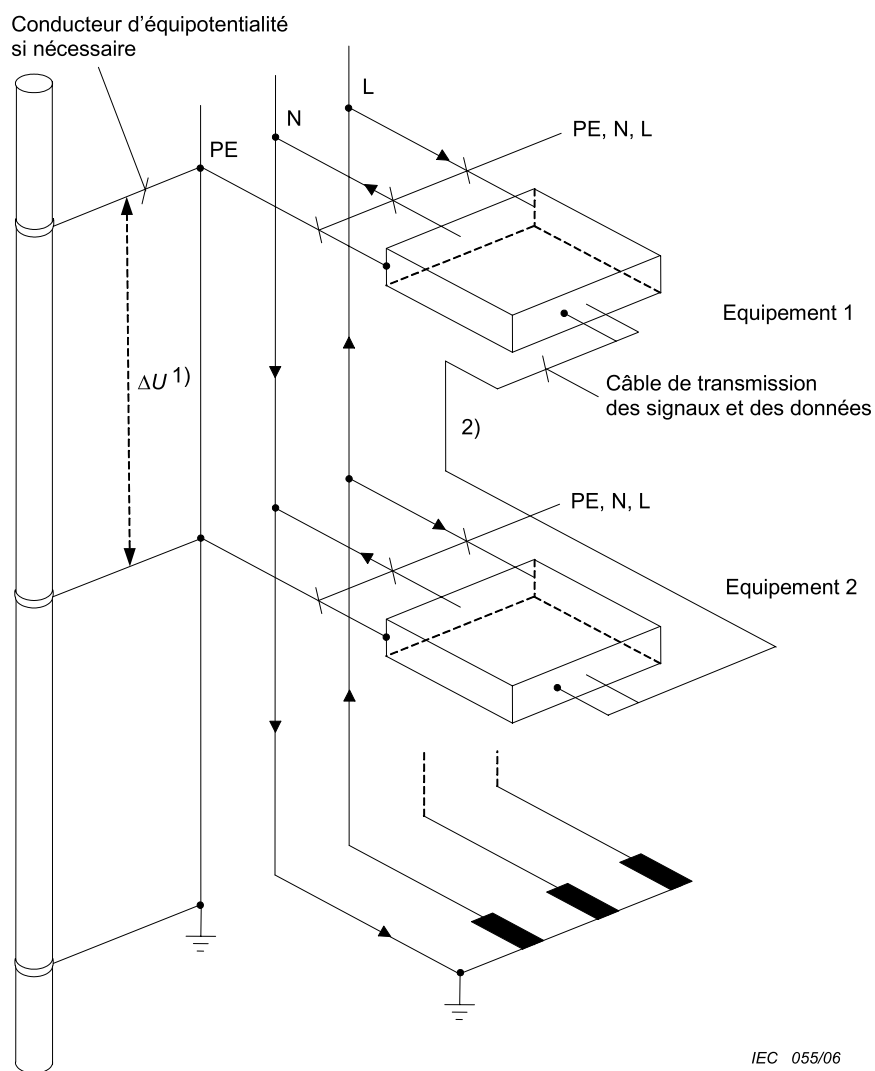
- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PEN en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données
- 3) Élément conducteur

NOTE Dans le schéma TN-C-S, le courant qui en schéma TN-S ne parcourait que le conducteur neutre, parcourt aussi les écrans ou conducteurs de référence des câbles de transmission de signaux, les parties conductrices accessibles ou des éléments conducteurs tels que des structures métalliques.

Figure 44.R4 – Schéma TN-C-S dans un bâtiment existant

444.4.4 Schéma TT

En schéma TT, comme indiqué à la Figure 44.R5, il convient de prendre en compte les surtensions pouvant apparaître entre parties actives et masses si les masses de différents bâtiments sont reliées à des prises de terre différentes.



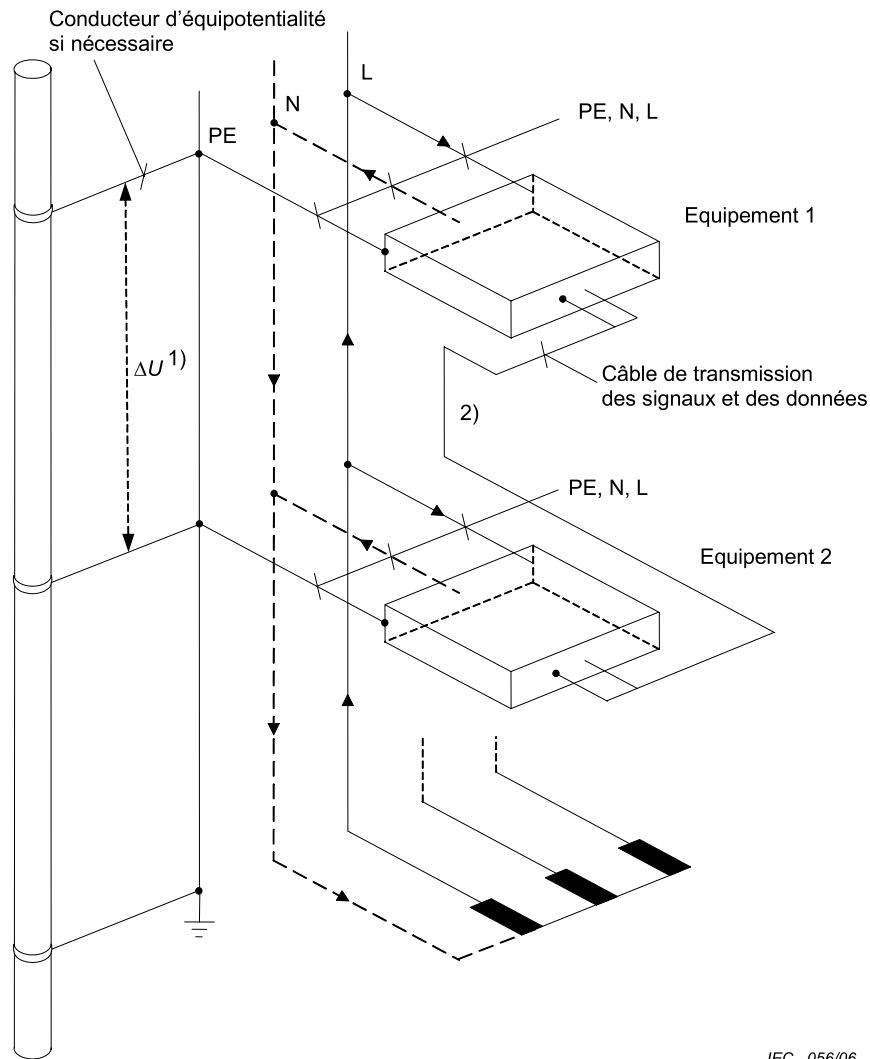
- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal.
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les circuits de communication.

Figure 44.R5 – Schéma TT dans un bâtiment

444.4.5 Schéma IT

En schéma IT triphasé, comme indiqué à la Figure 44.R6, la tension entre un conducteur actif non en défaut et une masse peut devenir la tension composée en cas de défaut simple d'isolation entre un conducteur actif et la masse; il convient de considérer ce cas.

NOTE Il convient qu'un matériel électronique alimenté directement entre phase et neutre soit prévu pour résister à la tension composée entre un conducteur actif et la masse (voir les exigences correspondantes de l'IEC 60950-1 pour les matériels de traitement de l'information).



IEC 056/06

- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les circuits de communication

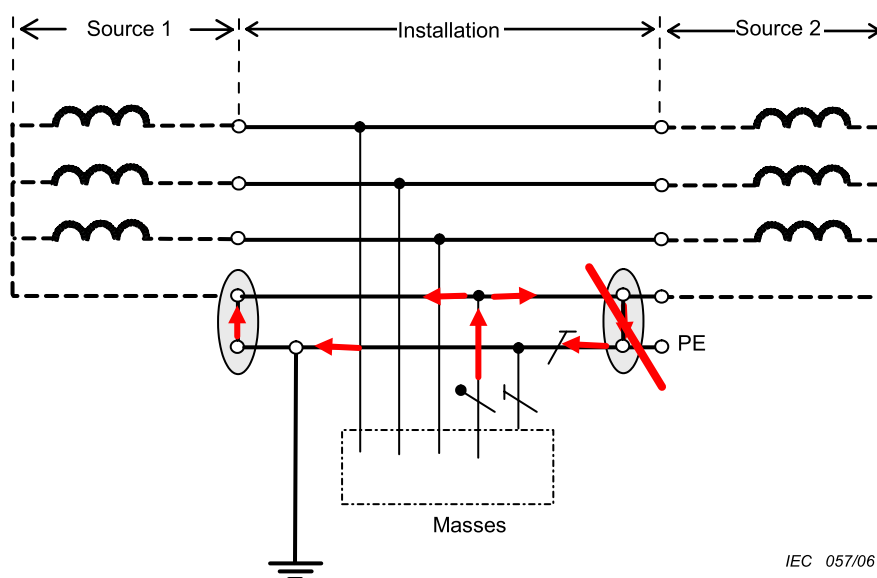
Figure 44.R6 – Schéma IT dans un bâtiment

444.4.6 Alimentation par plusieurs sources

Pour des alimentations multiples, les dispositions de 444.4.6.1 et de 444.4.6.2 doivent être prises.

NOTE Si plusieurs mises à la terre des points étoilés des sources d'alimentation sont effectuées, les courants dans le conducteur neutre peuvent retourner au point étoile correspondant, non seulement par le neutre, mais aussi par le conducteur de protection comme indiqué à la Figure 44.R7A. Pour cette raison, la somme des courants partiels s'écoulant dans l'installation n'est plus nulle et un champ magnétique est créé, analogue à celui d'un câble monoconducteur.

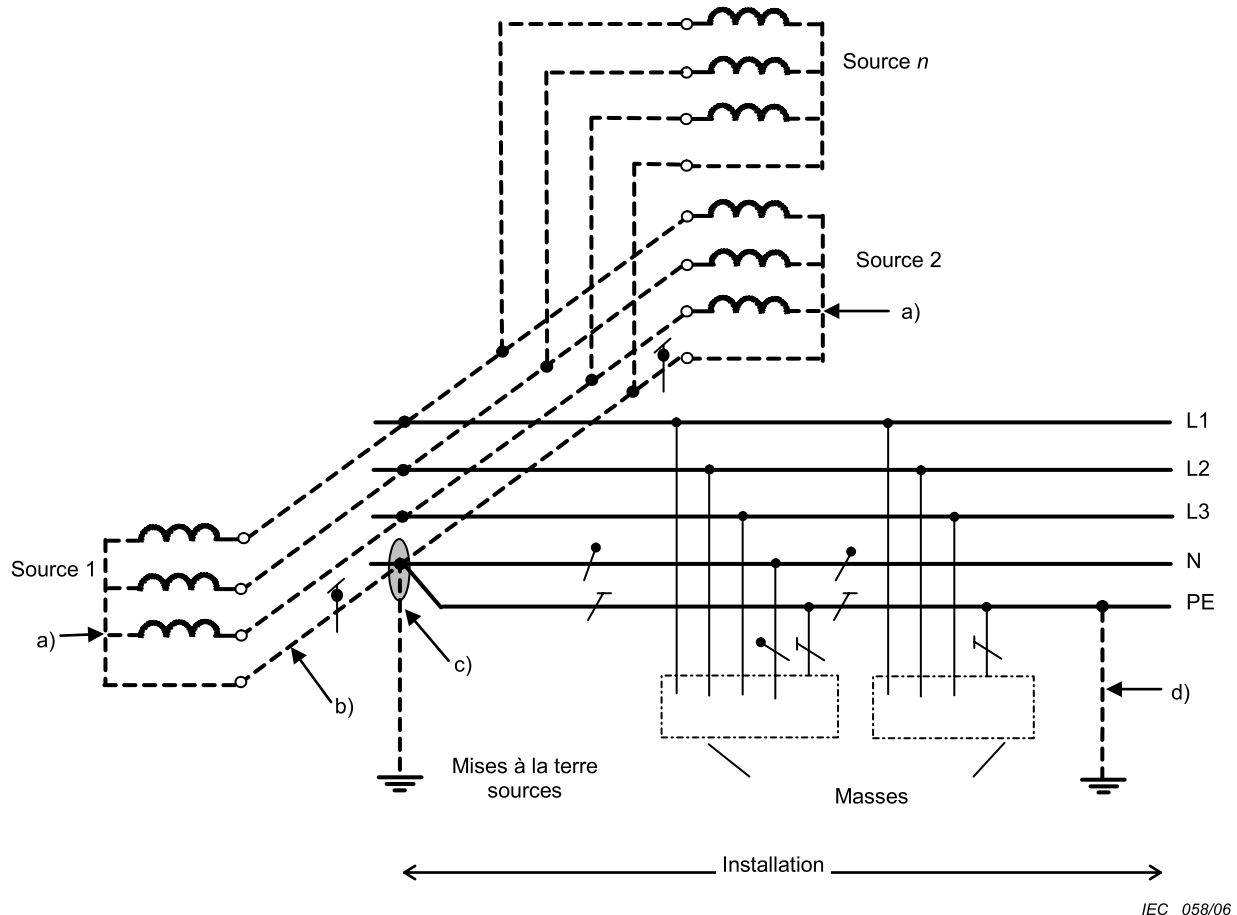
Dans le cas de câbles monoconducteurs parcourus par des courants alternatifs, un champ électromagnétique circulaire est créé autour de l'âme du conducteur pouvant perturber les matériels électroniques. Les courants harmoniques génèrent des champs électromagnétiques analogues plus rapidement atténués que ceux produits par les fondamentaux.



**Figure 44.R7A – Schéma TN alimenté par plusieurs sources
avec connexion multiple non appropriée entre le PEN et la terre**

444.4.6.1 Schéma TN alimenté par plusieurs sources

En cas de schéma TN alimenté par plusieurs sources, les points étoiles des diverses alimentations doivent être connectés par un conducteur isolé connecté à la terre au centre en un seul et même point de terre, pour des raisons de CEM (voir Figure 44.R7B).



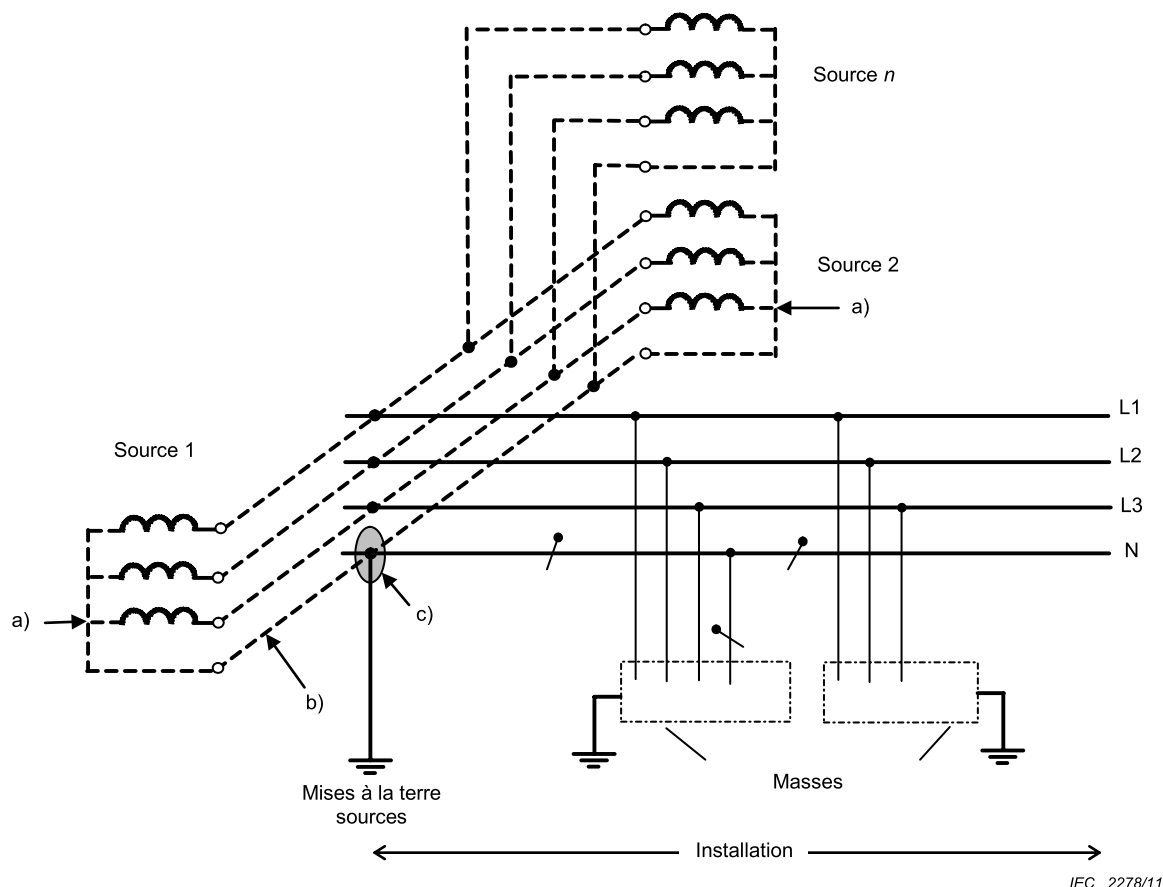
- a) Une liaison directe entre les points neutres des transformateurs ou entre points étoiles des générateurs et la terre n'est pas permise.
- b) Le conducteur de liaison entre les points neutres des transformateurs ou entre points étoiles des générateurs doit être isolé. Ce conducteur est analogue à un PEN et il peut être repéré comme tel; toutefois, il ne doit pas être connecté au matériel d'utilisation, et à cet effet une notice d'avertissement doit y être attachée, ou placée à côté.
- c) Seule une liaison entre les points neutres interconnectés des sources et le PE doit être prévue. Cette liaison doit se situer dans le tableau principal de distribution.
- d) Une mise à la terre complémentaire du PE dans l'installation peut être prévue.

**Figure 44.R7B – Schéma TN alimenté par plusieurs sources
avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre**

IEC 058/06

444.4.6.2 Schéma TT alimenté par plusieurs sources

En cas de schéma TT alimenté par plusieurs sources, il convient que les points étoiles des diverses alimentations soient connectés en un seul et même point de terre, pour des raisons de CEM (voir Figure 44.R8).

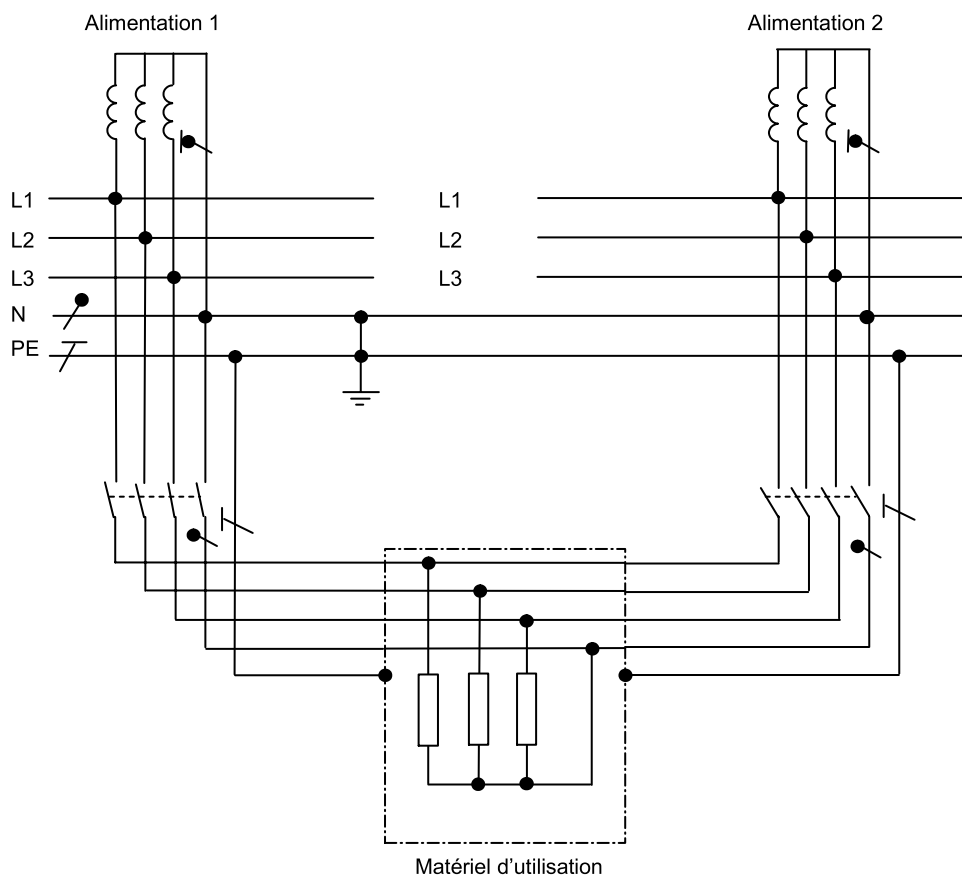


- a) Une liaison directe entre les points étoiles des transformateurs ou entre les points étoiles des générateurs et la terre n'est pas permise.
- b) Le conducteur de liaison entre les points étoiles des transformateurs ou entre les points étoiles des générateurs doit être isolé. Toutefois, il ne doit pas être connecté au matériel d'utilisation, et une notice d'avertissement à cet effet doit y être attachée, ou placée à côté.
- c) Seule une liaison entre les points étoiles interconnectés des sources et le PE doit être prévue. Cette liaison doit se situer dans le tableau principal de distribution.

**Figure 44.R8 – Schéma TT alimenté par plusieurs sources
avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre**

444.4.7 Commutation de l'alimentation

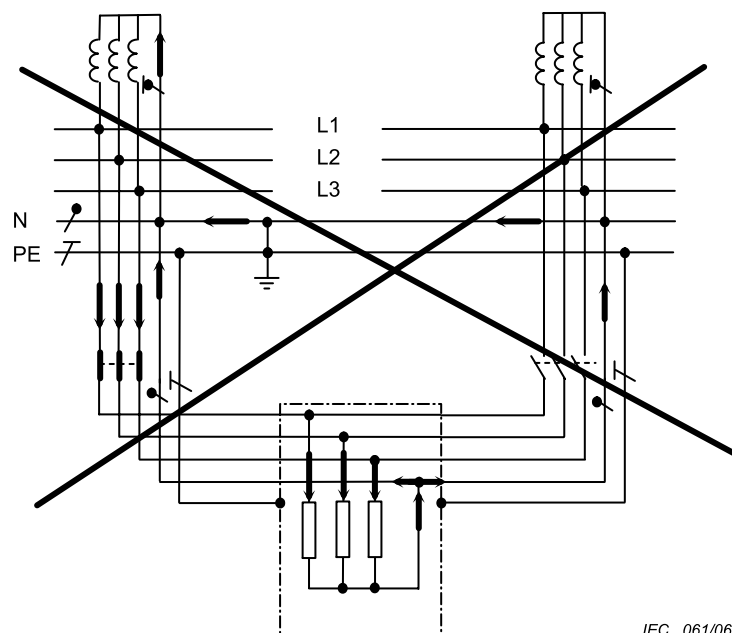
En schéma TN, la commutation de l'alimentation normale vers l'alimentation de secours doit être réalisée par un commutateur intéressant tous les conducteurs actifs (voir Figures 44.R9A, 44.R9B et 44R.9C).



IEC 060/06

NOTE Cette méthode évite les champs électromagnétiques dus à des courants vagabonds dans l'alimentation principale d'une installation. Il faut que la somme des courants dans un câble soit nulle. Cela assure l'écoulement du courant de neutre dans le seul conducteur neutre du circuit en fonction. L'harmonique 3 (150 Hz) des conducteurs de phase s'ajoutera au courant dans le neutre avec le même angle de phase.

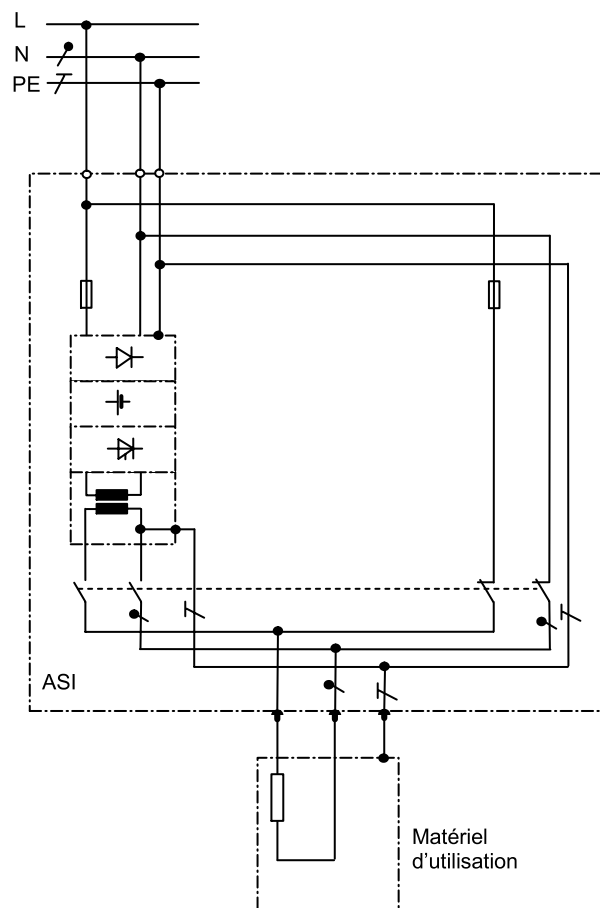
Figure 44.R9A – Alimentation triphasée avec commutateur à 4 pôles



IEC 061/06

NOTE Une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié entraînera un écoulement de courants de circulation non désirés générant un champ électromagnétique.

Figure 44.R9B – Ecoulement de courant dans le conducteur neutre dans une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié



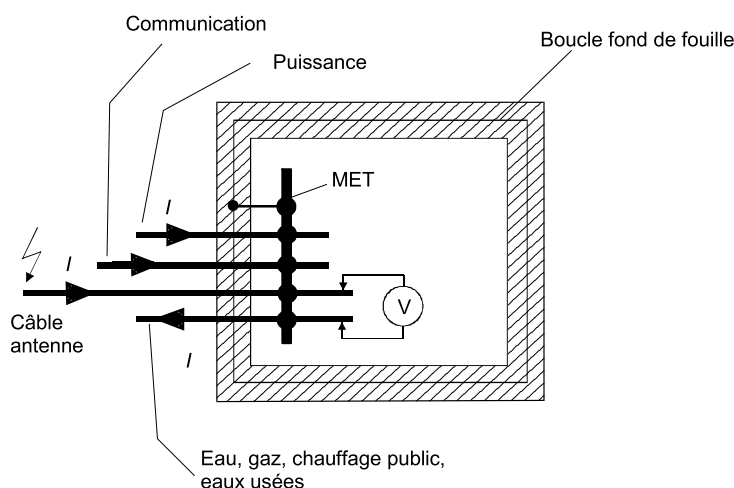
NOTE La mise à la terre du secondaire d'une ASI n'est pas obligatoire. Si elle n'est pas réalisée, l'alimentation par l'ASI est en schéma IT et, en mode by-pass, le schéma est le même que celui de l'alimentation.

Figure 44.R9C – Alimentation monophasée avec commutateur à 2 pôles

444.4.8 Pénétration des services dans un bâtiment

Il convient que les canalisations métalliques (eau, gaz, chauffage) et les câbles de puissance et de communication pénètrent de préférence en un même point d'un bâtiment. Les canalisations métalliques et les armures des câbles doivent être reliés à la borne principale de terre par des conducteurs de faible impédance (voir Figure 44.R10).

NOTE L'interconnexion n'est permise qu'avec le consentement des opérateurs des services extérieurs.



IEC 063/06

MET Borne principale de terre

I Courant inductif

NOTE Un point de pénétration commun est préféré, $U \cong 0$ V.

Figure 44.R10 – Exemple de pénétration de câbles armés et de canalisations métalliques dans un bâtiment

Pour des raisons de CEM, il convient de réserver des parties d'installations électriques dans des vides fermés exclusivement pour les matériels électriques et électroniques (par exemple surveillance, commande, dispositifs de protection, de connexion, etc.) et l'accès doit être fourni pour leur maintenance.

444.4.9 Bâtiments séparés

Si des bâtiments différents ont des équipotentialités différentes, la transmission des signaux et données peut être réalisée par des fibres optiques sans métal ou par d'autres réseaux non conducteurs, par exemple transformateur de signaux micro-ondes pour l'isolement conforme à l'IEC 61558-2-1, à l'IEC 61558-2-4, à l'IEC 61558-2-6, à l'IEC 61558-2-15 et à l'IEC 60950-1.

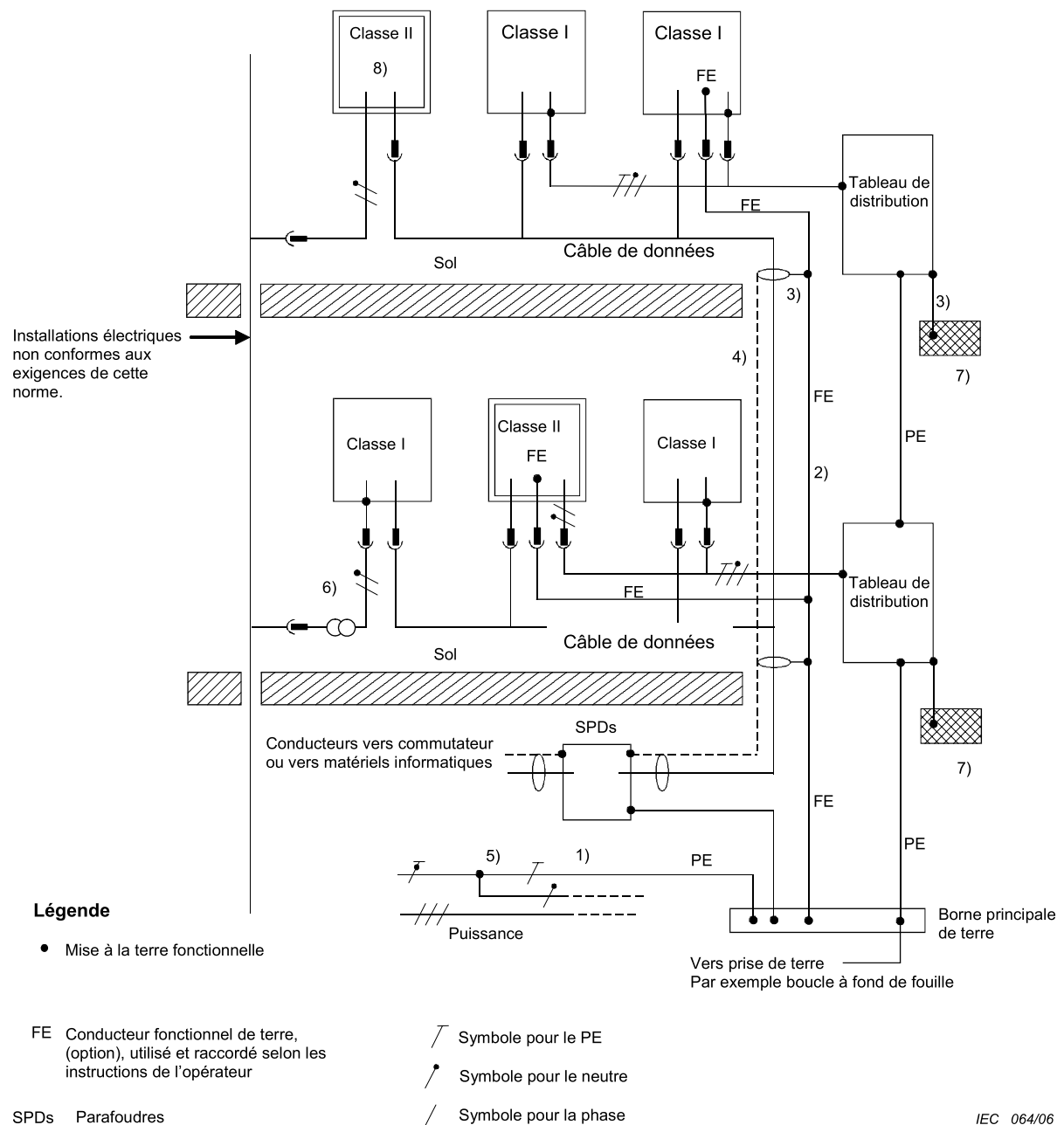
NOTE 1 Le problème des différences de tension sur de vastes réseaux de communication est de la responsabilité de l'opérateur, lequel peut utiliser d'autres méthodes.

NOTE 2 Dans le cas de systèmes non conducteurs de transmission des données, l'utilisation d'un conducteur d'accompagnement n'est pas nécessaire.

444.4.10 Installations dans les bâtiments

Dans les installations existantes, en cas de problèmes d'interférences électromagnétiques, les mesures suivantes peuvent améliorer la situation (voir Figure 44.R11):

- 1) utilisation de câbles à fibre optique non métalliques pour les circuits de transmission des signaux et des données, voir 444.4.9;
- 2) utilisation de matériels de Classe II;
- 3) utilisation de transformateurs à deux enroulements conformes à l'IEC 61558-2-1 ou à l'IEC 61558-2-4 ou à l'IEC 61558-2-6 ou à l'IEC 61558-2-15. L'enroulement secondaire est de préférence connecté à un schéma TN-S, mais un schéma IT peut être utilisé pour des applications particulières.



Référence	Description des mesures représentées	Article/norme
1)	Les câbles et conduits métalliques pénètrent dans le bâtiment au même endroit	444.4.8
2)	Cheminement commun des canalisations avec séparations adaptées et en évitant les boucles	444.4.2
3)	Liaisons aussi courtes que possible et utilisation de conducteurs d'accompagnement	IEC 61000-2-5 444.4.2
4)	Câbles de communication blindés et/ou paires torsadées	444.4.12
5)	Eviter le schéma TN-C au-delà du point de livraison à l'entrée	444.4.3
6)	Utilisation de transformateurs à enroulements séparés	444.4.10
7)	Ceinturage d'équipotentialité	444.5.4
8)	Utilisation de matériels de classe II	444.4.10

Figure 44.R11 – Illustration des mesures dans un bâtiment existant

444.4.11 Dispositifs de protection

Il est recommandé que les dispositifs de protection avec des fonctionnalités appropriées pour empêcher des déclenchements indésirables dus à des courants transitoires élevés soient choisis, par exemple retard et filtres.

444.4.12 Câbles de communication

Il est recommandé d'utiliser des câbles écrantés et/ou des câbles à paires torsadées pour les circuits de communication.

444.5 Mise à la terre et liaisons équipotentielle

444.5.1 Interconnexion des prises de terre

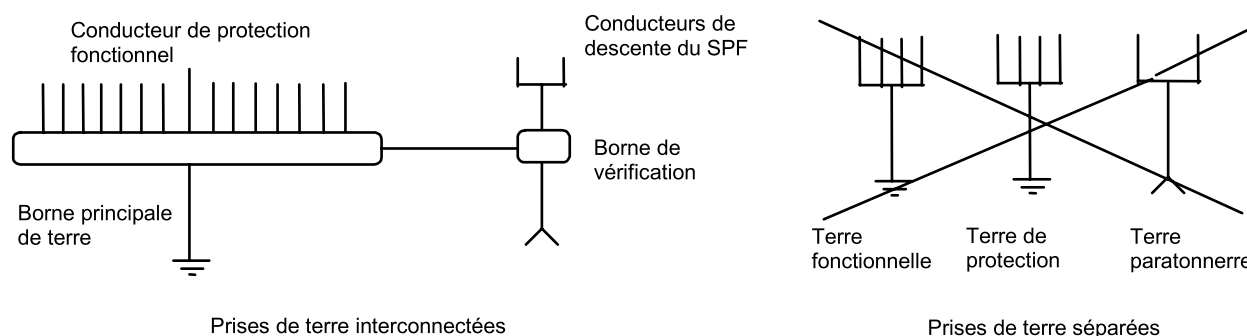
Pour plusieurs bâtiments, le concept de prises de terre dédiées, indépendantes, raccordées à un réseau de conducteurs d'équipotentialité peut être inadapté lorsque les équipements électroniques sont utilisés pour des échanges de communication et de données entre bâtiments pour les raisons suivantes:

- un couplage de fait existe entre ces différentes prises de terre et entraîne des remontées de potentiel non contrôlées sur les matériels;
- des matériels interconnectés peuvent avoir des références de terre différentes;
- des risques de choc électrique existent, notamment dans le cas de surtensions d'origine atmosphérique.

C'est pourquoi il convient que les conducteurs de protection et de protection fonctionnelle soient reliés à une seule borne principale de terre.

De plus, toutes les prises de terre d'un bâtiment (de protection, fonctionnelle et de paratonnerre) doivent être interconnectées (Figure 44.R12).

Dans le cas de plusieurs bâtiments, si l'interconnexion des prises de terre entre plusieurs bâtiments ne peut être réalisée, il est préconisé de réaliser une isolation galvanique sur les réseaux de communication, par exemple liaisons à fibre optique (voir aussi 444.4.10).



IEC 065/06

Figure 44.R12 – Prises de terre interconnectées

Les connexions des conducteurs de mise à la terre fonctionnelle et de protection sur la borne principale de terre doivent être réalisées individuellement de manière que si un conducteur vient à être séparé, la liaison de tous les autres conducteurs demeure assurée.

444.5.2 Interconnexion des réseaux entrants et mise à la terre

Les masses des matériels de traitement de l'information et des matériels électroniques à l'intérieur d'un bâtiment doivent être interconnectées par un conducteur de protection.

Pour les locaux d'habitation dans lesquels les matériels électroniques sont limités, un réseau de conducteurs de protection en étoile (voir Figure 44.R13) peut être suffisant.

Pour des bâtiments tertiaires et industriels ou similaires présentant de multiples applications électroniques, un réseau de terre commun constitué par les conducteurs d'équipotentialité et de protection est utile afin de satisfaire aux exigences CEM des divers matériels (voir Figure 44.R15).

444.5.3 Différentes structures du réseau des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre

Quatre structures de base décrites ci-après peuvent être utilisées en fonction de l'importance et de la vulnérabilité des matériels.

444.5.3.1 Conducteurs de protection reliés à un ceinturage d'équipotentialité

Un réseau équipotentiel commun est installé en ceinturage d'équipotentialité (voir Figure 44.R16) en haut de la structure. Il est de préférence en cuivre, nu ou isolé et est installé de manière à ce qu'il soit accessible sur toute sa longueur, par exemple en chemins de câbles ou en conduits métalliques (voir la série IEC 61386), en apparent ou en goulottes. Il peut recevoir tous les conducteurs de mise à la terre (de protection ou fonctionnelle).

444.5.3.2 Réseau de conducteurs de protection en étoile

Ce réseau est applicable aux petites installations (résidentielles, tertiaires, etc.) et d'une manière générale aux équipements qui ne communiquent pas entre eux (voir Figure 44.R13).

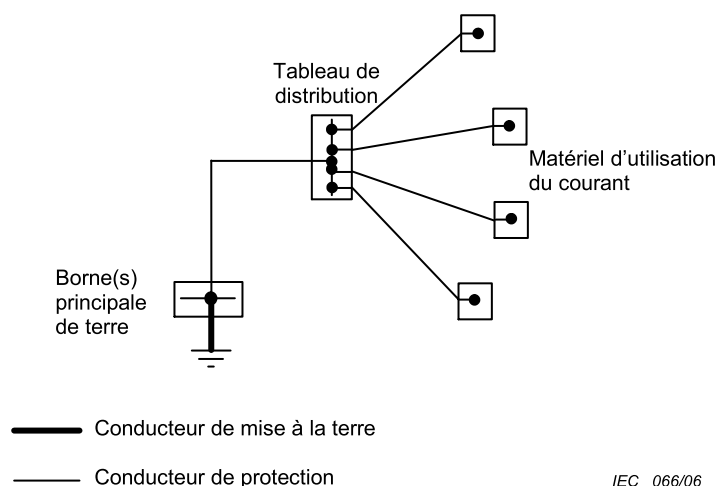


Figure 44.R13 – Exemples de conducteurs de protection en étoile

444.5.3.3 Réseau à mailles multiples en étoile

Ce réseau est applicable aux petites installations avec différents îlots de matériels interconnectés. Il permet notamment de disperser localement les courants parasites (voir Figure 44.R14).

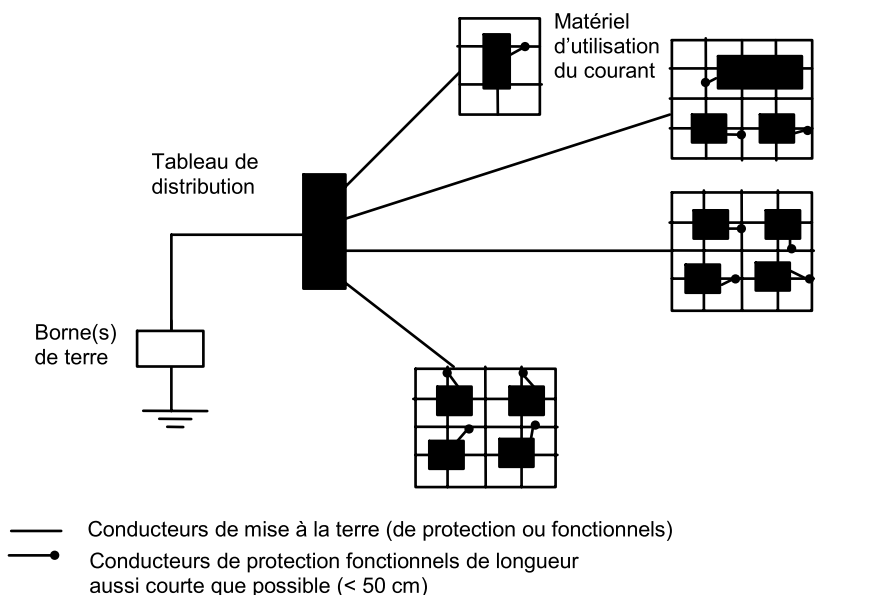


Figure 44.R14 – Exemple de réseau à mailles multiples en étoile

444.5.3.4 Réseau à maillage commun

Ce type de réseau est applicable aux installations avec une forte densité de matériels interconnectés correspondant à des utilisations critiques (voir Figure 44.R15).

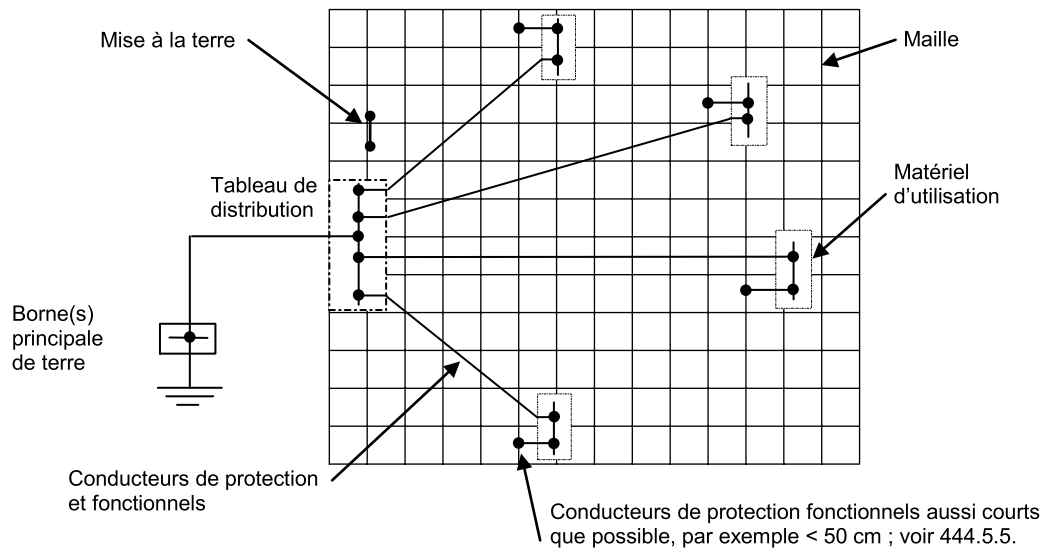
La réalisation du réseau de conducteurs d'équipotentialité maillé tire profit des structures métalliques existantes. Il est complété par des conducteurs pour constituer le maillage.

La dimension des mailles est fonction du niveau choisi de protection contre la foudre, du niveau d'immunité des matériels de l'installation et des fréquences utilisées dans les liaisons de transmission.

Les dimensions des mailles doivent être adaptées à celles de l'îlot à protéger mais ne doivent pas dépasser 2 m × 2 m dans les zones où des équipements sensibles aux perturbations électromagnétiques sont implantés.

Il convient en particulier à la protection des autocommutateurs privés et des systèmes informatiques centralisés.

Dans certains cas, certaines parties de ce réseau peuvent être maillées plus finement afin de tenir compte d'exigences spécifiques.



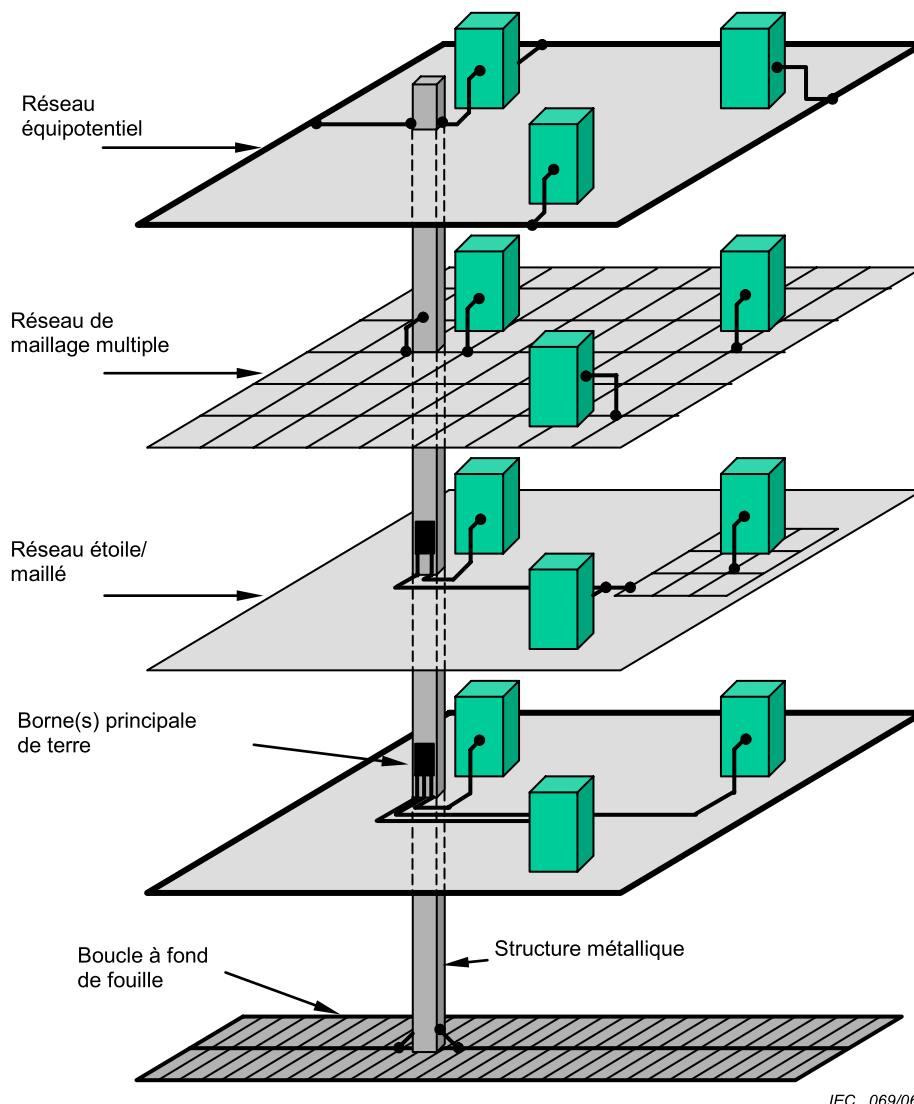
IEC 068/06

La zone recouverte par le maillage doit présenter des dimensions importantes; la taille de maille se réfère aux dimensions des surfaces carrées délimitées par les conducteurs formant la maille.

Figure 44.R15 – Exemple de réseau en étoile à maillage commun

444.5.4 Réseau de terre dans des bâtiments à plusieurs étages

Il est recommandé que les bâtiments à plusieurs étages comportent à chaque niveau un ceinturage d'équipotentialité; voir la Figure 44.R16 pour des exemples courants de ceinturages d'équipotentialité, chaque étage étant un type de réseau. Il convient que les réseaux équipotentiels des divers étages soient interconnectés par au moins deux conducteurs.



IEC 069/06

Figure 44.R16 – Exemple de réseau équipotentiel dans des structures sans systèmes de protection contre la foudre

444.5.5 Conducteurs d'équipotentialité fonctionnelle

Certains matériels électroniques nécessitent une tension de référence proche du potentiel de terre pour assurer leur fonctionnement correct; cette tension de référence est fournie par un conducteur de protection fonctionnelle.

Les conducteurs des liaisons équipotentielles fonctionnelles peuvent être des bandes métalliques, des tresses plates et des câbles de section circulaire.

Pour les matériels fonctionnant à hautes fréquences, les bandes métalliques ou les tresses plates sont préférables et les liaisons doivent être les plus courtes possibles.

Aucune couleur n'est imposée pour ces conducteurs de protection fonctionnelle. Toutefois, la double coloration Vert et Jaune ne doit pas être utilisée. Il est recommandé d'utiliser une couleur unique dans toute l'installation et de repérer ces conducteurs à chacune de leurs extrémités.

Pour les matériels fonctionnant à basse fréquence, les sections indiquées dans l'IEC 60364-5-54, 544.1.1 sont suffisantes, quelle que soit la forme des conducteurs; voir 444.4.2 b) et k).

444.5.6 Bâtiments tertiaires ou industriels avec une installation importante de matériels de traitement de l'information

Les mesures complémentaires ci-après visent à réduire l'influence des perturbations électromagnétiques sur le fonctionnement des matériels de traitement de l'information.

En cas d'environnement électromagnétique sévère, il est recommandé d'adopter le réseau maillé en étoile décrit en 444.5.3.3.

444.5.6.1 Dimensionnement et mise en œuvre du ceinturage d'équipotentialité

Le ceinturage d'équipotentialité est installé en boucle fermée et doit avoir les dimensions minimum suivantes:

- section en cuivre plat 30 mm × 2 mm;
- cuivre rond $\varnothing$ 8 mm.

Le ceinturage d'équipotentialité, s'il est nu, doit être protégé au niveau de ses supports et dans les traversées de cloison afin d'éviter la corrosion.

444.5.6.2 Connexions au ceinturage d'équipotentialité

Les conducteurs suivants sont aussi reliés au ceinturage d'équipotentialité:

- les écrans conducteurs, les gaines et armures conductrices des câbles de télécommunications ou de matériels de télécommunications;
- les conducteurs de mise à la terre des systèmes d'antennes;
- le conducteur de mise à la terre du pôle relié à la terre d'une alimentation en courant continu pour un matériel de traitement de l'information;
- les conducteurs de protection fonctionnelle.

444.5.7 Dispositions de mise à la terre et équipotentialités fonctionnelles des matériels de traitement de l'information pour des raisons fonctionnelles

444.5.7.1 Barre de terre

Si une barre de terre est exigée pour des raisons fonctionnelles, la borne principale de terre du bâtiment peut être étendue en utilisant une, de manière que les matériels de traitement de l'information y soient connectés par le chemin le plus court de tout point du bâtiment. Si la barre de terre est mise en œuvre pour un réseau équipotentiel étendu de matériels de traitement de l'information dans le bâtiment, il peut constituer un ceinturage de terre; voir Figure 44.R16.

NOTE 1 La barre de terre peut être nue ou isolée.

NOTE 2 La barre de terre est de préférence mise en œuvre de manière à ce qu'elle soit accessible sur toute sa longueur, par exemple sur un profilé. Afin d'empêcher toute corrosion, il peut être nécessaire de protéger les conducteurs nus au niveau des supports et des traversées de parois.

444.5.7.2 Section de la barre de terre

La fiabilité de la barre de terre dépend du cheminement et de l'impédance des conducteurs utilisés. Pour des installations dont le courant d'alimentation est au moins de 200 A par phase, un conducteur de section non inférieure à 50 mm² en cuivre doit être prévu et doit être dimensionné conformément à 444.4.2 k).

NOTE Cette règle est valable pour des fréquences jusqu'à 10 MHz.

Si le ceinturage de terre est utilisé comme conducteur de retour en courant continu, sa section doit être dimensionnée pour les courants prévus. La chute de tension maximale sur chaque barre de terre dédiée à un retour de courant continu doit être inférieure à 1 V.

444.6 Séparation des circuits

444.6.1 Généralités

Les câbles de communication et de puissance cheminant sur le même support doivent être mis en œuvre selon les exigences du présent article.

La vérification de la sécurité électrique conformément à l'IEC 60364-6-61 et/ou à 528.1 de l'IEC 60364-5-52 et la séparation électrique (voir l'Article 413 de l'IEC 60364-4-41 et/ou 444.7.2) sont exigées. La sécurité électrique et la CEM requièrent parfois des distances différentes. La sécurité électrique est toujours prioritaire.

Les masses des canalisations, par exemple gaines, fixations et barrières, doivent présenter une protection contre les défauts (voir l'Article 413 de l'IEC 60364-4-41).

444.6.2 Conception

Les distances minimales entre les câbles de puissance et de communication sont fonction de nombreux paramètres afin d'éviter les interférences telles que:

- a) le niveau d'immunité des matériels connectés au câblage de communication aux diverses perturbations électromagnétiques (transitoires, chocs de foudre, éclats, onde de boucle, onde continue, etc.),
- b) la mise à la terre des matériels,
- c) l'environnement électromagnétique local (apparition simultanée des perturbations, par exemple harmoniques et onde continue),
- d) le spectre électromagnétique,
- e) les longueurs de cheminement parallèle (zone de couplage),
- f) le type de câble,
- g) l'atténuation de couplage des câbles,
- h) la qualité des liaisons entre les connecteurs et les câbles,
- i) le type et la fixation des canalisations.

Pour les besoins de la présente norme, il est supposé que l'environnement électromagnétique présente des niveaux de perturbation inférieurs aux niveaux d'essais pour les perturbations conduites et rayonnées des IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 et IEC 61000-6-4.

Pour la cohabitation des réseaux de puissance et de communication, les règles suivantes s'appliquent; voir Figures 44.R17A et 44.R17B.

Si cette cohabitation est inférieure ou égale à 35 m, aucune séparation n'est requise.

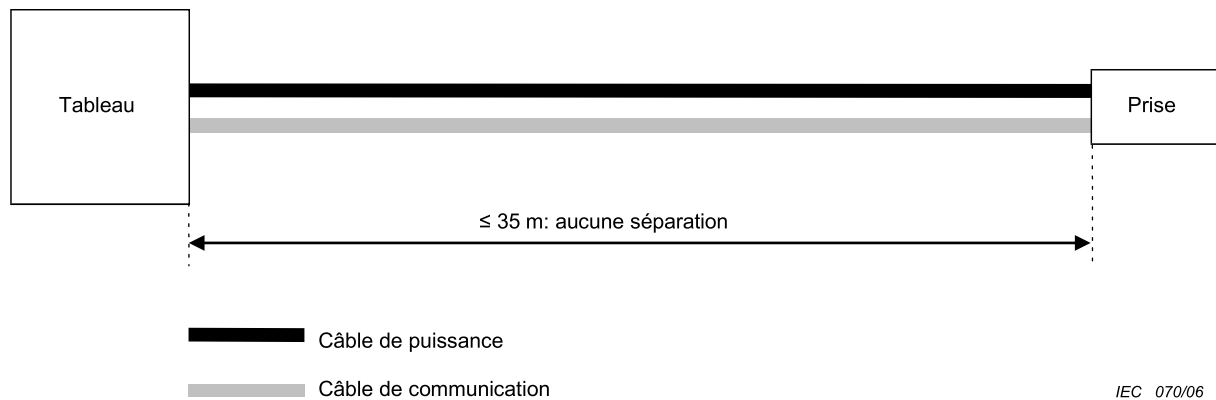


Figure 44.R17A – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles ≤ 35 m

Pour une cohabitation de câbles non écrantés supérieure à 35 m, il convient de maintenir une distance de séparation sur toute la longueur à l'exception des derniers 15 m aboutissant à la prise.

NOTE La séparation peut être mise en oeuvre par exemple par une distance de séparation de 30 mm dans l'air ou séparateur métallique entre les câbles: voir également la Figure 44.R18.

Pour une cohabitation de câbles écrantés supérieure à 35 m, les distances de séparation ne s'appliquent pas.

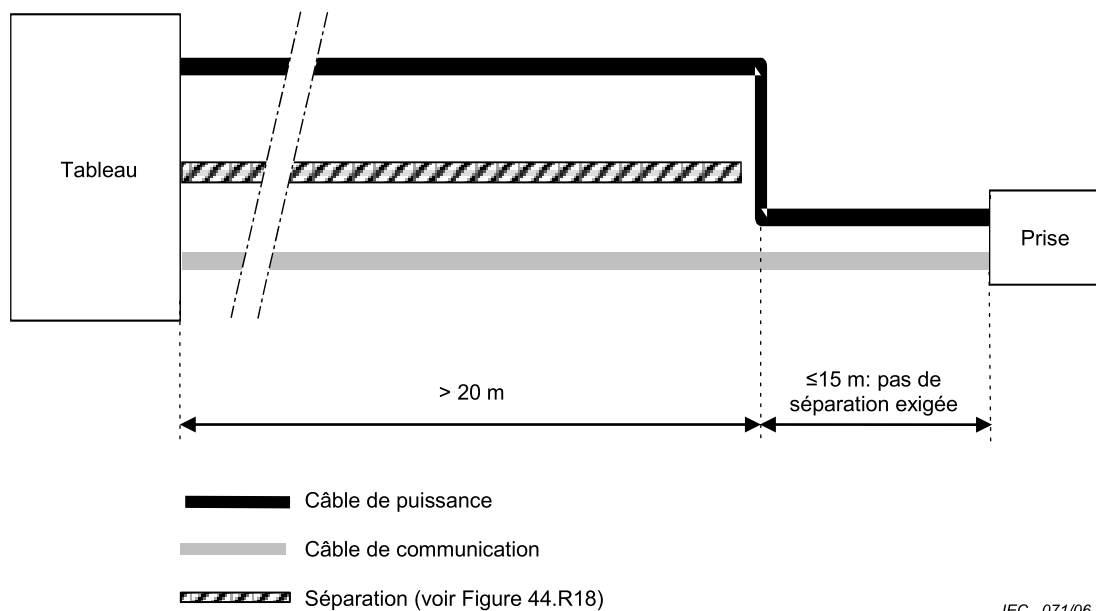


Figure 44.R17B – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles > 35 m

444.6.3 Règles de mise en œuvre

La distance minimale entre les circuits de communication et les éclairages fluorescents, néon, vapeur de mercure (ou à décharge) doit être de 130 mm. Il convient de préférence de faire cheminer dans des compartiments différents les circuits de puissance et de communication. Il convient que les circuits de communication et les matériels électriques soient toujours séparés.

Il convient que ces croisements se fassent, autant que possible, à angle droit. Il est recommandé que les câbles de puissance et de communication ne soient pas dans le même groupement. Il convient que les groupements soient séparés électromagnétiquement; voir Figure 44.R18.

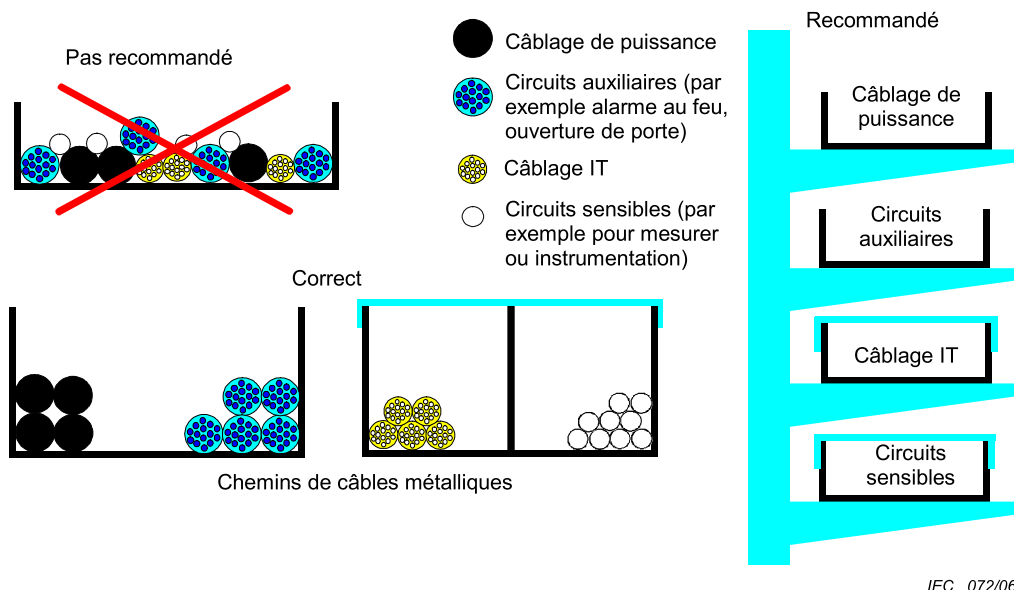


Figure 44.R18 – Séparation des câbles d'une canalisation

444.7 Mise en œuvre des canalisations

444.7.1 Généralités

Les canalisations sont métalliques ou non. Les systèmes métalliques présentent divers degrés de protection renforcée contre les influences électromagnétiques s'ils sont mis en œuvre conformément à 444.7.3.

444.7.2 Guide de conception

Le choix et la forme des matériaux dépendent des paramètres suivants:

- les valeurs des champs électromagnétiques le long du cheminement (proximité des sources de perturbations conduites et rayonnantes);
- le niveau permis des émissions conduites et rayonnantes;
- le type de câble (écranté, paire, fibre optique);
- l'immunité des matériels connectés au réseau de communication;
- les autres contraintes dues à l'environnement (chimiques, mécaniques, climatiques, incendie, etc.);
- toute extension future du réseau de communication.

Les canalisations non métalliques sont adaptées dans les cas suivants:

- environnement électromagnétique avec des niveaux de perturbation faibles en permanence;
- câblage avec faible niveau d'émission;
- câblage en fibre optique.

Pour les éléments métalliques, la forme (plan, en U, tubulaire, etc.) davantage que la section déterminera l'impédance caractéristique de la canalisation. Les formes enveloppantes sont les meilleures car elles réduisent le mode en couplage commun.

Il convient que l'espace disponible dans le chemin de câbles permette la mise en œuvre de câbles complémentaires. La hauteur des câbles doit être inférieure à celle des parois du chemin de câbles, comme indiqué à la Figure 44.R19. L'utilisation de recouvrements améliore la CEM.

Pour une forme en U, le champ magnétique diminue aux deux coins. Ainsi, des chemins de câbles profonds sont préférés; voir Figure 44.R19.

NOTE Il est recommandé que la profondeur du profil soit au moins égale à deux fois la section du câble le plus important.

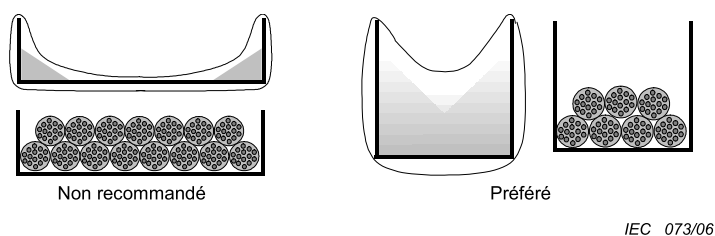


Figure 44.R19 – Disposition de câbles dans un chemin de câbles métallique

444.7.3 Règles d'installation

444.7.3.1 Canalisations métalliques ou composites prévues pour être utilisées à des fins de CEM

Une canalisation métallique ou composite prévue pour être utilisée à des fins de CEM doit être mise à la terre à ses deux extrémités. Pour de grandes longueurs, par exemple supérieures à 50 m, des connexions complémentaires sont recommandées. Toutes les liaisons doivent être aussi courtes que possible. Si une canalisation est constituée de divers éléments, il convient d'assurer la continuité du support par interconnexion adéquate entre ces éléments. Les éléments sont de préférence soudés sur tout leur périmètre. Des connexions par rivets, écrous ou vis sont permises si les surfaces en contact sont bonnes conductrices (pas de peinture ou de couche d'isolation) et protégées contre la corrosion, permettant ainsi un bon contact électrique entre les éléments.

Il convient que la forme de la canalisation métallique soit maintenue sur toute sa longueur. Les connexions doivent être de faible impédance. Une simple connexion courte entre deux éléments de la canalisation conduira à une impédance locale élevée et dégradera la CEM; voir Figure 44.R20.

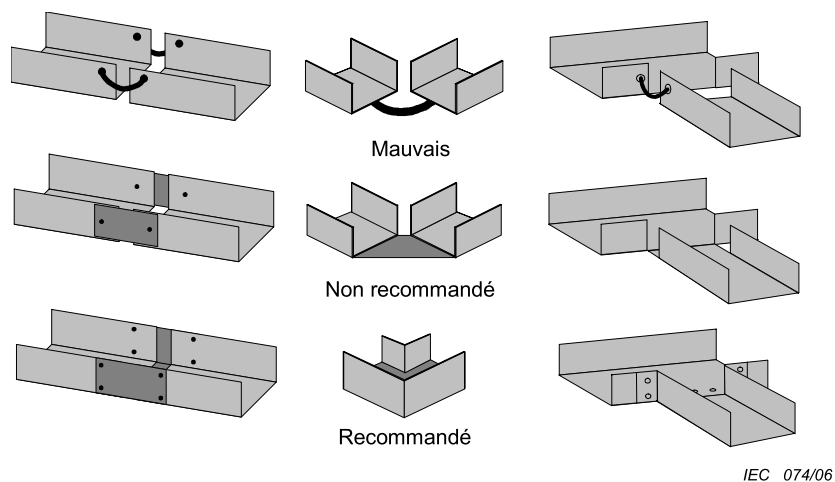


Figure 44.R20 – continuité de supports métalliques

A partir de fréquences de l'ordre de quelques MHz, une liaison de longueur de 10 cm entre deux éléments réalisée par une tresse dégrade l'effet d'écran d'un facteur de 10 au moins.

Si des ajustements ou des extensions sont réalisés, il est essentiel de vérifier qu'ils sont conformes aux recommandations de la CEM (par exemple en ne remplaçant pas une canalisation métallique par une canalisation plastique).

Les éléments métalliques de la construction peuvent contribuer aux objectifs de la CEM. Les poutres en acier en forme de L, H, U ou T offrent souvent une structure continue mise à la terre, contenant des sections importantes et des surfaces élevées avec de nombreux points intermédiaires de mise à la terre. Les câbles sont de préférence posés contre ces parties. L'intérieur des coins est préféré aux surfaces extérieures (voir Figure 44.R21).

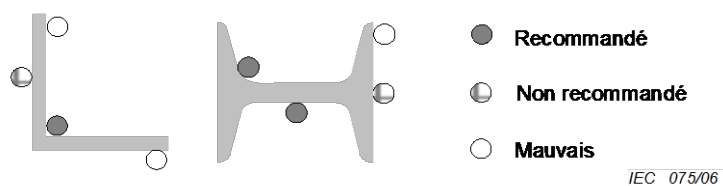


Figure 44.R21 – Emplacement des câbles dans des éléments de construction métallique

Les couvercles des chemins de câbles métalliques doivent répondre aux mêmes exigences que celles des chemins eux-mêmes. Un couvercle avec de nombreux contacts sur toute la longueur est préféré. Si cela n'est pas possible, il convient de relier le couvercle au chemin de câbles au moins aux deux extrémités par des liaisons courtes inférieures à 10 cm (par exemple tresses).

Si une canalisation métallique ou composite dédiée à des fins de CEM est interrompue lors d'une traversée de paroi (par exemple barrière anti-feu), les deux éléments métalliques doivent être interconnectés par des liaisons de faible impédance (par exemple mailles ou tresses).

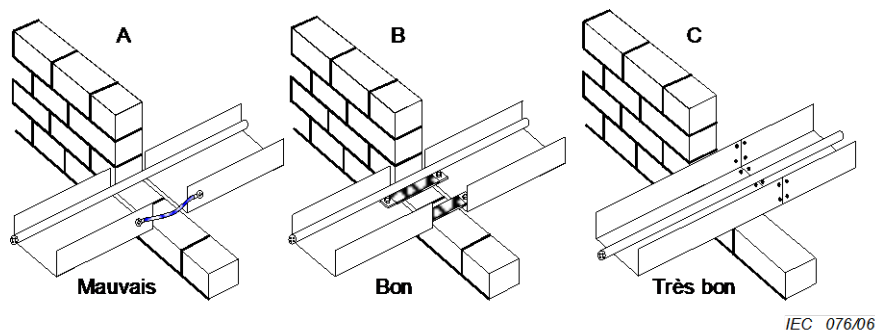


Figure 44.R22 – Interruption de sections métalliques

444.7.3.2 Canalisations non métalliques

Si les matériels sont connectés au réseau par des câbles non écrantés non affectés par les perturbations basse fréquence, pour améliorer la CEM des canalisations non métalliques il convient qu'un seul conducteur, comme un conducteur d'accompagnement équipotentiel, soit ajouté dans la canalisation. Les liaisons doivent être connectées de façon sûre à la mise à la terre des matériels à chaque extrémité (par exemple parois métalliques de l'enveloppe du matériel).

Le conducteur d'accompagnement équipotentiel doit être prévu pour résister à un mode commun élevé et à des courants de défaut.

445 Protection contre les baisses de tension

445.1 Exigences générales

445.1.1 Des précautions doivent être prises lorsque la disparition de la tension et son rétablissement peuvent entraîner des dangers pour les personnes et pour les biens. De même des précautions appropriées doivent être prises lorsqu'une partie de l'installation ou un matériel d'utilisation peut être endommagé par une baisse de tension.

Il n'est pas exigé de dispositif de protection contre les baisses de tension si les dommages subis par l'installation ou par le matériel constituent un risque acceptable sans causer de danger pour les personnes.

445.1.2 Les dispositifs de protection contre les baisses de tension peuvent être retardés si le fonctionnement de l'appareil qu'ils protègent admet sans danger une interruption ou une baisse de tension de courte durée.

445.1.3 S'il est fait usage de contacteurs, le retard à l'ouverture et à la fermeture ne doit pas empêcher la coupure instantanée par des dispositifs de commande ou de protection.

445.1.4 Les caractéristiques des dispositifs de protection contre les baisses de tension doivent être compatibles avec les exigences des normes de l'IEC relatives à la mise en service et à l'utilisation du matériel.

445.1.5 Lorsque la fermeture d'un dispositif de protection est susceptible de créer une situation dangereuse, la fermeture ne doit pas être automatique.

Annex A **(informative)**

Notes explicatives relatives à 442.1 et 442.2

A.442.1 Généralités

~~Les règles de ces deux paragraphes sont destinées à assurer la sécurité des personnes et des matériels dans l'installation à basse tension en cas de défaut à la terre dans l'installation à haute tension.~~

~~Les défauts dans les installations à tensions différentes se rapportent à ceux qui peuvent apparaître dans la partie haute tension d'un poste de transformation alimentant une installation à basse tension à partir d'un réseau de distribution à tension plus élevée. De tels défauts donnent lieu à la circulation d'un courant dans la prise de terre à laquelle sont reliées les masses du poste.~~

~~L'intensité du courant de défaut dépend de l'impédance de la boucle de défaut, c'est-à-dire de la situation du neutre du réseau de distribution à haute tension par rapport à la terre.~~

~~La circulation d'un courant de défaut dans la prise de terre des masses du poste provoque une élévation du potentiel de ces masses par rapport à la terre dont la valeur dépend:~~

- ~~• de l'intensité du courant de défaut;~~
- ~~• de la résistance de la prise de terre des masses du poste.~~

~~La tension de défaut peut atteindre plusieurs milliers de volts et peut provoquer, suivant le schéma des liaisons à la terre de l'installation à basse tension:~~

- ~~• une élévation générale du potentiel des masses de l'installation à basse tension par rapport à la terre, pouvant augmenter les tensions de défaut et de contact ;~~
- ~~• une élévation générale du potentiel de l'installation à basse tension par rapport à la terre, pouvant provoquer des amorçages dans les matériels à basse tension.~~

~~La durée d'élimination des défauts dans les installations à haute tension est généralement plus longue que dans les installations à basse tension, l'action des relais étant volontairement retardée afin d'éviter des déclenchements intempestifs qui pourraient se produire lors de phénomènes transitoires. Les temps de fonctionnement de l'appareillage à haute tension sont également plus longs que ceux de l'appareillage à basse tension. Il en résulte que la durée de maintien de la tension de défaut et de la tension de contact correspondante sur les masses de l'installation à basse tension peut être supérieure à celle qui est requise par les règles d'installation à basse tension.~~

~~Il peut également en résulter un risque d'amorçage dans les matériels à basse tension du poste ou de l'installation. Le fonctionnement des dispositifs de protection dans des conditions anormales de tension transitoire de rétablissement peut entraîner des difficultés de coupure, ou même la non coupure du circuit.~~

~~Les conditions de défaut suivantes dans les installations à haute tension sont prises en considération:~~

Installations à haute tension reliées directement à la terre

~~Dans ces installations, le neutre est relié à la terre soit directement, soit par l'intermédiaire d'une faible impédance, et les défauts à la terre sont éliminés par les dispositifs de protection dans un temps raisonnablement court.~~

~~Aucune liaison du neutre à la terre n'est prise en considération dans le poste de transformation.~~

~~En général, les courants capacitifs sont négligeables.~~

~~Installations à haute tension isolées~~

~~Seules les conditions de défaut dues à un premier défaut à la terre entre une partie active à haute tension et les masses du poste de transformation sont prises en considération. Le courant de défaut (capacitif) peut ou non être coupé suivant son intensité et les dispositifs de protection.~~

~~Installations à haute tension avec bobines d'extinction~~

~~Les postes de transformation sont supposés ne pas comporter de bobine d'extinction.~~

~~Lorsqu'un défaut à la terre se produit dans l'installation à haute tension entre un conducteur à haute tension et les masses du poste de transformation, les courants de défaut sont faibles (des courants résiduels de l'ordre de quelques dizaines d'ampères). Ces courants peuvent circuler pendant des temps assez longs.~~

~~A.442.2 Surtensions dans un réseau BT en cas de défaut HT~~

~~La Figure 44.A2 est tirée de la courbe c_2 de la Figure 20 de l'IEC 60479-1 et fut également prise en considération dans l'IEC 61936-1 comme étant une solution pratique fondée.~~

~~Les valeurs de tension de défaut tiennent compte des considérations suivantes:~~

- ~~a) le risque d'un défaut à la terre dans une installation à haute tension est faible;~~
- ~~b) la tension de contact est toujours plus faible que la tension de défaut, en raison notamment de la liaison équipotentielle principale selon 411.3.1.2 de l'IEC 60364-4-41 et la présence de prises de terre supplémentaires dans l'installation ou ailleurs.~~

~~Les valeurs données par l'UIT-T, 650 V pour 0,2 s et 430 V en cas de coupure automatique de l'alimentation dans un temps supérieur à 0,2 s, sont légèrement supérieures à celles de la courbe de la Figure 44.A2.~~

Annexe A (informative)

Exemples de niveau de risque calculé CRL pour l'utilisation de parafoudres

A.1 Exemple 1 – Bâtiment en environnement rural

Densité de foudrolement au sol $N_g = 1$

Facteur environnemental $f_{env} = 85$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= (2 \times 0,4) + (0,4 \times 0,6)$
 $= 1,04$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0,4;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0,6;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (1,04 \times 1) = 81,7$.

Dans ce cas, la protection par parafoudre doit être installée puisque le CRL est inférieur à 1 000.

A.2 Exemple 2 – Bâtiment en environnement rural alimenté en HT

Densité de foudrolement au sol $N_g = 0,4$

Facteur environnemental $f_{env} = 85$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= 0,2 \times 1$
 $= 0,2$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 1.

$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (0,2 \times 0,4) = 1\,062,5$.

Dans ce cas, la protection par parafoudre n'est pas obligatoire puisque le CRL est supérieur ou égal à 1 000.

A.3 Exemple 3 – Bâtiment en environnement urbain alimenté par des lignes aériennes

Densité de foudrolement au sol $N_g = 1$

Facteur environnemental $f_{env} = 850$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= 2 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6$

$$= 1,04$$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0,4;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0,6;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 1,04) = 817.$$

Dans ce cas, la protection par parafoudre doit être installée puisque le CRL est inférieur à 1 000.

A.4 Exemple 4 – Bâtiment en environnement urbain alimenté par des câbles souterrains

Densité de foudrolement au sol $N_g = 0,5$

Facteur environnemental $f_{env} = 850$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
= 1

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 1;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 0,5) = 1\,700.$$

Dans ce cas, le parafoudre n'est pas obligatoire puisque le CRL est supérieur ou égal à 1 000.

Annex B (informative)

~~Guide pour l'application d'une situation contrôlée~~ Lignes directrices pour la maîtrise des surtensions par des parafoudres dans les lignes aériennes

~~Dans les conditions de 443.3.2.1 et conformément à la note 1~~ Lorsqu'une installation est alimentée par, ou comprend, une ligne aérienne et qu'un parafoudre est exigé selon 443.4, la ~~situation contrôlée~~ protection d'un niveau de surtension peut être obtenue soit par la mise en œuvre de ~~parafoudres~~ dispositifs de protection contre les surtensions transitoires directement dans l'installation à proximité de l'origine de l'installation, soit, avec l'accord de l'opérateur du réseau, dans les lignes aériennes du réseau de distribution.

A titre d'exemple, les dispositions suivantes peuvent être appliquées:

- a) dans le cas de réseaux de distribution par lignes aériennes, la protection contre les surtensions est mise en œuvre aux points de raccordement au réseau et en particulier à l'extrémité de chaque ligne de longueur supérieure à 0,5 km. Il est recommandé que les dispositifs de protection contre les surtensions soient mis en œuvre tous les 0,5 km sur les lignes du réseau de distribution. Cependant, il est recommandé que la distance entre des dispositifs de protection contre les surtensions ~~soit~~ ne soit en aucun cas inférieure à 1 km;
- b) si le réseau de distribution est en partie aérien et en partie souterrain, il est recommandé que la protection contre les surtensions de la partie aérienne soit mise en œuvre conformément à a), à chaque point de jonction entre la ligne aérienne et le câble souterrain;
- c) dans un réseau de distribution en schéma TN alimentant des installations électriques, ~~avec lorsque la protection par coupure automatique de l'alimentation pour assurer la protection contre les contacts indirects est appliquée~~, les conducteurs de mise à la terre des ~~parafoudres~~ dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux conducteurs de ligne sont reliés au conducteur PEN ou au conducteur PE;
- d) dans un réseau de distribution en schéma TT alimentant des installations électriques, ~~avec lorsque la protection par coupure automatique de l'alimentation pour assurer la protection contre les contacts indirects est appliquée~~, les ~~parafoudres~~ dispositifs de protection contre les surtensions sont prévus pour les conducteurs de ligne et le conducteur neutre. A l'emplacement où le conducteur neutre du réseau est mis à la terre, un dispositif de protection contre les surtensions pour le conducteur neutre n'est pas nécessaire.

~~NOTE – En Allemagne, le contenu de l'Annexe B est normatif.~~

Tableau B.1 – Différentes possibilités de schéma IT

(lorsqu'un premier défaut préexiste dans l'installation à basse tension)

Schéma	Masses des matériels BT du poste	Neutre éventuel	Masses des matériels de l'installation BT	U_1	U_2	U_f
a				$U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$
b			0	$U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	0 ^a
c ^b	0	0	0	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0 ^a
d	0			$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$U_0 \sqrt{3}$	0 ^a
e ^b		0		$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0 \sqrt{3}$	$R \times I_m$
^a U_f est en réalité égale au produit du courant de premier défaut par la résistance de la prise de terre des masses ($R_A \times I_d$) qui doit être inférieure ou égale à U_L. — En outre, dans les schémas a, b et d, les courants capacitifs qui se referment par le premier défaut peuvent augmenter dans certains cas la valeur de la tension U_f, mais cette augmentation n'est pas prise en considération. ^b Dans les schémas c1 et e1, une impédance est disposée entre le neutre et la terre (neutre impédant). — Dans les schémas c2 et e2, aucune impédance n'est disposée entre le neutre et la terre (neutre isolé).						

Annex C **(normative)**

Détermination de la longueur conventionnelle, d

~~La configuration de la ligne de distribution à basse tension, sa mise à la terre, son niveau d'isolement, le phénomène considéré (couplage induit ou résistif) conduisent à divers choix pour d . Le calcul démontré ci-après, représente, par convention, le cas le plus défavorable.~~

~~NOTE Cette méthode simplifiée est basée sur l'IEC 61662.~~

$$~~d = d_1 + \frac{d_2}{K_g} + \frac{d_3}{K_t}~~$$

~~Par convention, d est limitée à 1 km,~~

~~où~~

~~d_1 est la longueur de la ligne d'alimentation aérienne basse tension du bâtiment, limitée à 1 km;~~

~~d_2 est la longueur de la ligne d'alimentation non armée enterrée, basse tension, de la structure, limitée à 1 km;~~

~~d_3 est la longueur de la ligne d'alimentation aérienne haute tension du bâtiment, limitée à 1 km;~~

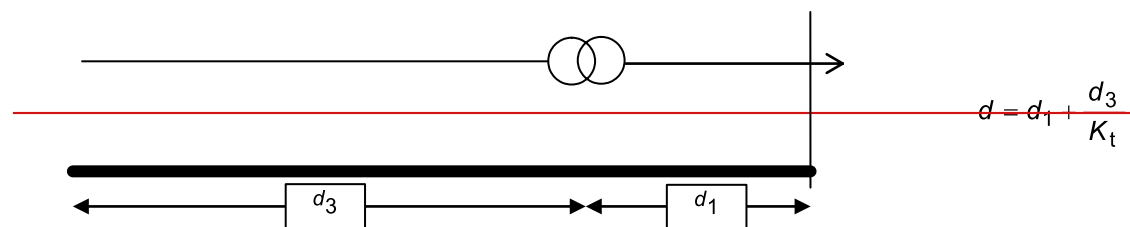
~~— La longueur de la ligne d'alimentation enterrée haute tension est négligée.~~

~~— La longueur d'une ligne d'alimentation écrantée enterrée à basse tension est négligée.~~

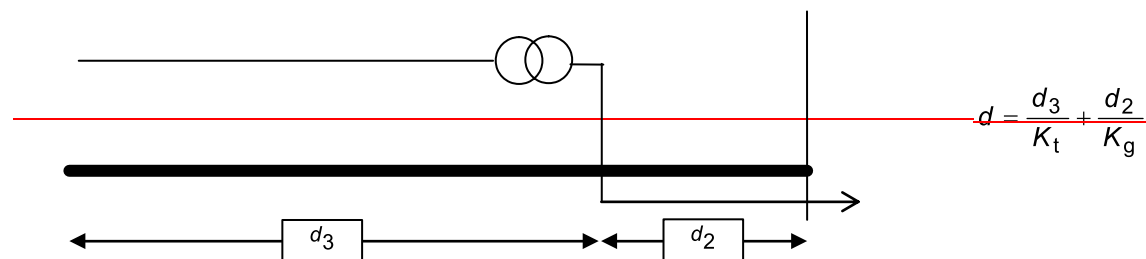
~~$K_g = 4$ est le facteur de réduction se fondant sur le rapport de l'influence des coups de foudre entre les lignes aériennes et les lignes non armées enterrées pour une résistivité du sol de 250 Ωm ;~~

~~$K_t = 4$ est le facteur de réduction typique d'un transformateur.~~

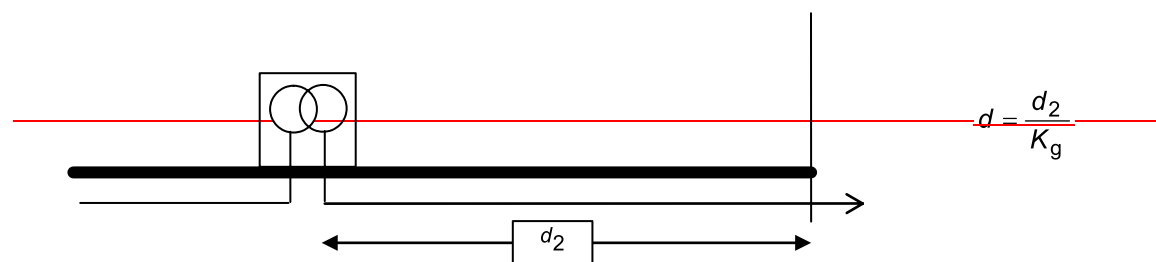
Lignes aériennes HT et BT



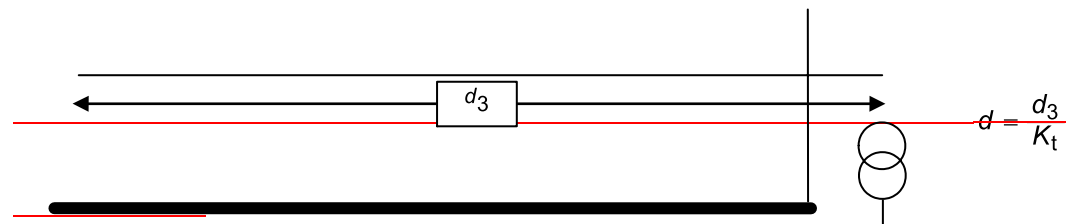
Ligne aérienne HT et ligne souterraine BT



Lignes HT et BT enterrées



Ligne HT aérienne



IEC 2160/03

NOTE—Lorsque le transformateur HT/BT est situé à l'intérieur du bâtiment $d_1 = d_2 = 0$.

Figure 44.Q — Exemples d'utilisation de d_1 , d_2 et d_3 pour la détermination de d

Annexe C (informative)

Liste des notes concernant certains pays

Pays	Article	Libellé
AT	443.1	En Autriche, la protection de toutes les installations électriques contre les surtensions par des parafoudres installés conformément à l'IEC 60364-5-53:2001, Article 534 et l'IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015 est obligatoire, quelles que soient les catégories de conséquences et quelle que soit la méthode d'évaluation du risque.
NO	443.1	En Norvège, chaque installation électrique doit être protégée par un parafoudre.
FI	443.4	En Finlande une protection contre les surtensions transitoires n'est pas obligatoire si l'installation est alimentée par un câble souterrain. Lorsque l'installation est alimentée par une ligne aérienne, une évaluation du risque doit être effectuée.
DE	443.4	En Allemagne, la déviation suivante doit être considérée: Le texte: "Dans tous les autres cas, une évaluation du risque selon 443.5 doit être menée afin de déterminer si la protection contre les surtensions transitoires est nécessaire. Si l'évaluation du risque n'est pas réalisée, l'installation électrique doit être équipée d'une protection contre les surtensions transitoires. Toutefois, la protection contre les surtensions transitoires n'est pas exigée pour un logement dans lequel la valeur économique totale de l'installation électrique à protéger est inférieure à 5 fois la valeur économique du parafoudre situé à l'origine de l'installation." Est remplacé par le texte suivant: "Une protection contre les surtensions doit être mise en œuvre lorsque des surtensions affectent les individus, par exemple dans les bâtiments résidentiels et dans les petits bureaux, si un matériel de catégorie de surtension I ou II est installé. Une protection contre les surtensions doit aussi être envisagée pour les bâtiments à risque d'incendie (classification BE2)."
DE	443.4	En Allemagne, lorsque des collectivités sont concernées, par exemple bâtiments résidentiels, églises, bureaux, établissements scolaires, la protection contre les surtensions doit être assurée.
ES	443.4	En Espagne, conformément au Décret Royal 1053/2014, article 6.4 du ITC-BT-52, tous les circuits destinés à alimenter en énergie les véhicules électriques doivent être protégés contre les surtensions transitoires.
IN	443.4	En Inde, d) pour les collectivités, par exemples grands bâtiments résidentiels, églises, bureaux, établissements scolaires, la protection contre les surtensions doit être assurée.
GB	443.4	Au Royaume-Uni, DANS TOUS LES AUTRES CAS, UNE EVALUATION DU RISQUE SELON 443.5 DOIT ETRE MENEES AFIN DE DETERMINER SI LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES EST NECESSAIRE. SI L'EVALUATION DU RISQUE N'EST PAS REALISEE, L'INSTALLATION ELECTRIQUE DOIT ETRE EQUIPEE D'UNE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES, SAUF POUR LES LOGEMENTS DANS LESQUELS LA VALEUR TOTALE DE L'INSTALLATION ET DES MATERIELS S'Y TROUVANT, NE JUSTIFIE PAS UNE TELLE PROTECTION. Le dernier alinéa de 443.4 n'est pas applicable au Royaume-Uni car il est considéré comme hors domaine étant donné qu'il implique du travail au-delà de 1 000 V.
IN	443.4	En Inde, Une protection contre les surtensions doit être mise en œuvre lorsque des surtensions affectent les individus, par exemple dans les bâtiments résidentiels et dans les petits bureaux, si l'évaluation du risque selon 443.5 exige la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique. SI L'EVALUATION DU RISQUE N'EST PAS REALISEE, L'INSTALLATION ELECTRIQUE DOIT ETRE EQUIPEE D'UNE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE, SAUF POUR LES LOGEMENTS DANS LESQUELS SE TROUVENT SEULEMENT DES MATERIELS DE CATEGORIE DE SURTENSION III OU IV.

DE	443.5	En Allemagne, l'article 443.5 ne s'applique pas.
GB	443.5	Au Royaume-Uni, la valeur du coefficient F doit être prise égale à 1 pour toutes les installations.
ES	443.5	En Espagne, la valeur du coefficient F doit être prise égale à 1 pour toutes les installations.
DE	Annexe A	En Allemagne, l'Annexe A ne s'applique pas.
DE	Annexe B	En Allemagne, le contenu de l'Annexe B est normatif.

Bibliographie

IEC 60050-195 :1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195 : Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

IEC 60050-826, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 826 : Installations électriques*

IEC 60364-5-51:2005, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-51: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Règles communes*

IEC 61000-2 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-5 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation*

IEC 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques*

Série IEC 61386, *Systèmes de conduits pour installations électriques*

IEC 61662:1995, *Evaluation des risques de dommages liés à la foudre*
Amendement 1 (1996)

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

IEC 62020:1998, *Petit appareillage électrique – Contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel (RCM) pour usages domestiques et analogues*

IEC 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2: Evaluation des risques*

ETS 300 253:1995, *Mise en œuvre de matériels – Mises à la terre et liaisons équipotentielles des matériels de communication dans les centraux*

EN 50310, *Réalisation des liaisons équipotentielles et des prises de terre dans des bâtiments avec matériels de traitement de l'information*

EN 50288 (toutes les parties), *Câbles métalliques utilisés pour les circuits numériques de communication et de commande*

FINAL VERSION

VERSION FINALE



**Low-voltage electrical installations –
Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and
electromagnetic disturbances**

**Installations électriques à basse tension –
Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les
perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
440.1 Scope.....	8
440.2 Normative references.....	8
441 (Vacant).....	9
442 Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system	9
442.1 Field of application.....	9
442.1.1 General requirements.....	10
442.1.2 Symbols.....	10
442.2 Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault	11
442.2.1 Magnitude and duration of power-frequency fault voltage	12
442.2.2 Magnitude and duration of power-frequency stress voltages.....	13
442.2.3 Requirements for calculation of limits	14
442.3 Power-frequency stress voltage in case of loss of the neutral conductor in a TN and TT system	14
442.4 Power-frequency stress voltage in the event of an earth fault in an IT system with distributed neutral	14
442.5 Power-frequency stress voltage in the event of a short-circuit between a line conductor and the neutral conductor	15
443 Protection against transient overvoltages of atmospheric origin or due to switching.....	15
443.1 General	15
443.2 Void.....	16
443.3 Terms and definitions.....	16
443.4 Overvoltage control.....	16
443.5 Risk assessment method	17
443.6 Classification of rated impulse voltages (overvoltage categories).....	18
443.6.1 Purpose of classification of rated impulse voltages (overvoltage categories).....	18
443.6.2 Rated impulse voltages of equipment and overvoltage categories	19
444 Measures against electromagnetic influences.....	20
444.1 General	20
444.2 (void).....	21
444.3 Definitions	21
444.4 Mitigation of electromagnetic interference (EMI)	22
444.4.1 Sources of EMI.....	22
444.4.2 Measures to reduce EMI.....	22
444.4.3 TN-system	24
444.4.4 TT system	28
444.4.5 IT system	29
444.4.6 Multiple-source supply.....	30
444.4.7 Transfer of supply	33
444.4.8 Services entering a building.....	35
444.4.9 Separate buildings.....	36
444.4.10 Inside buildings	36
444.4.11 Protective devices	38
444.4.12 Signal cables.....	38

444.5	Earthing and equipotential bonding.....	38
444.5.1	Interconnection of earth electrodes.....	38
444.5.2	Interconnection of incoming networks and earthing arrangements.....	39
444.5.3	Different structures for the network of equipotential conductors and earthing conductors.....	39
444.5.4	Equipotential bonding networks in buildings with several floors	41
444.5.5	Functional earthing conductor.....	42
444.5.6	Commercial or industrial buildings containing significant amounts of information technology equipment.....	43
444.5.7	Earthing arrangements and equipotential bonding of information technology installations for functional purposes	43
444.6	Segregation of circuits	44
444.6.1	General.....	44
444.6.2	Design guidelines	44
444.6.3	Installation guidelines	45
444.7	Cable management systems	46
444.7.1	General.....	46
444.7.2	Design guidelines	46
444.7.3	Installation guidelines	47
445	Protection against undervoltage	49
445.1	General requirements	49
Annex A (informative)	Examples of calculated risk level CRL for the use of SPDs.....	50
Annex B (informative)	Guidance on overvoltage control by SPDs applied to overhead lines.....	52
Annex C (informative)	List of notes concerning certain countries.....	53
Bibliography		55
Figure 44.A1	– Representative schematic sketch for possible connections to earth in substation and LV-installation and occurring overvoltages in case of faults	11
Figure 44.A2	– Tolerable fault voltage due to an earth-fault in the HV system	13
Figure 443.1	– Illustration of an installation showing the lengths to consider	18
Figure 44.R1	– By-pass conductor for screen reinforcement to provide a common equipotential bonding system	23
Figure 44.R2	– Example of a substitute or by-pass equipotential bonding conductor in a TT-system.....	24
Figure 44.R3A	– Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using the TN-S system from the origin of the public supply up to and including the final circuit within a building	25
Figure 44.R3B	– Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using a TN-S system downstream of a consumer's private supply transformer	26
Figure 44.R4	– TN-C-S system within an existing building installation	27
Figure 44.R5	– TT system within a building installation	28
Figure 44.R6	– IT system within a building installation	29
Figure 44.R7A	– TN multiple-source power supply with a non-suitable multiple connection between PEN and earth	30
Figure 44.R7B	– TN multiple source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point	31
Figure 44.R8	– TT multiple-source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point	32

Figure 44.R9A – Three-phase alternative power supply with a 4-pole switch	33
Figure 44.R9B – Neutral current flow in a three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch	34
Figure 44.R9C – Single-phase alternative power supply with 2-pole switch.....	35
Figure 44.R10 – Armoured cables and metal pipes entering the buildings (examples)	36
Figure 44.R11 – Illustration of measures in an existing building	37
Figure 44.R12 – Interconnected earth electrodes	38
Figure 44.R13 – Examples of protective conductors in star network	39
Figure 44.R14 – Example of multiple meshed bonding star network	40
Figure 44.R15 – Example of a common meshed bonding star network	41
Figure 44.R16 – Example of equipotential bonding networks in structures without lightning protection systems	42
Figure 44.R17A – Separation between power and information technology cables for cable route lengths ≤ 35 m	45
Figure 44.R17B – Separation between power and information technology cables for cable route lengths > 35 m	45
Figure 44.R18 – Separation of cables in wiring systems.....	46
Figure 44.R19 – Cable arrangements in metal cable-trays	47
Figure 44.R20 – Continuity of metallic system components.....	48
Figure 44.R21 – Location of cables inside metallic construction elements	48
Figure 44.R22 – Connection of metallic sections.....	49
Table 44.A1 – Power-frequency stress voltages and power-frequency fault voltage in low-voltage system.....	12
Table 44.A2 – Permissible power-frequency stress voltage	14
Table 443.1 – Calculation of f_{env}	17
Table 443.2 – Required rated impulse voltage of equipment U_W	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

FOREWORD

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

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60364-4-44 bears the edition number 2.1. It consists of the second edition (2007-08) [documents 64/1600/FDIS and 64/1609/RVD] and its amendment 1 (2015-09) [documents 64/2032/FDIS and 64/2073/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60364-4-44 has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations and protection against electric shock.

The document 64/1600/FDIS, circulated to the National Committees as Amendment 3, led to the publication of the new edition.

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

A list of all the parts in the IEC 60364 series, under the general title *Low-voltage electrical installations*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex C lists all of the “in-some-country” clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigenda of May 2010 and October 2011 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

Part 4-44 of IEC 60364 covers the protection of electrical installations and measures against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.

The requirements are arranged into four clauses as follows:

- | | |
|------------|---|
| Clause 442 | Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system |
| Clause 443 | Protection against overvoltages of atmospheric origin or due to switching |
| Clause 444 | Measures against electromagnetic influences |
| Clause 445 | Protection against undervoltage |

LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS –

Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances

440.1 Scope

The rules of this Part of IEC 60364 are intended to provide requirements for the safety of electrical installations in the event of voltage disturbances and electromagnetic disturbances generated for different specified reasons.

The rules of this part are not intended to apply to systems for distribution of energy to the public, or power generation and transmission for such systems (see the scope of IEC 60364-1) although such disturbances may be conducted into or between electrical installations via these supply systems.

440.2 Normative references

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

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60364-1, *Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-5-53:2001, *Electrical installations of buildings - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002

IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015

IEC 60364-5-54:2002, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective bonding conductors*¹

IEC 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60664-1:2007, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-2-5:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 5: Classification of electromagnetic environments – Basic EMC publication*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

¹ A third edition is currently in preparation.

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 2-1: Particular requirements for tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications*

IEC 61558-2-4, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-4: Particular requirements for isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-6, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use*

IEC 61558-2-15, *Safety of power transformers, power supply units and similar – Part 2-15: Particular requirements for isolating transformers for the supply of medical locations*

IEC 61643 (all parts), *Low-voltage surge protective devices*

IEC 61643-11:2011, *Low-voltage surge protective devices – Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems – Requirements and test methods*

IEC 61643-22, *Low-voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

441 (Vacant)

442 Protection of low-voltage installations against temporary overvoltages due to earth faults in the high-voltage system and due to faults in the low-voltage system

442.1 Field of application

The rules of this clause provide requirements for the safety of low-voltage installation in the event of

- a fault between the high-voltage system and earth in the transformer substation that supplies the low-voltage installation,
- a loss of the supply neutral in the low-voltage system,

- a short-circuit between a line conductor and neutral,
- an accidental earthing of a line conductor of a low-voltage IT-system.

The requirements for the earthing arrangement at the transformer substation are given in IEC 61936-1.

442.1.1 General requirements

As Clause 442 covers faults between a high-voltage line and the earth in the HV/LV substation, it gives rules for the designer and installer of the substation. It is necessary to have the following information concerning the high-voltage system:

- quality of the system earthing;
- maximum level of earth fault current;
- resistance of the earthing arrangement.

The following subclauses consider four situations as proposed in 442.1, which generally cause the most severe temporary overvoltages such as defined in IEC 60050-604:

- fault between the high-voltage system(s) and earth (see 442.2);
- loss of the neutral in a low-voltage system (see 442.3);
- accidental earthing of a low-voltage IT system (see 442.4);
- short-circuit in the low-voltage installation (see 442.5).

442.1.2 Symbols

In Clause 442 the following symbols are used (see Figure 44.A1):

I_E	part of the earth fault current in the high-voltage system that flows through the earthing arrangement of the transformer substation.
R_E	resistance of the earthing arrangement of the transformer substation.
R_A	resistance of the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation.
R_B	resistance of the earthing arrangement of the low-voltage system neutral, for low-voltage systems in which the earthing arrangements of the transformer substation and of the low-voltage system neutral are electrically independent.
U_0	in TN- and TT-systems: nominal a.c. r.m.s. line voltage to earth in IT-systems: nominal a.c. voltage between line conductor and neutral conductor or mid point conductor, as appropriate
U_f	power-frequency fault voltage that appears in the low-voltage system between exposed-conductive-parts and earth for the duration of the fault.
U_1	power-frequency stress voltage between the line conductor and the exposed-conductive-parts of the low-voltage equipment of the transformer substation during the fault.
U_2	power-frequency stress voltage between the line conductor and the exposed-conductive-parts of the low-voltage equipment of the low-voltage installation during the fault.

NOTE 1 The power-frequency stress voltage (U_1 and U_2) is the voltage that appears across the insulation of low-voltage equipment and across surge protective devices connected to the low-voltage system.

The following additional symbols are used in respect of IT-systems in which the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation are connected to an earthing arrangement that is electrically independent of the earthing arrangement of the transformer substation.

- I_h fault current that flows through the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the equipment of the low-voltage installation during a period when there is a high-voltage fault and a first fault in the low-voltage installation (see Table 44.A1).
- I_d fault current, in accordance with 411.6.2, that flows through the earthing arrangement of the exposed-conductive-parts of the low-voltage installation during the first fault in a low-voltage system (see Table 44.A1).
- Z impedance (e.g. IMD internal impedance, artificial neutral impedance) between the low-voltage system and an earthing arrangement.

NOTE 2 An earthing arrangement may be considered electrically independent of another earthing arrangement if a rise of potential with respect to earth in one earthing arrangement does not cause an unacceptable rise of potential with respect to earth in the other earthing arrangement. See IEC 61936-1.

442.2 Overvoltages in LV-systems during a high-voltage earth fault

In case of a fault to earth on the HV-side of the substation, the following types of overvoltage may affect the LV-installation:

- power frequency fault-voltage (U_f);
- power frequency stress-voltages (U_1 and U_2).

Table 44.A1 provides the relevant methods of calculation for the different types of overvoltages.

NOTE 1 Table 44.A1 deals with IT systems with a neutral point only. For IT systems with no neutral point, the formulae should be adjusted accordingly.

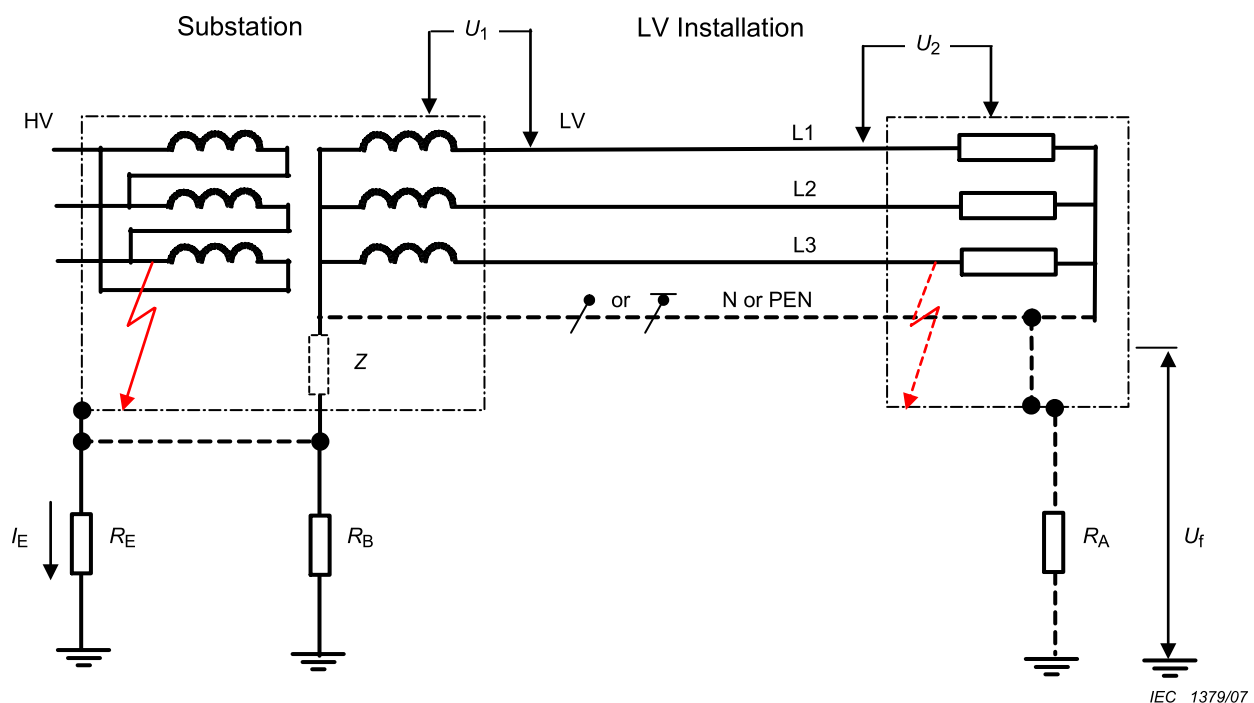


Figure 44.A1 – Representative schematic sketch for possible connections to earth in substation and LV-installation and occurring overvoltages in case of faults

Where high- and low-voltage earthing systems exist in proximity to each other, two practices are presently used:

- interconnection of all high-voltage (R_E) and low-voltage (R_B) earthing systems;
- separation of high-voltage (R_E) from low-voltage (R_B) earthing systems.

The general method used is interconnection. The high- and low-voltage earthing systems shall be interconnected if the low-voltage system is totally confined within the area covered by the high-voltage earthing system (see IEC 61936-1).

NOTE 2 Details of the different types of system earthing (TN, TT, IT) are shown in IEC 60364-1.

Table 44.A1 – Power-frequency stress voltages and power-frequency fault voltage in low-voltage system

Types of system earthing	Types of earth connections	U_1	U_2	U_f
TT	R_E and R_B connected	$U_o^*)$	$R_E \times I_E + U_o$	$0^*)$
	R_E and R_B separated	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
TN	R_E and R_B connected	$U_o^*)$	$U_o^*)$	$R_E \times I_E^{**})$
	R_E and R_B separated	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
IT	R_E and Z connected R_E and R_A separated	$U_o^*)$	$R_E \times I_E + U_o$	$0^*)$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E and Z connected R_E and R_A interconnected	$U_o^*)$	$U_o^*)$	$R_E \times I_E$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E and Z separated R_E and R_A separated	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
		$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$
*) No consideration needs to be given.				
**) See 442.2.1 second paragraph.				
	With existing earth fault in the installation.			

NOTE 3 The requirements for U_1 and U_2 are derived from design criteria for insulation of low-voltage equipment with regard to temporary power-frequency overvoltage (see also Table 44.A2).

NOTE 4 In a system whose neutral is connected to the earthing arrangement of the transformer substation, such temporary power-frequency overvoltage is also to be expected across insulation which is not in an earthed enclosure when the equipment is outside a building.

NOTE 5 In TT- and TN-systems the statement “connected” and “separated” refers to the electrical connection between R_E and R_B . For IT-systems it refers to the electrical connection between R_E and Z and the connection between R_E and R_A .

442.2.1 Magnitude and duration of power-frequency fault voltage

The magnitude and the duration of the fault voltage U_f (as calculated in Table 44.A1) which appears in the LV installation between exposed-conductive-parts and earth, shall not exceed the values given for U_f by the curve of Figure 44.A2 for the duration of the fault.

Normally, the PEN conductor of the low-voltage system is connected to earth at more than one point. In this case, the total resistance is reduced. For these multiple grounded PEN conductors, U_f can be calculated as:

$$U_f = 0,5 R_E \times I_E$$

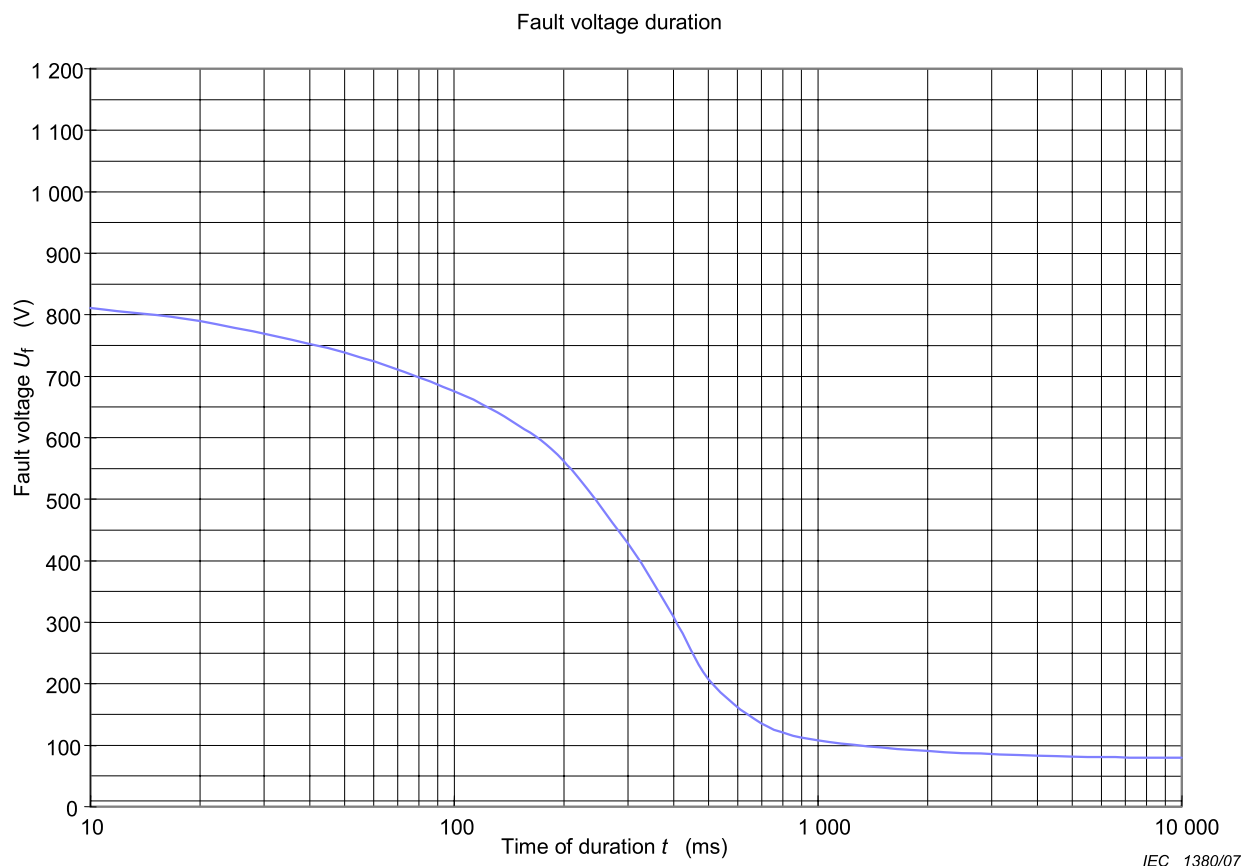


Figure 44.A2 – Tolerable fault voltage due to an earth-fault in the HV system

NOTE The curve shown in Figure 44.A2 is taken from IEC 61936-1. On the basis of probabilistic and statistical evidence this curve represents a low level of risk for the simple worst case where the low voltage system neutral conductor is earthed only at the transformer substation earthing arrangements. Guidance is provided in IEC 61936-1 concerning other situations.

442.2.2 Magnitude and duration of power-frequency stress voltages

The magnitude and the duration of the power-frequency stress voltage (U_1 and U_2) as calculated in Table 44.A1 of the low-voltage equipment in the low-voltage installation due to an earth fault in the high-voltage system shall not exceed the requirements given in Table 44.A2.

Table 44.A2 – Permissible power-frequency stress voltage

Duration of the earth fault in the high-voltage system t	Permissible power-frequency stress voltage on equipment in low-voltage installations U
>5 s	$U_o + 250$ V
≤ 5 s	$U_o + 1\,200$ V
In systems without a neutral conductor, U_o shall be the line-to-line voltage.	
NOTE 1 The first line of the table relates to high-voltage systems having long disconnection times, for example, isolated neutral and resonant earthed high-voltage systems. The second line relates to high-voltage systems having short disconnection times, for example low-impedance earthed high-voltage systems. Both lines together are relevant design criteria for insulation of low-voltage equipment with regard to temporary power frequency overvoltage, see IEC 60664-1. NOTE 2 In a system whose neutral is connected to the earthing arrangement of the transformer substation, such temporary power-frequency overvoltage is also to be expected across insulation which is not in an earthed enclosure when the equipment is outside a building.	

442.2.3 Requirements for calculation of limits

Where required by Table 44.A1, the permissible power-frequency stress voltage shall not exceed the value given in Table 44.A2.

Where required by Table 44.A1, the permissible power-frequency fault voltage shall not exceed the value given in Figure 44.A2.

The requirements of 442.2.1 and 442.2.2 are deemed to be fulfilled for installations receiving a supply at low-voltage from a public electricity distribution system.

To fulfil the above requirements, coordination between the HV-system operator and the LV-system installer is necessary. Compliance with the above requirements mainly falls into the responsibility of the substation installer/owner/operator who needs also to fulfil requirements provided by IEC 61936-1. Therefore the calculation for U_1 , U_2 and U_f is normally not necessary for the LV system installer.

Possible measures to fulfil the above requirements are e.g.

separation of earthing arrangement between HV and LV;

change of LV system earthing;

reduction of earth resistance R_E .

442.3 Power-frequency stress voltage in case of loss of the neutral conductor in a TN and TT system

Consideration shall be given to the fact that, if the neutral conductor in a multi-phase system is interrupted, basic, double and reinforced insulation as well as components rated for the voltage between line and neutral conductors can be temporarily stressed with the line-to-line voltage. The stress voltage can reach up to $U = \sqrt{3} U_o$.

442.4 Power-frequency stress voltage in the event of an earth fault in an IT system with distributed neutral

Consideration shall be given to the fact that, if a line conductor of an IT system is earthed accidentally, insulation or components rated for the voltage between line and neutral conductors can be temporarily stressed with the line-to-line voltage. The stress voltage can reach up to $U = \sqrt{3} U_o$.

442.5 Power-frequency stress voltage in the event of a short-circuit between a line conductor and the neutral conductor

Consideration shall be given to the fact that if a short-circuit occurs in the low-voltage installation between a phase conductor and the neutral conductor, the voltage between the other line conductors and the neutral conductor can reach the value of $1,45 \times U_0$ for a time up to 5 s.

443 Protection against transient overvoltages of atmospheric origin or due to switching

443.1 General

Clause 443 specifies requirements for protection of electrical installations against transient overvoltages of atmospheric origin transmitted by the supply distribution system including direct strikes to the supply system and against switching overvoltages. Clause 443 does not specify requirements for protection against transient overvoltage due to direct or nearby lightning strokes on the structure.

NOTE 1 For risk management for protection against transient overvoltage due to direct or nearby lightning strokes on the structure, see IEC 62305-2.

In general, switching overvoltages have lower amplitude than transient overvoltages of atmospheric origin and therefore the requirements regarding protection against transient overvoltages of atmospheric origin normally cover protection against switching overvoltages.

If no transient overvoltage protection against disturbances of atmospheric origin is installed, protection against switching overvoltages may need to be provided.

NOTE 2 Overvoltages due to switching can be longer in duration and can contain more energy than the transient overvoltages of atmospheric origin. See 443.4.

The characteristics of transient overvoltages of atmospheric origin depend on factors such as:

- the nature of the supply distribution system (underground or overhead);
- the possible existence of at least one surge protective device (SPD) upstream of the origin of the installation;
- the voltage level of the supply system.

NOTE 3 As regards transient overvoltages of atmospheric origin, no distinction is made between earthed and unearthed systems.

Protection against transient overvoltages is provided by the installation of surge protective devices (SPDs).

Selection and installation of SPDs shall be in compliance with Clause 534 of IEC 60364-5-53:2001, IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002 and IEC 60364-5-53/AMD2:2015.

If there is a need for SPDs on the power supply lines, additional SPDs on other lines such as telecom lines are also recommended.

Requirements for protection against transient overvoltages transmitted by data transmission systems are not covered by Clause 443. See IEC 61643-22.

Clause 443 does not apply to installations where the consequences caused by overvoltages affect:

- a) structures with risk of explosion;
- b) structures where the damage may also involve the environment (e.g. chemical or radioactive emissions).

443.2 Void

443.3 Terms and definitions

443.3.1

urban environment

area with a high density of buildings or densely populated communities with tall buildings

Note 1 to entry: A town centre is an example of an urban environment.

443.3.2

suburban environment

area with a medium density of buildings

Note 1 to entry: Town outskirts are an example of a suburban environment.

443.3.3

rural environment

area with a low density of buildings

Note 1 to entry: The countryside is an example of a rural environment.

443.3.4

surge protective device

SPD

device that contains at least one non-linear component that is intended to limit surge voltages and divert surge currents

Note 1 to entry: An SPD is a complete assembly, having appropriate connecting means.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

443.3.5

calculated risk level

CRL

calculated value of risk used to evaluate the need for transient overvoltage protection

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

443.3.6

rated impulse voltage

U_W

impulse withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages.

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, Modified — symbol added]

443.4 Overvoltage control

Protection against transient overvoltage shall be provided where the consequence caused by overvoltage affects:

- a) human life, e.g. safety services, medical care facilities;

- b) public services and cultural heritage, e.g. loss of public services, IT centres, museums;
- c) commercial or industrial activity, e.g. hotels, banks, industries, commercial markets, farms.

For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage.

However the transient overvoltage protection is not required for single dwelling units where the total economic value of the electrical installation to be protected is less than 5 times the economic value of the SPD located at the origin of the installation.

NOTE 1 National Committees can modify the exception criteria related to single dwelling units or to not apply it.

Protection against switching overvoltages should be considered in the case of equipment likely to produce switching overvoltages or disturbances exceeding the values according to the overvoltage category of the installation e.g. where a LV generator supply the installation or where inductive or capacitive loads (e.g. motors, transformers, capacitor banks, etc.), storage units or high current loads are installed.

NOTE 2 Annex B provides guidance for overvoltage control where utility provided SPDs are installed on overhead lines.

For a low-voltage installation supplied from a high-voltage distribution network through a separate transformer (i.e. an industrial application), additional means for protection against overvoltages due to lightning should be installed on the high-voltage side of the transformer.

443.5 Risk assessment method

NOTE 1 For protection of a structure and its electrical systems against lightning and surges of atmospheric origin, IEC 62305 applies

Calculated risk level (CRL) is used to determine if protection against transient overvoltages of atmospheric origin is required. The CRL is found by the following formula

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g)$$

where

- f_{env} is an environmental factor and the value of f_{env} shall be calculated according to Table 443.1.

Table 443.1 – Calculation of f_{env}

Environment	f_{env}
Rural and suburban environment	$85 \times F$
Urban environment	$850 \times F$

The value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations. However, National Committees may adjust the value of coefficient F from 1 to 3 for dwellings.

- N_g is the lightning ground flash density (flash per km² per year) relevant to the location of the power line and connected structure;

NOTE 2 According to IEC 62305-2:2010, Clause A.1, 25 thunderstorm days per year are equivalent to a value of 2,5 flashes per km² per year. This is derived from the formula $N_g = 0,1 \times T_d$, where T_d is the number of thunderstorm days per year (keraunic level).

- the risk assessment length L_P is calculated as below:

$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable;

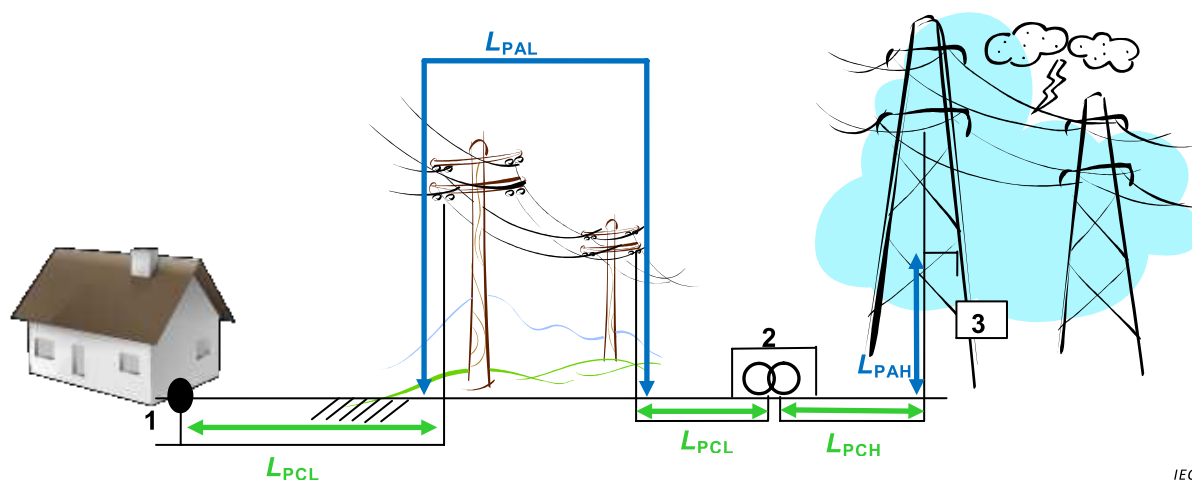
L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable.

The total length ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) is limited to 1 km or by the distance from the first overvoltage protective device installed in the power network to the entrance of the installation whichever is the smaller.

If the distribution networks lengths are totally or partially unknown then L_{PAL} shall be taken equal to the remaining distance to reach a total length of 1 km.

For example, if only the distance of underground cable is known (e.g. 100 m), then the L_{PAL} shall be taken equal to 90 m. An illustration of an installation showing the lengths to consider is given in Figure 443.1.



Key

- 1 origin of the installation
- 2 LV/HV transformer
- 3 surge arrester (overvoltage protective device)

Figure 443.1 – Illustration of an installation showing the lengths to consider

If $CRL \geq 1\,000$, no protection against transient overvoltages of atmospheric origin is needed;

If $CRL < 1\,000$, protection against transient overvoltages of atmospheric origin is required.

NOTE 3 Examples of calculations of CRL are given in Annex A.

443.6 Classification of rated impulse voltages (overvoltage categories)

443.6.1 Purpose of classification of rated impulse voltages (overvoltage categories)

Clause 443.6 gives information on the overvoltage category of the equipment.

NOTE 1 Overvoltage categories are defined within electrical installations for the purpose of insulation coordination and a related classification of equipment with rated impulse voltages is provided (see IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015, Table 534.1).

The rated impulse voltage is used to classify equipment energized directly from the low-voltage electrical installation into overvoltage category.

Rated impulse voltages for equipment selected according to the nominal voltage are provided to distinguish different levels of availability of equipment with regard to continuity of service and an acceptable risk of failure.

Inherent overvoltage control based only on the impulse voltage withstand of the equipment in accordance with IEC 60664-1 might not be sufficient, because:

- transient overvoltages transmitted by the supply distribution system are not significantly attenuated downstream in most installations. Insulation coordination can be achieved in the whole installation, by transient overvoltage protection of the equipment corresponding to the classified rated impulse voltage, reducing the risk of failure to an acceptable level;
- in installations supplied by a completely buried low-voltage system not including overhead lines, surge currents and partial lightning currents are distributed via the underground cables;
- equipment is often connected to two different services, e.g. power line and data line. Field experience shows that much surge related damage is experienced on this kind of equipment.

It is necessary to consider the rated impulse voltage U_W (see IEC 60664-1) of the most sensitive equipment to be protected in the system or, in cases where a temporary loss of function of equipment is critical, the equipment level immunity (see IEC 61000-4-5).

443.6.2 Rated impulse voltages of equipment and overvoltage categories

The following points shall be noted:

- a) Equipment with a rated impulse voltage corresponding to overvoltage category IV is suitable for use at, or in the proximity of, the origin of the installation, for example upstream of the main distribution board. Equipment of category IV has a very high impulse withstand capability providing the required high degree of reliability, and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.

NOTE 1 Examples of such equipment include electricity meters, primary overcurrent protective devices and ripple control units.

- b) Equipment with a rated impulse voltage corresponding to overvoltage category III is suitable for use in the fixed installation downstream of and including the main distribution board, providing a high degree of availability, and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.

NOTE 2 Examples of such equipment include distribution boards, circuit-breakers, wiring systems (see IEC 60050-826:2004, 826-15-01), including cables, busbars, junction boxes, switches, socket-outlets) in the fixed installation, and equipment for industrial use and some other equipment, e.g. stationary motors with permanent connection to the fixed installation.

- c) Equipment with a rated impulse voltage corresponding to overvoltage category II is suitable for connection to the fixed installation, providing a degree of availability normally required for current-using equipment, and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2.

NOTE 3 Examples of such equipment include household appliances and similar loads.

- d) Equipment with a rated impulse voltage corresponding to overvoltage category I is only suitable for use in the fixed installation where SPDs are installed outside the equipment to limit transient overvoltages to the specified level, and shall have a rated impulse voltage not less than the value specified in Table 443.2. Therefore, equipment with a rated impulse voltage corresponding to overvoltage category I should preferably not be installed at or near the origin of installation.

NOTE 4 Examples of such equipment include those containing electronic circuits like computers, home electronics, etc.

Table 443.2 – Required rated impulse voltage of equipment U_W

Nominal voltage of the installation ^a V	Voltage line to neutral derived from nominal voltages a.c. or d.c. up to and including V	Required rated impulse withstand voltage of equipment ^c kV			
		Overvoltage category IV (equipment with very high rated impulse voltage) IV	Overvoltage category III (equipment with high rated impulse voltage)	Overvoltage category II (equipment with normal rated impulse voltage)	Overvoltage category I (equipment with reduced rated impulse voltage)
		For example, energy meter, telecontrol systems	For example, distribution boards, switches socket-outlets	For example, distribution domestic appliances, tools	For example, sensitive electronic equipment
120/208	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^{b,d} 277/480 ^b	300	6	4	2,5	1,5
400/690	600	8	6	4	2,5
1 000	1 000	12	8	6	4
1 500 d.c.	1 500 d.c.			8	6

^a According to IEC 60038:2009.

^b In Canada and USA, for voltages to earth higher than 300 V, the rated impulse voltage corresponding to the next highest voltage in this column applies.

^c This rated impulse voltage is applied between live conductors and PE.

^d For IT systems operations at 220-240 V, the 230/400 row shall be used, due to the voltage to earth at the earth fault on one line.

444 Measures against electromagnetic influences

444.1 General

Clause 444 provides basic recommendations for the mitigation of electromagnetic disturbances. Electromagnetic Interference (EMI) may disturb or damage information technology systems or information technology equipment as well as equipment with electronic components or circuits. Currents due to lightning, switching operations, short-circuits and other electromagnetic phenomena may cause overvoltages and electromagnetic interference.

These effects are most severe

- where large metal loops exist; and
- where different electrical wiring systems are installed in common routes, e.g. for power supply and for signalling information technology equipment within a building.

The value of the induced voltage depends on the rate of rise (di/dt) of the interference current, and on the size of the loop.

Power cables carrying large currents with a high rate of rise of current (di/dt) (e.g. the starting current of lifts or currents controlled by rectifiers) can induce overvoltages in cables of information technology systems, which can influence or damage information technology equipment or similar electrical equipment.

In or near rooms for medical use, electric or magnetic fields associated with electrical installations can interfere with medical electrical equipment.

This clause provides information for architects of buildings and for designers and installers of electrical installations of buildings on some installation concepts that limit electromagnetic influences. Basic considerations are given here to mitigate such influences that may result in disturbance.

444.2 (void)

NOTE This clause is reserved for future input.

444.3 Definitions

See IEC 60364-1 for basic definitions. For the purposes of this document, the following definitions apply:

444.3.1

bonding network BN

set of interconnected conductive structures that provides an “electromagnetic shield” for electronic systems at frequencies from direct current (DC) to low radio frequency (RF)

[3.2.2 of ETS 300 253:1995]

NOTE The term “electromagnetic shield” denotes any structure used to divert, block or impede the passage of electromagnetic energy. In general, a BN does not need to be connected to earth but BN considered in this standard are connected to earth.

444.3.2

bonding ring conductor

BRC

an earthing bus conductor in the form of a closed ring

[3.1.3 of EN 50310:2000]

NOTE Normally the bonding ring conductor, as part of the bonding network, has multiple connections to the CBN that improves its performance.

444.3.3

common equipotential bonding system

common bonding network

CBN

equipotential bonding system providing both protective-equipotential-bonding and functional-equipotential-bonding

[IEV 195-02-25]

444.3.4

equipotential bonding

provision of electric connections between conductive parts, intended to achieve equipotentiality

[IEV 195-01-10]

444.3.5

earth-electrode network

ground-electrode network (US)

part of an earthing arrangement comprising only the earth electrodes and their interconnections

[IEV 195-02-21]

444.3.6

meshed bonding network

MESH-BN

bonding network in which all associated equipment frames, racks and cabinets and usually the DC power return conductor, are bonded together as well as at multiple points to the CBN and may have the form of a mesh

[3.2.2 of ETS 300 253:1995]

NOTE The MESH-BN augments the CBN.

444.3.7

by-pass equipotential bonding conductor/

parallel earthing conductor

PEC

earthing conductor connected in parallel with the screens of signal and/or data cables in order to limit the current flowing through the screens

444.4 Mitigation of electromagnetic interference (EMI)

Consideration shall be given by the designer and installer of the electrical installation to the measures described below for reducing the electric and magnetic influences on electrical equipment.

Only electrical equipment, which meets the requirements in the appropriate EMC standards or the EMC requirements of the relevant product standard shall be used.

444.4.1 Sources of EMI

Electrical equipment sensitive to electromagnetic influences should not be located close to potential sources of electromagnetic emission such as

- switching devices for inductive loads,
- electric motors,
- fluorescent lighting,
- welding machines,
- computers,
- rectifiers,
- choppers,
- frequency converters/regulators,
- lifts,
- transformers,
- switchgear,
- power distribution busbars.

444.4.2 Measures to reduce EMI

The following measures reduce electromagnetic interference.

- a) For electrical equipment sensitive to electromagnetic influences, surge protection devices and/or filters are recommended to improve electromagnetic compatibility with regard to conducted electromagnetic phenomena.
- b) Metal sheaths of cables should be bonded to the CBN.
- c) Inductive loops should be avoided by selection of a common route for power, signal and data circuits wiring.
- d) Power and signal cables should be kept separate and should, wherever practical, cross each other at right-angles (see 444.6.3).
- e) Use of cables with concentric conductors to reduce currents induced into the protective conductor.
- f) Use of symmetrical multicore cables (e.g. screened cables containing separate protective conductors) for the electrical connections between convertors and motors, which have frequency controlled motor-drives.
- g) Use of signal and data cables according to the EMC requirements of the manufacturer's instructions.
- h) Where a lightning protection system is installed,
 - power and signal cables shall be separated from the down conductors of lightning protection systems (LPS) by either a minimum distance or by use of screening. The minimum distance shall be determined by the designer of the LPS in accordance with IEC 62305-3;
 - metallic sheaths or shields of power and signal cables should be bonded in accordance with the requirements for lightning protection given in IEC 62305-3 and IEC 62305-4.
- i) Where screened signal or data cables are used, care should be taken to limit the fault current from power systems flowing through the screens and cores of signal cables, or data cables, which are earthed. Additional conductors may be necessary, e.g. a by-pass equipotential bonding conductor for screen reinforcement; see Figure 44.R1.

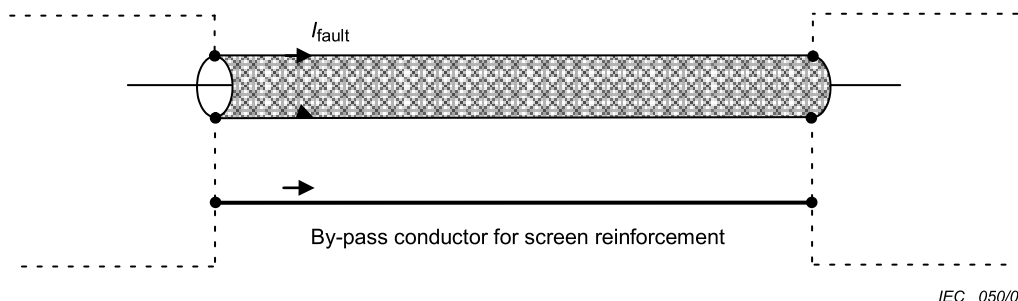
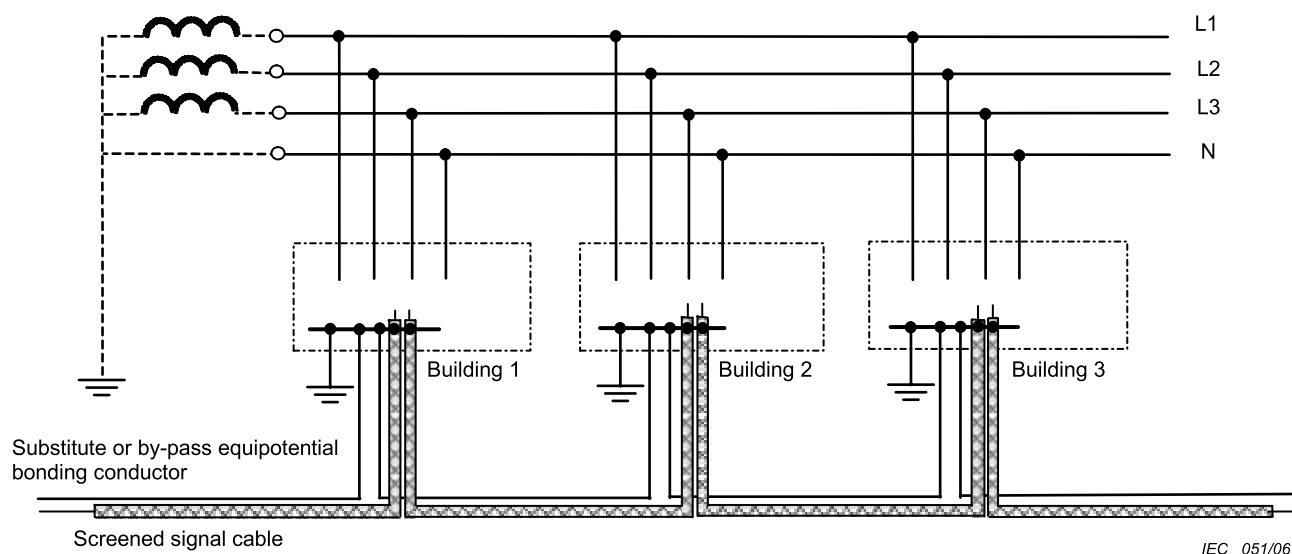


Figure 44.R1 – By-pass conductor for screen reinforcement to provide a common equipotential bonding system

NOTE 1 The provision of a by-pass conductor in proximity to a signal, or data, cable sheath also reduces the area of the loop associated with equipment, which is only connected by a protective conductor to earth. This practice considerably reduces the EMC effects of lightning electromagnetic pulse (LEMP).

- j) Where screened signal cables or data cables are common to several buildings supplied from a TT-system, a by-pass equipotential bonding conductor should be used; see Figure 44.R2. The by-pass conductor shall have a minimum cross-sectional area of 16 mm² Cu or equivalent. The equivalent cross-sectional area shall be dimensioned in accordance with 544.1 of IEC 60364-5-54.



IEC 051/06

Figure 44.R2 – Example of a substitute or by-pass equipotential bonding conductor in a TT-system

NOTE 2 Where the earthed shield is used as a signal return path, a double-coaxial cable may be used.

NOTE 3 It is recalled that if the consent according to 413.1.2.1 (last paragraph) cannot be obtained, it is the responsibility of the owners or operators to avoid any danger due to the exclusion of those cables from the connection to the main equipotential bonding.

NOTE 4 The problems of earth differential voltages on large public telecommunication networks are the responsibility of the network operator, who may employ other methods.

NOTE 5 In the Netherlands, a by-pass equipotential bonding conductor, connecting the earthing systems of several TT installations together, is permitted only if fault protection, in accordance with 413.1.4, remains effective in the case of failure of any single RCD.

- k) Equipotential bonding connections should have an impedance as low as possible
 - by being as short as possible,
 - by having a cross-section shape that results in low inductive reactance and impedance per metre of route, e.g. a bonding braid with a width to thickness ratio of five to one.
- l) Where an earthing busbar is intended (according to 444.5.8) to support the equipotential bonding system of a significant information technology installation in a building, it may be installed as a closed ring.

NOTE 6 This measure is preferably applied in buildings of the telecommunications industry.

444.4.3 TN-system

To minimize electromagnetic influences, the following subclauses apply.

444.4.3.1 It is recommended that TN-C systems should not be maintained in existing buildings containing, or likely to contain, significant amounts of information technology equipment.

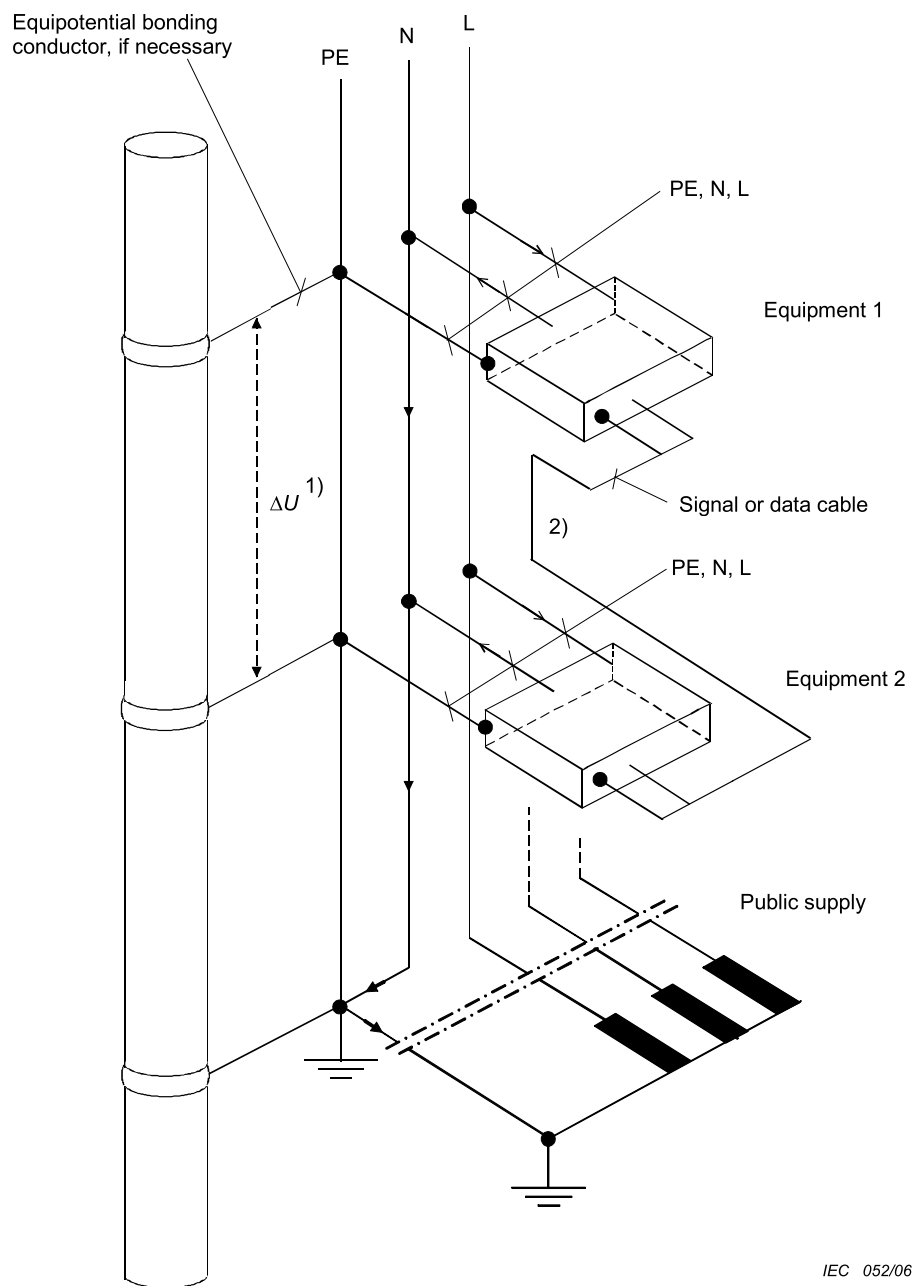
TN-C-systems shall not be used in newly constructed buildings containing, or likely to contain, significant amounts of information technology equipment.

NOTE Any TN-C installation is likely to have load or fault current diverted via equipotential bonding into metallic services and structures within a building.

444.4.3.2 In existing buildings supplied from public low-voltage networks and which contain, or are likely to contain, significant amounts of information technology equipment, a TN-S system should be installed downstream of the origin of the installation; see Figure 44.R3A.

In newly constructed buildings, TN-S systems shall be installed downstream of the origin of the installation; see Figure 44.R3A.

NOTE The effectiveness of a TN-S-system may be enhanced by use of a residual current monitoring device, RCM, complying with IEC 62020.

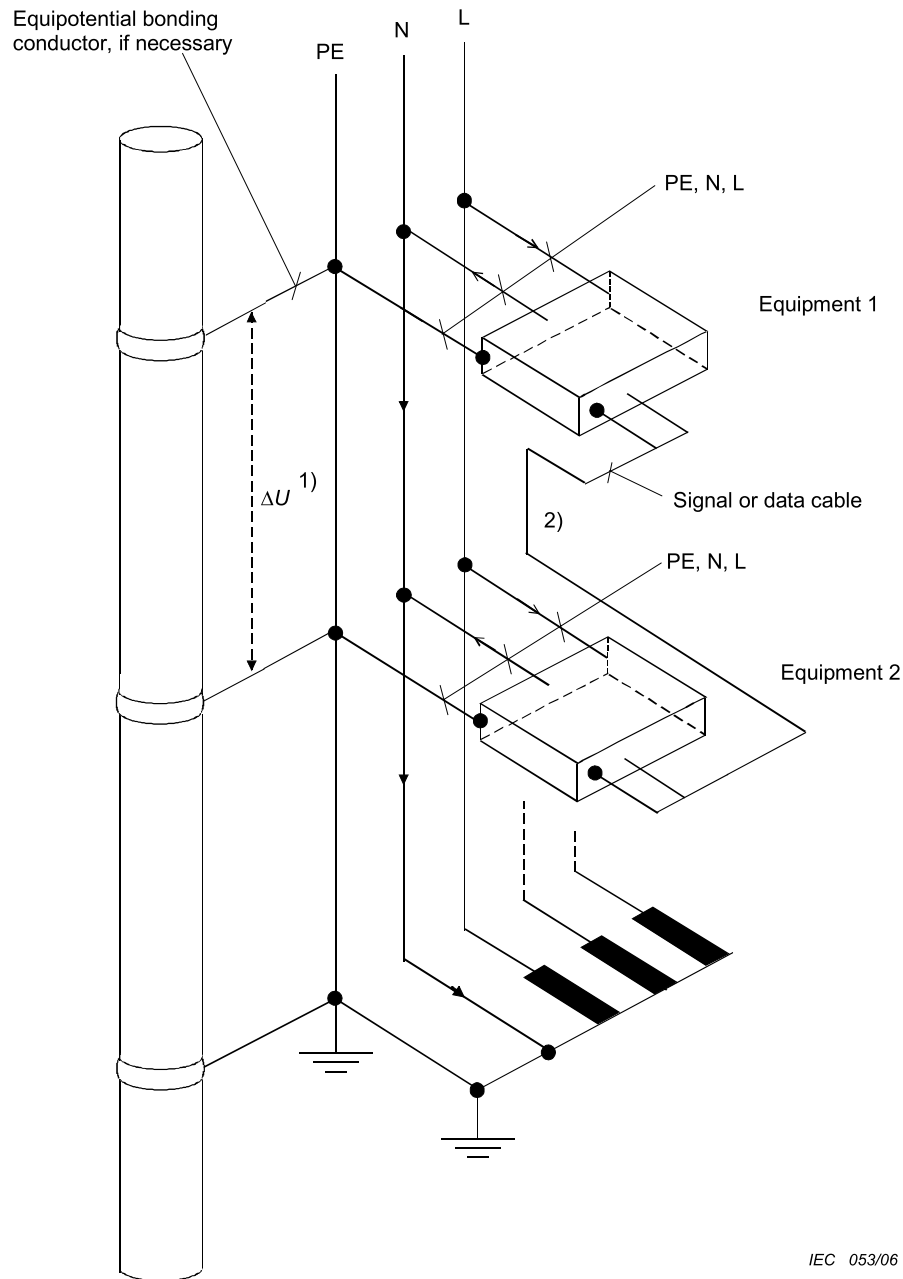


IEC 052/06

- 1) No voltage drop ΔU along the PE conductor under normal operation conditions
- 2) Loops of limited area formed by signal or data cables

Figure 44.R3A – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using the TN-S system from the origin of the public supply up to and including the final circuit within a building

444.4.3.3 In existing buildings where the complete low-voltage installation including the transformer is operated only by the user and which contain, or are likely to contain, significant amounts of information technology equipment, TN-S systems should be installed; see Figure 44.R3B.



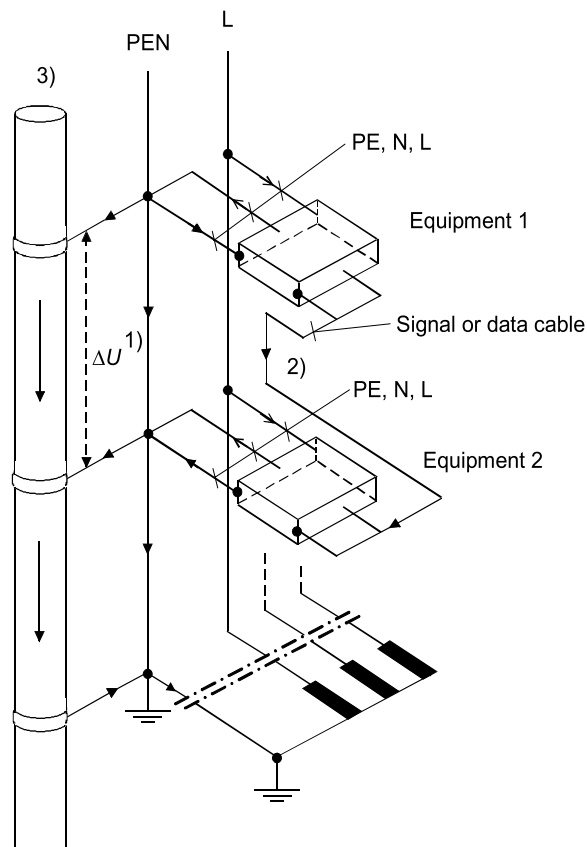
IEC 053/06

- 1) No voltage drop ΔU along the PE conductor under normal operation conditions
- 2) Loops of limited area formed by signal or data cables

Figure 44.R3B – Avoidance of neutral conductor currents in a bonded structure by using a TN-S system downstream of a consumer's private supply transformer

444.4.3.4 Where an existing installation is a TN-C-S system (see Figure 44.R4), signal and data cable loops should be avoided by

- changing all TN-C parts of the installation shown in Figure 44.R4 into TN-S, as shown in Figure 44.R3A, or
- where this change is not possible, by avoiding signal and data cable interconnections between different parts of the TN-S installation.



IEC 054/06

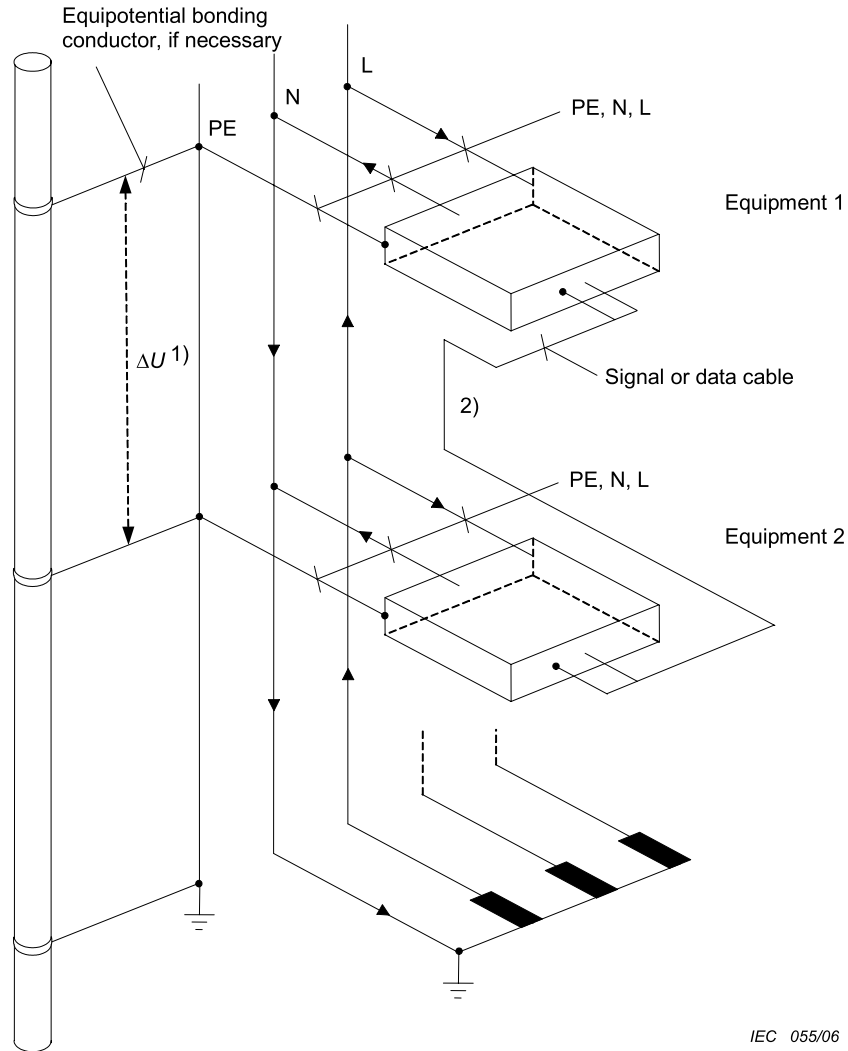
- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables
- 3) Extraneous-conductive-part

NOTE In a TN-C-S system, the current, which in a TN-S system would flow only through the neutral conductor, flows also through the screens or reference conductors of signal cables, exposed-conductive-parts, and extraneous-conductive-parts such as structural metalwork.

Figure 44.R4 – TN-C-S system within an existing building installation

444.4.4 TT system

In a TT system, such as that shown in Figure 44.R5, consideration should be given to overvoltages which may exist between live parts and exposed-conductive-parts when the exposed-conductive-parts of different buildings are connected to different earth electrodes.



IEC 055/06

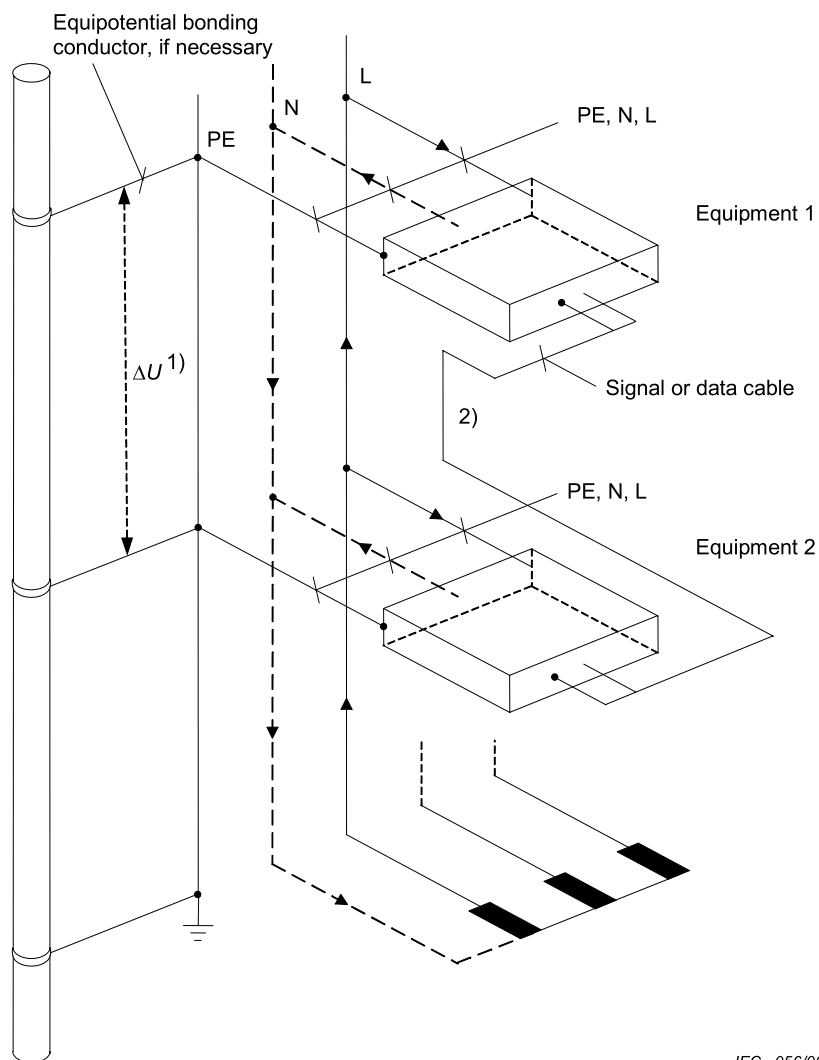
- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables

Figure 44.R5 – TT system within a building installation

444.4.5 IT system

In a three-phase IT system (see Figure 44.R6), the voltage between a healthy line-conductor and an exposed-conductive-part can rise to the level of the line-to-line voltage when there is a single insulation fault between a line conductor and an exposed-conductive-part; this condition should be considered.

NOTE Electronic equipment directly supplied between line conductor and neutral should be designed to withstand such a voltage between line conductor and exposed-conductive-parts; see corresponding requirement from IEC 60950-1 for information technology equipment.



IEC 056/06

- 1) Voltage drop ΔU along PEN in normal operation
- 2) Loop of limited area formed from signal or data cables

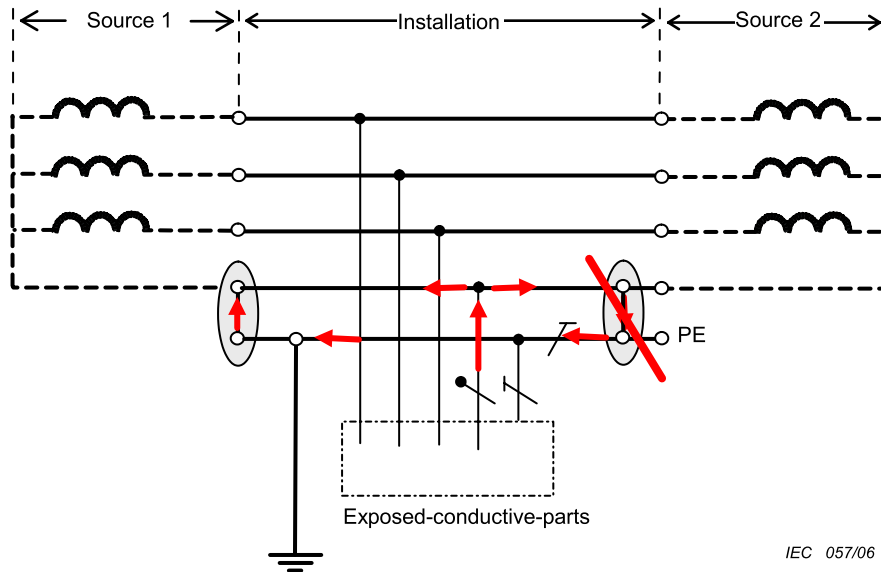
Figure 44.R6 – IT system within a building installation

444.4.6 Multiple-source supply

For multiple-source power supplies, the provisions in 444.4.6.1 and 444.4.6.2 shall be applied.

NOTE Where multiple earthing of the star points of the sources of supplies is applied, neutral conductor currents may flow back to the relevant star point, not only via the neutral conductor, but also via the protective conductor as shown in Figure 44.R7A. For this reason the sum of the partial currents flowing in the installation is no longer zero and a magnetic stray field is created, similar to that of a single conductor cable.

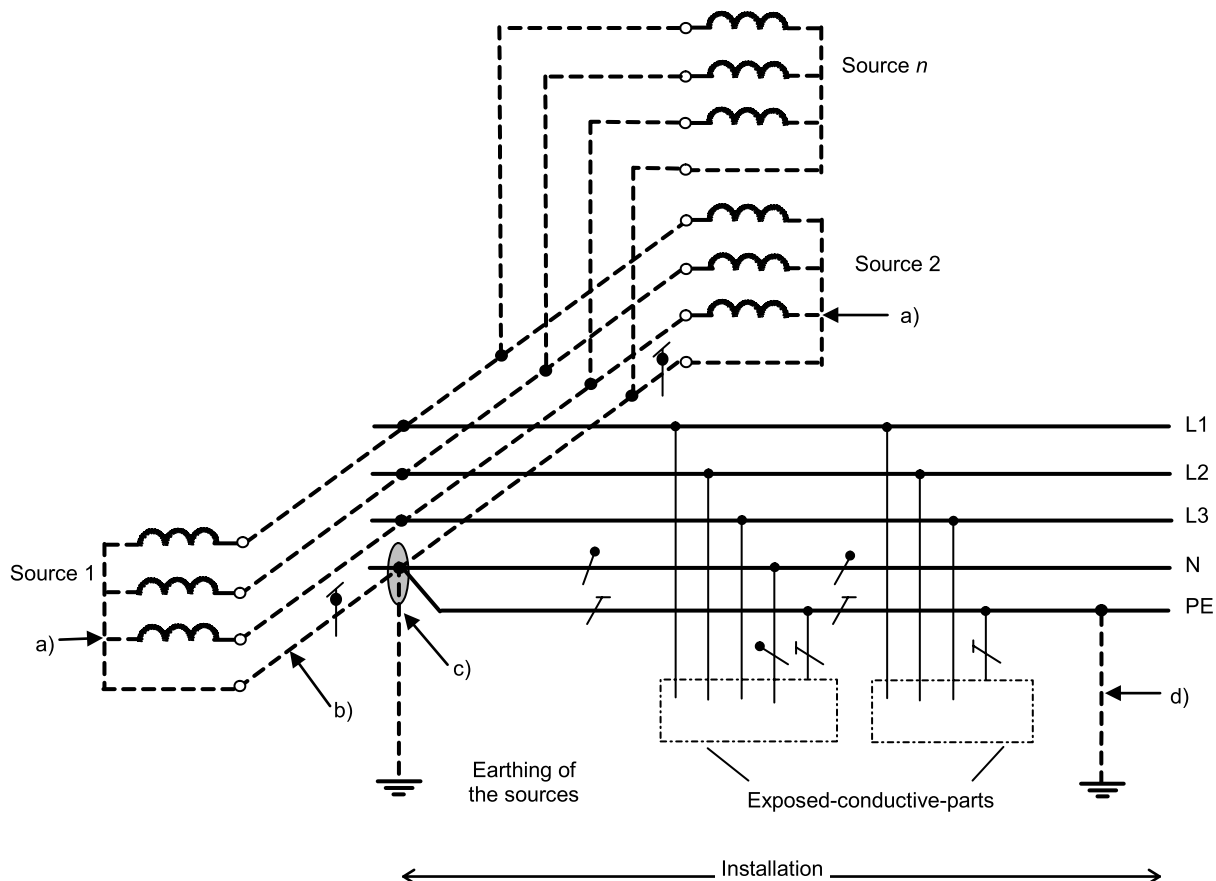
In the case of single conductor cables, which carry AC current, a circular electromagnetic field is generated around the core conductor that may interfere with electronic equipment. Harmonic currents produce similar electromagnetic fields but they attenuate more rapidly than those produced by fundamental currents.



**Figure 44.R7A – TN multiple-source power supply
with a non-suitable multiple connection between PEN and earth**

444.4.6.1 TN multiple source power supplies

In the case of TN multiple-source power supplies to an installation, the star points of the different sources shall, for EMC reasons, be interconnected by an insulated conductor that is connected to earth centrally at one and the same point; see Figure 44.R7B.



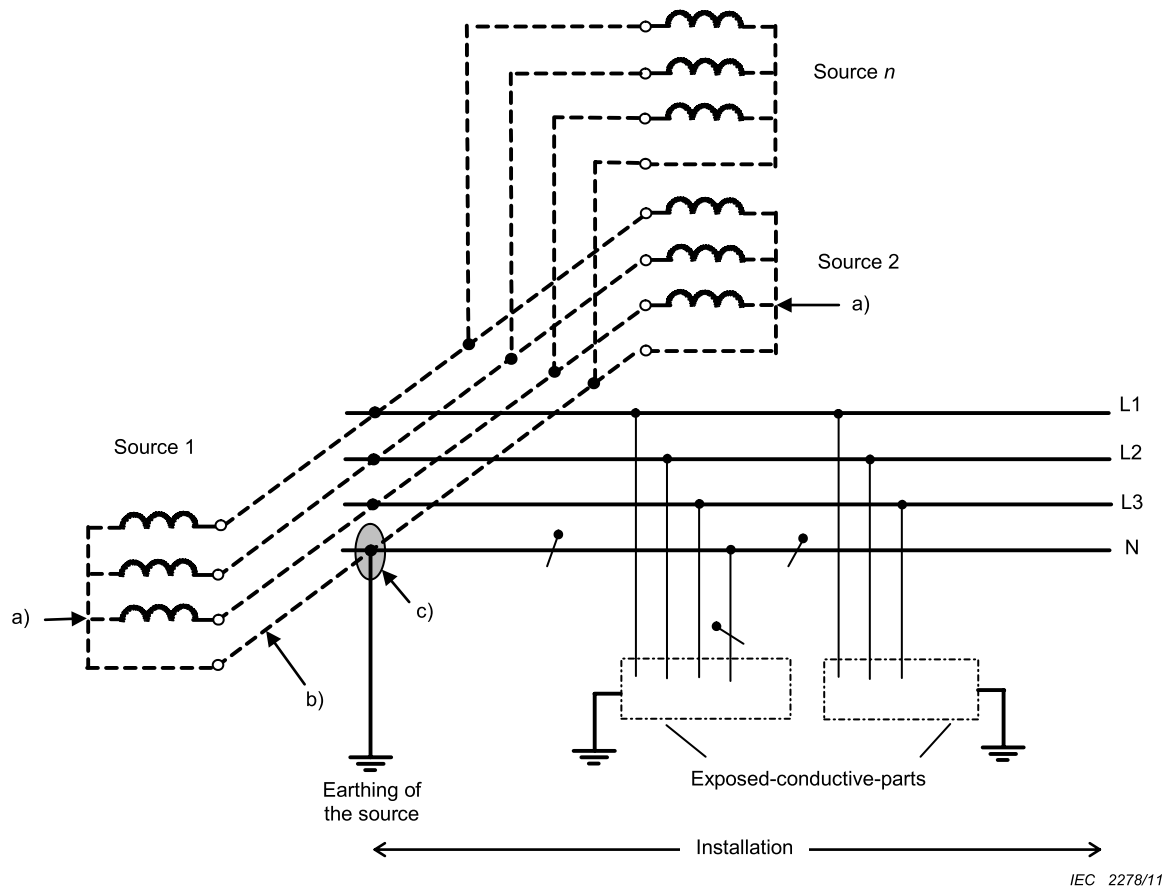
IEC 058/06

- a) No direct connection from either transformer neutral points or generator star points to earth is permitted.
- b) The conductor interconnecting either the neutral points of transformers, or the star-points of generators, shall be insulated. This conductor functions as a PEN conductor and it may be marked as such; however, it shall not be connected to current-using-equipment and a warning notice to that effect shall be attached to it, or placed adjacent to it.
- c) Only one connection between the interconnected neutral points of the sources and the PE shall be provided. This connection shall be located inside the main switchgear assembly.
- d) Additional earthing of the PE in the installation may be provided.

Figure 44.R7B – TN multiple source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point

444.4.6.2 TT multiple-source power supplies

In the case of TT multiple-source power supplies to an installation, it is recommended that the star points of the different sources are, for EMC reasons, interconnected and connected to earth centrally at only one point; see Figure 44.R8.

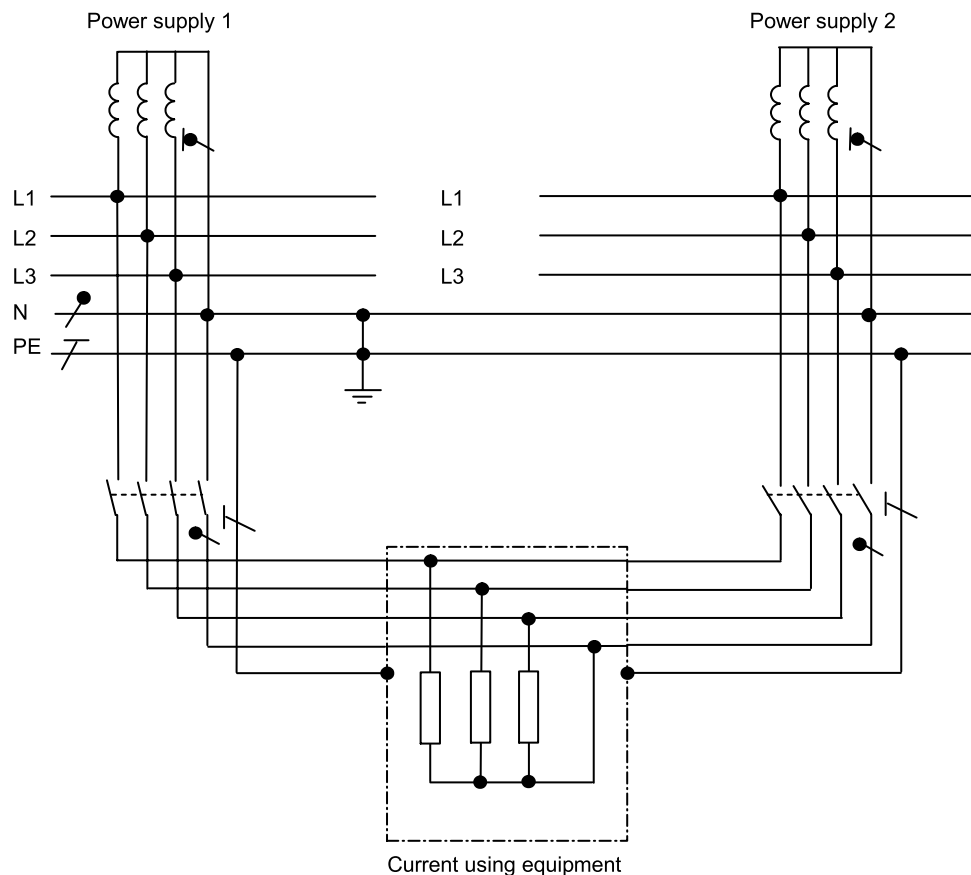


- a) No direct connection from either the transformer star points or the generator star points to earth is permitted.
- b) The conductor interconnecting either the star points of transformers, or generator starpoints, shall be insulated. However, it shall not be connected to current-using-equipment and a warning notice to that effect shall be attached to it, or placed adjacent to it.
- c) Only one connection between the interconnected star points of the sources and the PE shall be provided. This connection shall be located inside the main switchgear assembly.

Figure 44.R8 – TT multiple-source power supplies to an installation with connection to earth of the star points at one and the same point

444.4.7 Transfer of supply

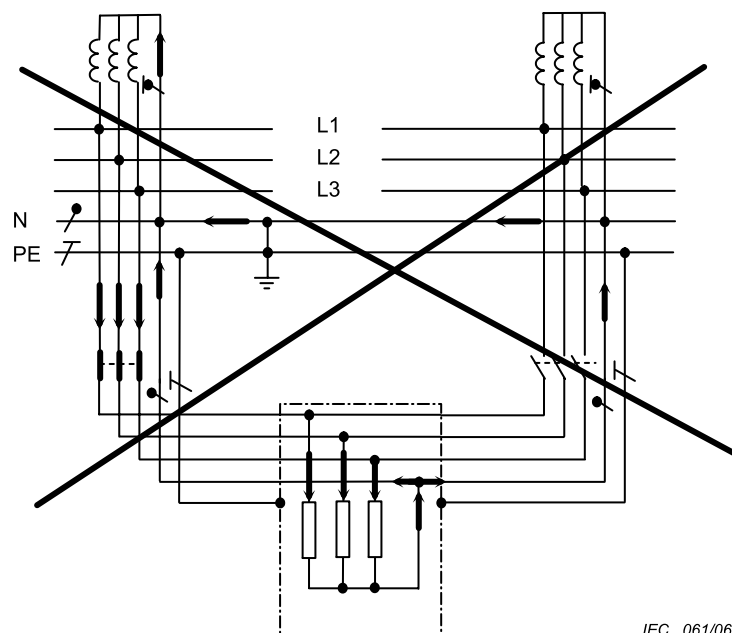
In TN systems the transfer from one supply to an alternative supply shall be by means of a switching device, which switches the line conductors and the neutral, if any; see Figures 44.R9A, 44.R9B and 44.R9C.



IEC 060/06

NOTE This method prevents electromagnetic fields due to stray currents in the main supply system of an installation. The sum of the currents within one cable must be zero. It ensures that the neutral current flows only in the neutral conductor of the circuit, which is switched on. The 3rd harmonic (150 Hz) current of the line conductors will be added with the same phase angle to the neutral conductor current.

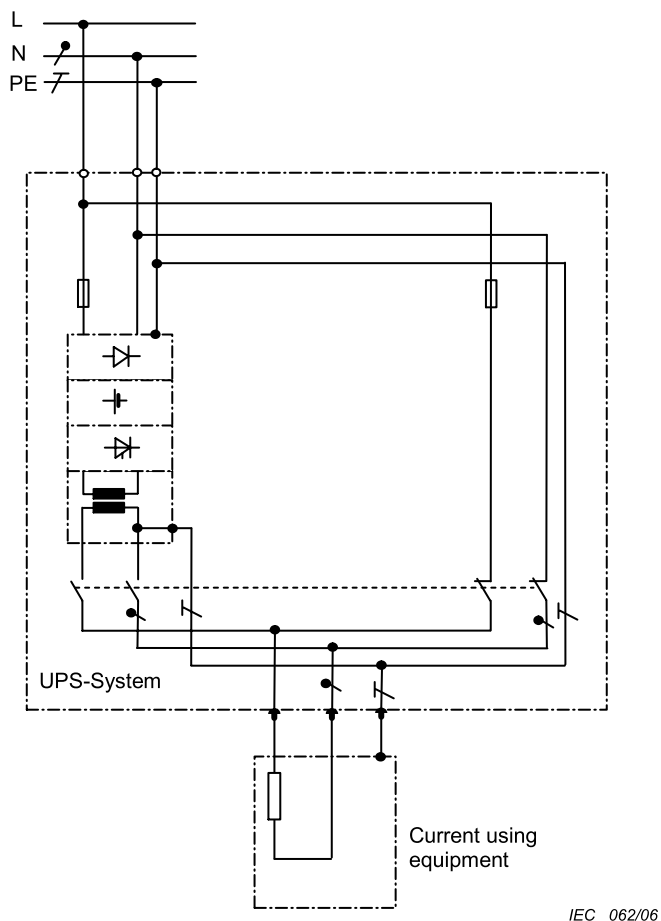
Figure 44.R9A – Three-phase alternative power supply with a 4-pole switch



IEC 061/06

NOTE A three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch will cause unwanted circulating currents, that will generate electromagnetic fields.

Figure 44.R9B – Neutral current flow in a three-phase alternative power supply with an unsuitable 3-pole switch



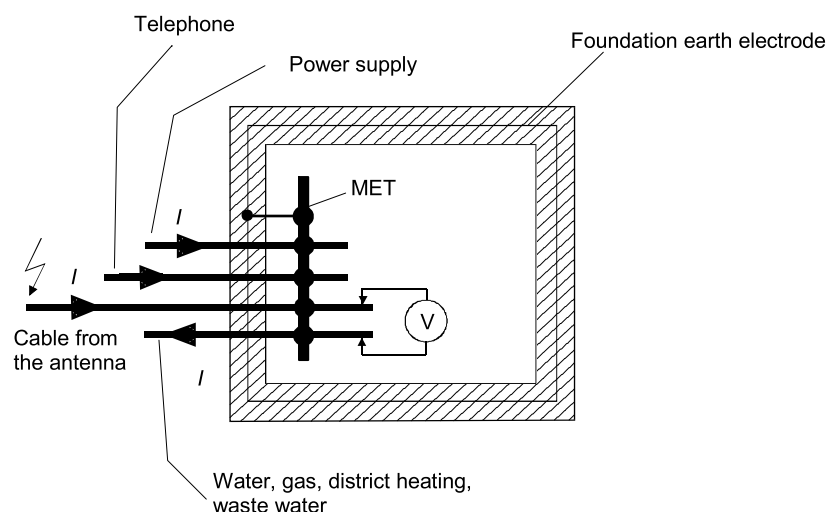
NOTE The earth connection to the secondary circuit of a UPS is not mandatory. If the connection is omitted, the supply in the UPS-mode will be in the form of an IT system and, in by-pass mode, it will be the same as the low-voltage supply system.

Figure 44.R9C – Single-phase alternative power supply with 2-pole switch

444.4.8 Services entering a building

Metal pipes (e.g. for water, gas or district heating) and incoming power and signal cables should preferably enter the building at the same place. Metal pipes and the metal armouring of cables shall be bonded to the main earthing terminal by means of conductors having low impedance; see Figure 44.R10.

NOTE Interconnection is only permitted with the consent of the operator of the external service.



IEC 063/06

MET Main earthing terminal

I Induction current

NOTE A common entry point is preferred, $U \approx 0$ V.

Figure 44.R10 – Armoured cables and metal pipes entering the buildings (examples)

For EMC reasons, closed building voids housing parts of the electrical installation should be exclusively reserved for electrical and electronic equipment (such as monitoring, control or protection devices, connecting devices, etc.) and access shall be provided for their maintenance.

444.4.9 Separate buildings

Where different buildings have separate equipotential bonding systems, metal-free fibre optic cables or other non-conducting systems may be used for signal and data transmission, e.g. microwave signal transformer for isolation in accordance with IEC 61558-2-1, IEC 61558-2-4, IEC 61588-2-6, IEC 61888-2-15 and IEC 60950-1.

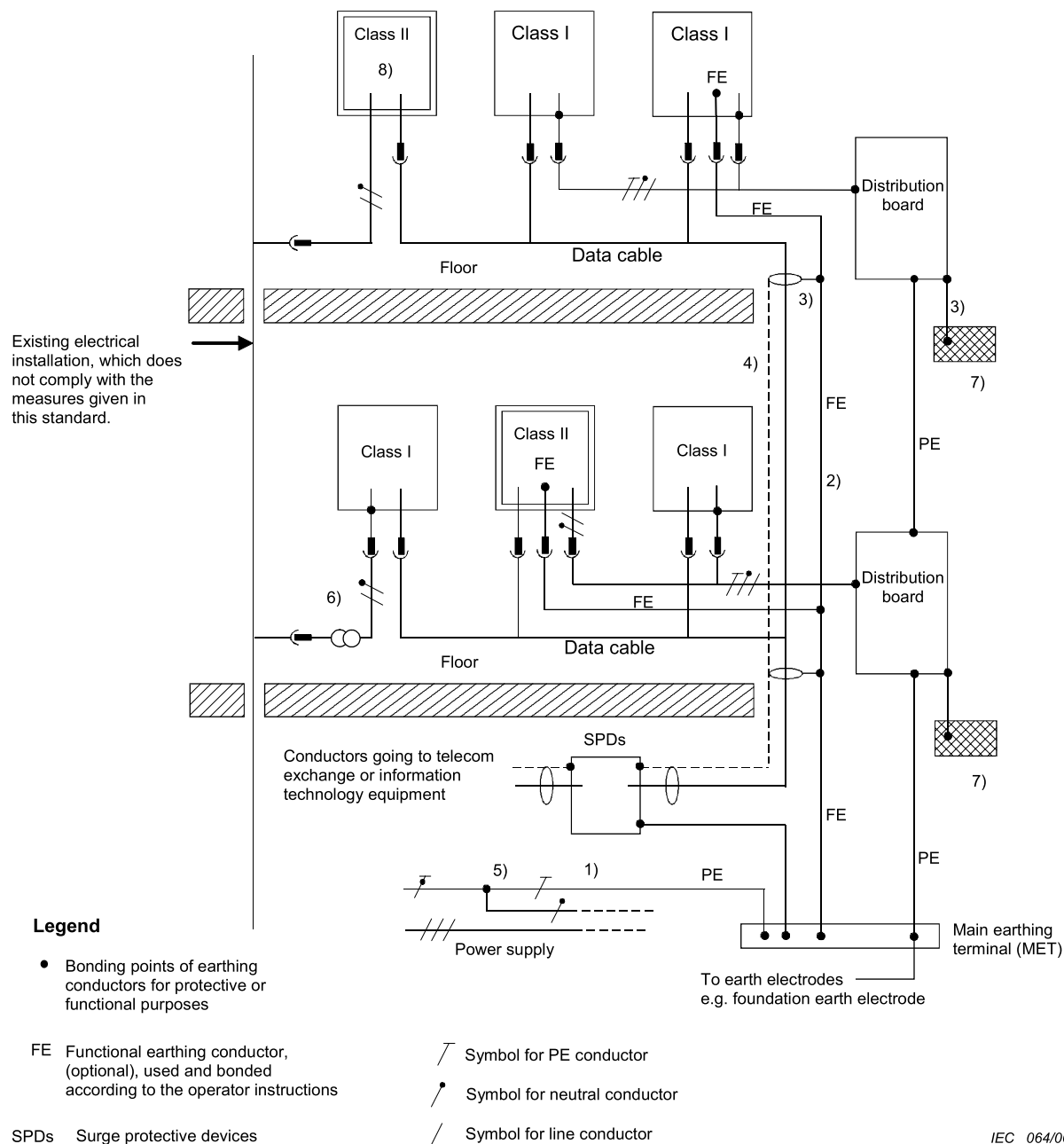
NOTE 1 The problem of earth differential voltages on large public telecommunication networks is the responsibility of the network operator, who may employ other methods.

NOTE 2 In case of non-conducting data-transmission systems, the use of a by-pass conductor is not necessary.

444.4.10 Inside buildings

Where there are problems in existing building installations due to electromagnetic influences, the following measures may improve the situation; see Figure 44.R11:

- 1) use of metal free fibre optic links for signal and data circuits, see 444.4.9;
- 2) use of Class II equipment;
- 3) use of double winding transformers in compliance with IEC 61558-2-1 or IEC 61558-2-4 or IEC 61558-2-6 or IEC 61558-2-15. The secondary circuit should preferably be connected as a TN-S system but an IT-system may be used where required for specific applications.



Reference	Description of the illustrated measures	Subclause/ standard
1)	Cables and metal pipes enter the building at the same place	444.4.8
2)	Common route with adequate separations and avoidance of loops	444.4.2
3)	Bonding leads as short as possible, and use of earthed conductor parallel to a cable	IEC 61000-2-5 444.4.2
4)	Signal cables screened and/or conductors twisted pairs	444.4.12
5)	Avoidance of TN-C beyond the incoming supply point	444.4.3
6)	Use of transformers with separate windings	444.4.10
7)	Local horizontal bonding system	444.5.4
8)	Use of class II equipment	444.4.10

Figure 44.R11 – Illustration of measures in an existing building

444.4.11 Protective devices

Protective devices with appropriate functionality for avoiding unwanted tripping due to high levels of transient currents should be selected, e.g. time delays and filters.

444.4.12 Signal cables

Shielded cables and/or twisted pair cables should be used for signal cables.

444.5 Earthing and equipotential bonding

444.5.1 Interconnection of earth electrodes

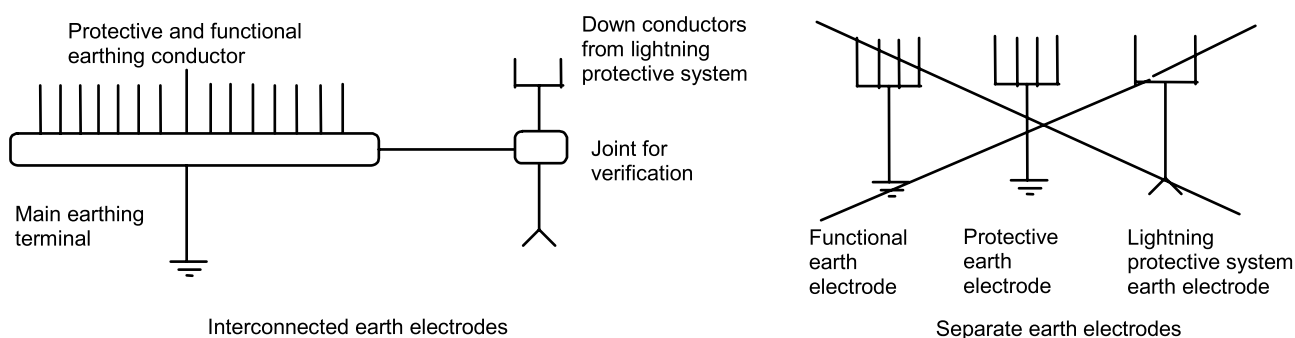
For several buildings, the concept of dedicated and independent earth electrodes connected to an equipotential conductor network may not be adequate where electronic equipment is used for communication and data exchange between the different buildings for the following reasons:

- a coupling exists between these different earth electrodes and leads to an uncontrolled increase of voltage to equipment;
- interconnected equipment may have different earth references;
- a risk of electric shock exists, specifically in case of overvoltages of atmospheric origin.

Therefore, all protective and functional earthing conductors should be connected to one single main earthing terminal.

Moreover, all earth electrodes associated with a building i.e. protective, functional and lightning protection, shall be interconnected; see Figure 44.R12.

In the case of several buildings, where interconnection of the earth electrodes is not possible or practical, it is recommended that galvanic separation of communication networks is applied, for instance by the use of fibre optic links; see also 444.4.10.



IEC 065/06

Figure 44.R12 – Interconnected earth electrodes

Protective and functional bonding conductors shall be connected individually to the main earthing terminal in such a way that if one conductor becomes disconnected the connections of all the other conductors remain secured.

444.5.2 Interconnection of incoming networks and earthing arrangements

Exposed-conductive-parts of information technology and electronic equipment within a building are interconnected via protective conductors.

For dwellings where normally a limited amount of electronic equipment is in use, a protective conductor network in the form of a star network may be acceptable; see Figure 44.R13.

For commercial and industrial buildings and similar buildings containing multiple electronic applications, a common equipotential bonding system is useful in order to comply with the EMC requirements of different types of equipment; see Figure 44.R15.

444.5.3 Different structures for the network of equipotential conductors and earthing conductors

The four basic structures described in the following subclauses may be used, depending on the importance and vulnerability of equipment.

444.5.3.1 Protective conductors connected to a bonding-ring conductor

An equipotential bonding network in the form of a bonding ring conductor, BRC, is shown in Figure 44.R16 on the top-floor of the structure. The BRC should preferably be made of copper, bare or insulated, and installed in such a manner that it remains accessible everywhere, e.g. by using a cable-tray, metallic conduit (see the IEC 61386 series), surface mounted method of installation or cable trunking. All protective and functional earthing conductors may be connected to the BRC.

444.5.3.2 Protective conductors in a star network

This type of network is applicable to small installations associated with dwellings, small commercial buildings, etc., and from a general point of view to equipment, that is not interconnected by signal cables; see Figure 44.R13.

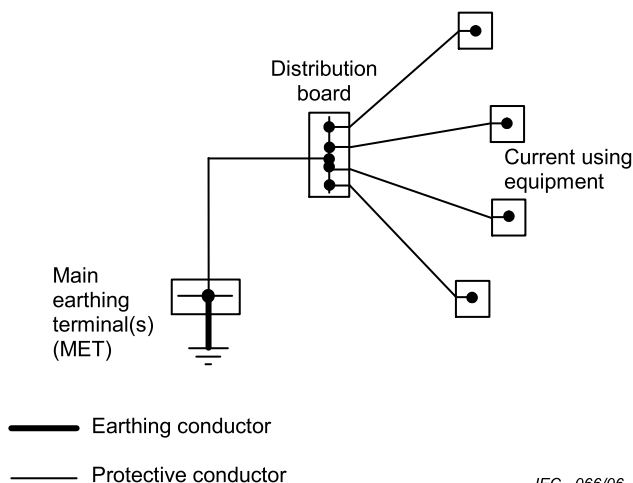


Figure 44.R13 – Examples of protective conductors in star network

444.5.3.3 Multiple meshed bonding star network

This type of network is applicable to small installations with different small groups of interconnected communicating equipment. It enables the local dispersion of currents caused by electromagnetic interference; see Figure 44.R14.

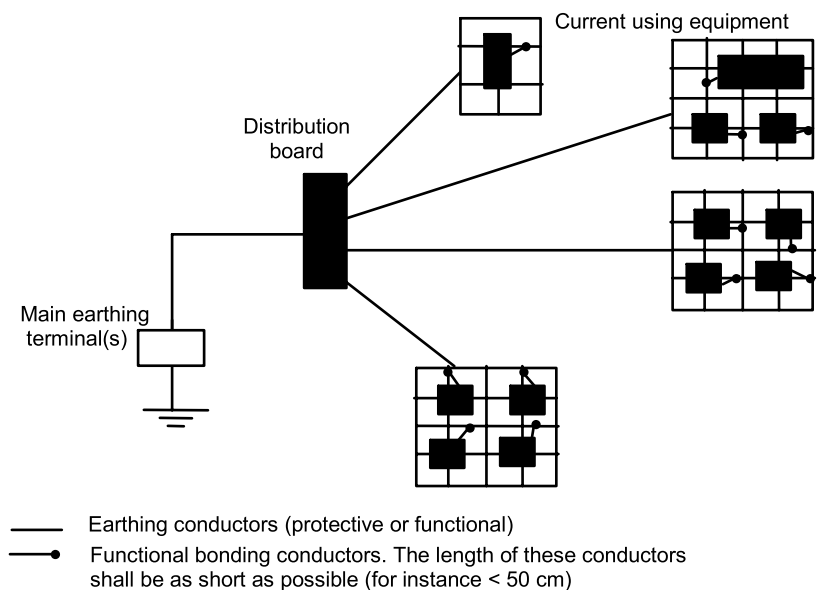


Figure 44.R14 – Example of multiple meshed bonding star network

444.5.3.4 Common meshed bonding star network

This type of network is applicable to installations with high density of communicating equipment corresponding to critical applications; see Figure 44.R15.

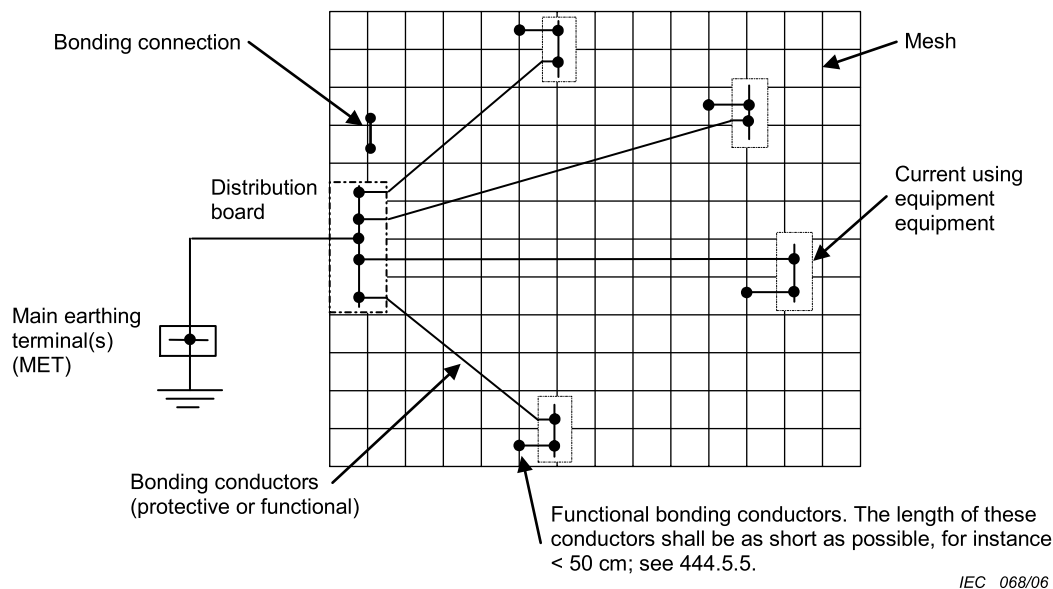
A meshed equipotential bonding network is enhanced by the existing metallic structures of the building. It is supplemented by conductors forming the square mesh.

The mesh-size depends on the selected level of protection against lightning, on the immunity level of equipment part of the installation and on frequencies used for data transmission.

Mesh-size shall be adapted to the dimensions of the installation to be protected, but shall not exceed 2 m × 2 m in areas where equipment sensitive to electromagnetic interferences is installed.

It is suitable for protection of private automatic branch exchange equipment (PABX) and centralized data processing systems.

In some cases, parts of this network may be meshed more closely in order to meet specific requirements.

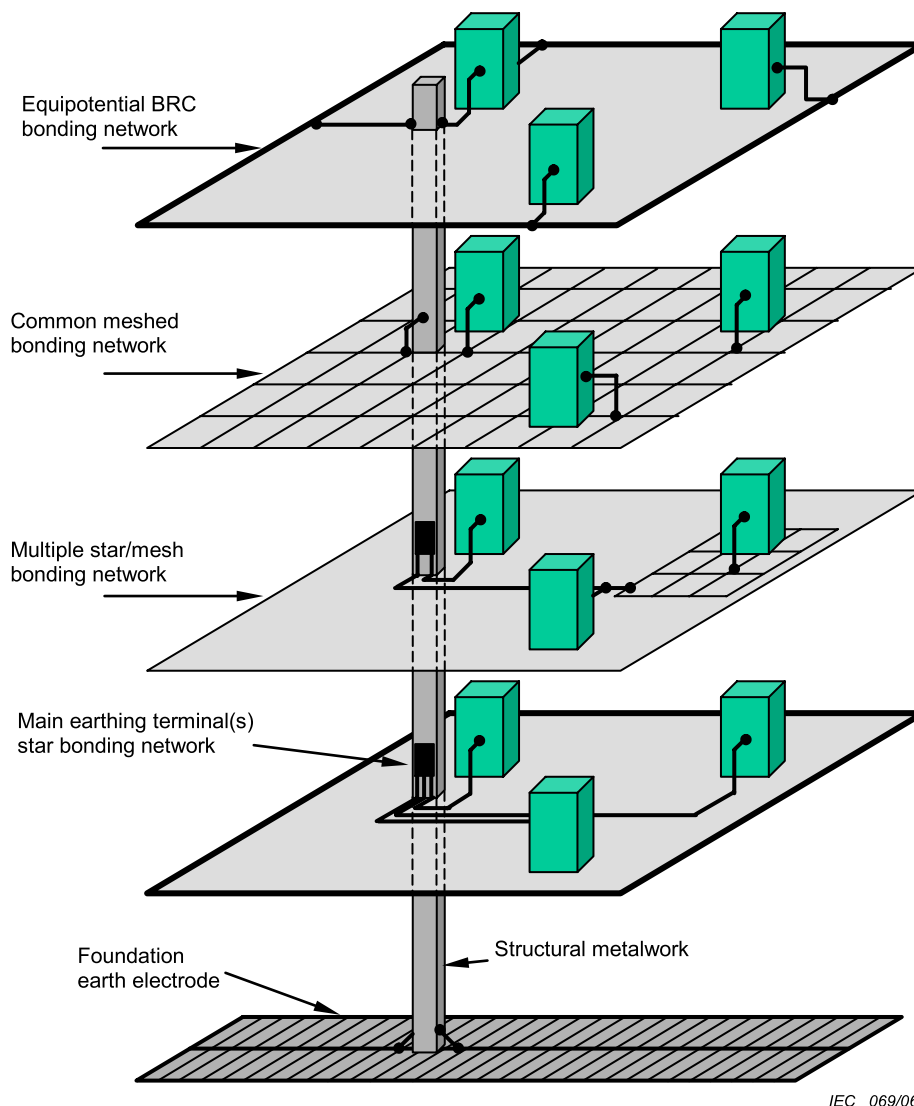


The area covered by a mesh shall have overall dimensions; the mesh-size refers to the dimensions of square spaces enclosed by the conductors forming the mesh.

Figure 44.R15 – Example of a common meshed bonding star network

444.5.4 Equipotential bonding networks in buildings with several floors

For buildings with several floors, it is recommended that, on each floor, an equipotential bonding system be installed; see Figure 44.R16 for examples of bonding networks in common use; each floor is a type of network. The bonding systems of the different floors should be interconnected, at least twice, by conductors.



IEC 069/06

Figure 44.R16 – Example of equipotential bonding networks in structures without lightning protection systems

444.5.5 Functional earthing conductor

Some electronic equipment requires a reference voltage at about earth potential in order to function correctly; this reference voltage is provided by the functional earthing conductor.

Conductors for functional earthing may be metallic strips, flat braids and cables with circular cross section.

For equipment operating at high frequencies, metallic strips or flat braids are preferred and the connections shall be kept as short as possible.

No colour is specified for functional earthing conductors. However, the colours green-and-yellow specified for earthing conductors shall not be used. It is recommended that the same colour is used throughout the whole installation to mark functional earthing conductors at each end.

For equipment operating at low frequencies, cross sectional areas as indicated in 544.1.1 of IEC 60364-5-54 are considered satisfactory, independent of the conductor shape; see 444.4.2 b) and k).

444.5.6 Commercial or industrial buildings containing significant amounts of information technology equipment

The following additional specifications are intended to reduce the influences of electromagnetic disturbances on the information technology equipment operation.

In severe electromagnetic environments, it is recommended that the common meshed bonding star network described in 444.5.3.3 be adopted.

444.5.6.1 Sizing and installation of bonding ring network conductors

Equipotential bonding designed as a bonding ring network shall have the following minimum dimensions:

- flat copper cross-section: 30 mm × 2 mm;
- round copper diameter: 8 mm.

Bare conductors shall be protected against corrosion at their supports and on their passage through walls.

444.5.6.2 Parts to be connected to the equipotential bonding network

The following parts shall also be connected to the equipotential bonding network:

- conductive screens, conductive sheaths or armouring of data transmission cables or of information technology equipment;
- earthing conductors of antenna systems;
- earthing conductors of the earthed pole of DC supply for information technology equipment;
- functional earthing conductors.

444.5.7 Earthing arrangements and equipotential bonding of information technology installations for functional purposes

444.5.7.1 Earthing busbar

Where an earthing busbar is required for functional purposes, the main earthing terminal (MET) of the building may be extended by using an earthing busbar. This enables information technology installations to be connected to the main earthing terminal by the shortest practical route from any point in the building. Where the earthing busbar is erected to support the equipotential bonding network of a significant amount of information technology equipment in a building, it may be installed as a bonding ring network; see Figure 44.R16.

NOTE 1 The earthing busbar may be bare or insulated.

NOTE 2 The earthing busbar should preferably be installed so that it is accessible throughout its length, e.g. on the surface of trunking. To prevent corrosion, it may be necessary to protect bare conductors at supports and where they pass throughout walls.

444.5.7.2 Cross-sectional area of the earthing busbar

The effectiveness of the earthing busbar depends on the routing and the impedance of the conductor employed. For installations connected to a supply having a capacity of 200 A per phase or more, the cross-sectional area of the earthing busbar shall be not less than 50 mm² copper and shall be dimensioned in accordance with 444.4.2 k).

NOTE This statement is valid for frequencies up to 10 MHz.

Where the earthing busbar is used as part of a DC return current path, its cross-sectional area shall be dimensioned according to the expected DC return currents. The maximum DC voltage drop along each earthing busbar, dedicated as DC distribution return conductor, shall be designed to be less than 1 V.

444.6 Segregation of circuits

444.6.1 General

Information technology cables and power supply cables, which share the same cable management system or the same route, shall be installed according to the requirements of the following subclauses.

Verification of electrical safety, in accordance with IEC 60364-6-61 and/or 528.1 of IEC 60364-5-52, and electrical separation are required; see Clause 413 of IEC 60364-4-41 and/or 444.7.2. Electrical safety and electromagnetic compatibility require different clearances in some cases. Electrical safety always has the higher priority.

Exposed conductive parts of wiring systems, e.g. sheaths, fittings and barriers, shall be protected by requirements for fault protection; see Clause 413 of IEC 60364-4-41.

444.6.2 Design guidelines

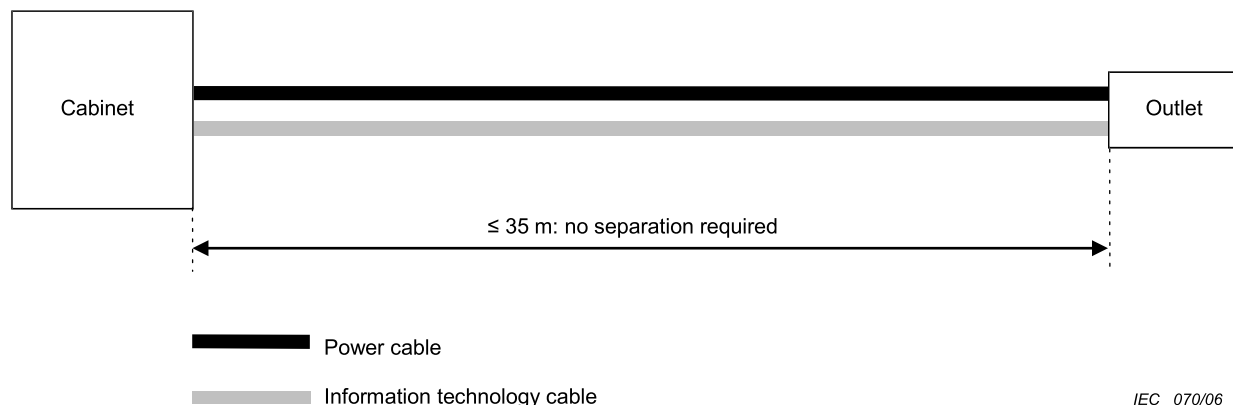
The minimum separation between power cables and information technology cables to avoid disturbance is related to many factors such as

- a) the immunity level of equipment connected to the information technology cabling system to different electromagnetic disturbances (transients, lightning pulses, bursts, ring wave, continuous waves, etc.),
- b) the connection of equipment to earthing systems,
- c) the local electromagnetic environment (simultaneous appearance of disturbances, e.g. harmonics plus bursts plus continuous wave),
- d) the electromagnetic frequency spectrum,
- e) the distances that cables are installed in parallel routes (coupling zone),
- f) the types of cables,
- g) the coupling attenuation of the cables,
- h) the quality of the attachment between the connectors and the cable,
- i) the type and construction of the cable management system.

For the purpose of this standard it is assumed that the electromagnetic environment has levels of disturbance less than the test levels for conducted and radiated disturbances contained in IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 and IEC 61000-6-4.

For parallel power and information technology cabling, the following applies; see Figure 44.R17A and Figure 44.R17B.

If the parallel cabling length is equal to or less than 35 m, no separation is required.

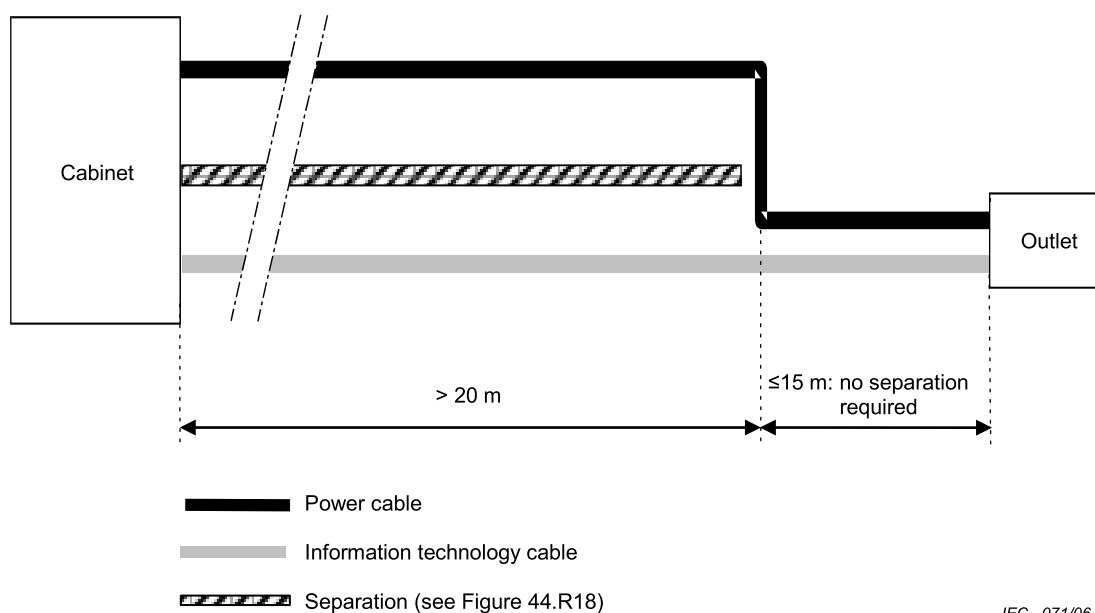


**Figure 44.R17A – Separation between power and information technology cables
for cable route lengths ≤ 35 m**

If the parallel cabling length of unscreened cable is greater than 35 m, the separation distances apply to the full length excluding the final 15 m attached to the outlet.

NOTE The separation may be achieved e.g. by a separation distance in air of 30 mm or a metallic divider installed between the cables: see also Figure 44.R18.

If the parallel cabling length of screened cable is greater than 35 m, no separation distances are applicable.



**Figure 44.R17B – Separation between power and information technology cables
for cable route lengths > 35 m**

444.6.3 Installation guidelines

The minimum distance between information technology cables and fluorescent, neon, and mercury vapour (or other high-intensity discharge) lamps shall be 130 mm. Electrical wiring assemblies and data wiring assemblies should preferably be in separate cabinets. Data wiring racks and electrical equipment should always be separated.

Cables should, wherever practical, cross at right angles. Cables for different purposes (e.g. mains power and information technology cables) should not be in the same bundle. Different bundles should be separated electromagnetically from each other; see Figure 44.R18.

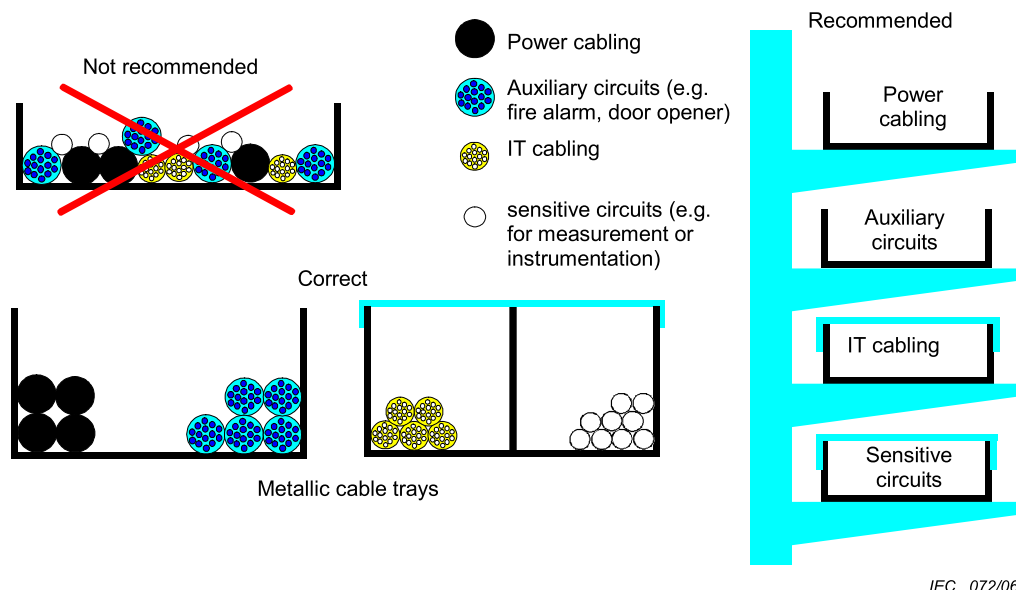


Figure 44.R18 – Separation of cables in wiring systems

444.7 Cable management systems

444.7.1 General

Cable management systems are available in metallic and non-metallic forms. Metallic systems offer varying degrees of enhanced protection to EMI provided that they are installed in accordance with 444.7.3.

444.7.2 Design guidelines

The choice of material and the shape of the cable management system depend on the following considerations:

- the strength of the electromagnetic fields along the pathway (proximity of electromagnetic conducted and radiated disturbing sources);
- the authorised level of conducted and radiated emissions;
- the type of cabling (screened, twisted, optical fibre);
- the immunity of the equipment connected to the information technology cabling system;
- the other environment constraints (chemical, mechanical, climatic, fire, etc.);
- any future information technology cabling system extension.

Non-metallic wiring systems are suitable in the following cases:

- electromagnetic environment with permanently low levels of disturbance;
- the cabling system has a low emission level;
- optical fibre cabling.

For metallic components of cable support systems, the shape (plane, U-shape, tube, etc.), rather than the cross section will determine the characteristic impedance of the cable management system. Enclosed shapes are best as they reduce common mode coupling.

Usable space within the cable tray should allow for an agreed quantity of additional cables to be installed. The cable-bundle height shall be lower than the side-walls of the cable-tray, as shown in Figure 44.R19. The use of overlapping lids improves the cable-tray's electromagnetic compatibility performance.

For a U-shape cable-tray, the magnetic field decreases near the two corners. For this reason, deep side-walls are preferred; see Figure 44.R19.

NOTE The depth of the section should be at least twice the diameter of the largest cable being considered.

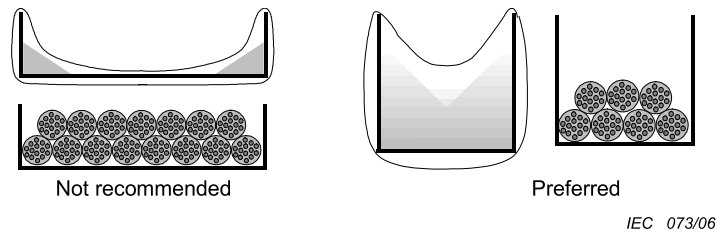


Figure 44.R19 – Cable arrangements in metal cable-trays

444.7.3 Installation guidelines

444.7.3.1 Metallic or composite cable management systems specially designed for electromagnetic compatibility purposes

Metallic or composite cable management systems specially designed for electromagnetic compatibility purposes shall always be connected to the local equipotential bonding system at both ends. For long distances, i.e. greater than 50 m, additional connections to the equipotential bonding system are recommended. All connections shall be as short as possible. Where cable management systems are constructed from several elements, care should be taken to ensure continuity by effective bonding between adjacent elements. Preferably, the elements should be welded together over their full perimeter. Riveted, bolted or screwed joints are allowed, provided that the surfaces in contact are good conductors, i.e. they have no paint or insulating cover, that they are safeguarded against corrosion and that a good electrical contact between adjacent elements is ensured.

The shape of the metallic section should be maintained over its full length. All interconnections shall have low impedance. A short single-lead connection between two parts of a cable management system will result in a high local impedance and, therefore, degradation of its electromagnetic compatibility performance; see Figure 44.R20.

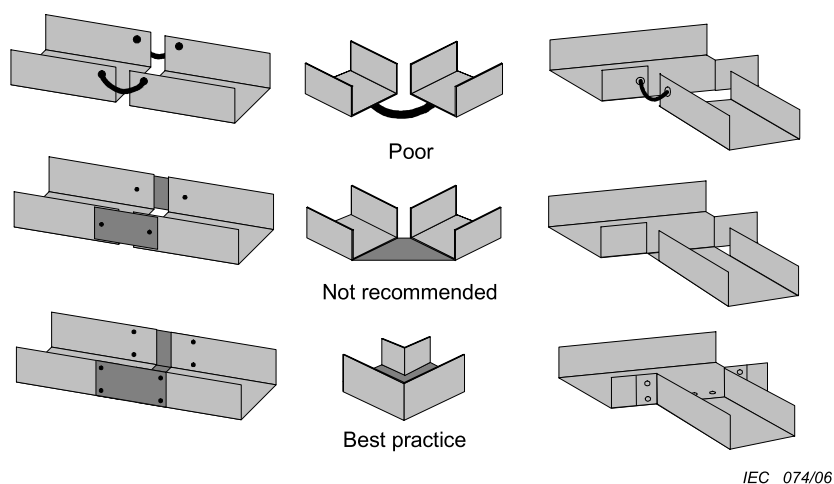


Figure 44.R20 – Continuity of metallic system components

From frequencies of a few MHz upwards, a 10 cm long mesh strap between two parts of a cable management system will degrade the shielding effect by more than a factor of 10.

Whenever adjustments or extensions are carried out, it is vital that work is closely supervised to ensure that it complies with the electromagnetic compatibility recommendations e.g. not replacing a metallic conduit by a plastic one.

Metallic construction elements of buildings can serve electromagnetic compatibility objectives very well. Steel beams of L-, H-, U-, or T-shape often form a continuous earthed structure, that contains large cross-sections and large surfaces with many intermediate connections to earth. Cables are preferably laid against such beams. Inside corners are preferred to outside surfaces; see Figure 44.R21.

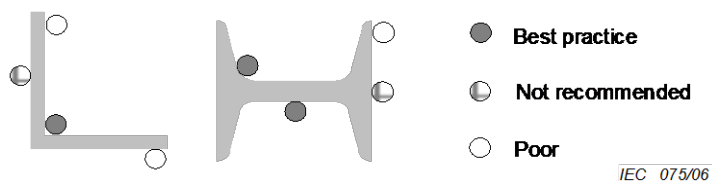


Figure 44.R21 – Location of cables inside metallic construction elements

Covers for metallic cable trays shall meet the same requirements as the cable trays. A cover with many contacts over the full length is preferred. If that is not possible, the covers should be connected to the cable tray at least at both ends by short connections less than 10 cm, e.g. braided or mesh straps.

When a metallic or composite cable management system, specially designed for electromagnetic compatibility purposes, is parted in order to cross a wall, e.g. at fire barriers, the two metallic sections shall be bonded with low impedance connections such as braided or mesh straps.

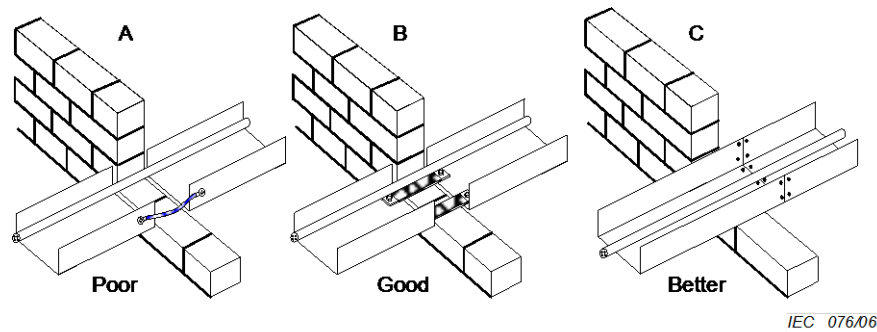


Figure 44.R22 – Connection of metallic sections

444.7.3.2 Non-metallic cable management systems

Where equipment connected to the cabling system by unscreened cables are not affected by low frequency disturbances, the performance of non-metallic cable management systems is improved by installing a single lead within it, as a by-pass equipotential bonding conductor. The lead shall be efficiently connected to the equipment earthing system at both ends (e.g. onto a metal panel of an equipment cabinet).

The by-pass equipotential bonding conductor shall be designed to withstand large common mode and diverted fault currents.

445 Protection against undervoltage

445.1 General requirements

445.1.1 Where a drop in voltage, or a loss and subsequent restoration of voltage could imply dangerous situations for persons or property, suitable precautions shall be taken. Also, precautions shall be taken where a part of the installation or current-using equipment may be damaged by a drop in voltage.

An undervoltage protective device is not required if damage to the installation or to current-using equipment is considered to be an acceptable risk, provided that no danger is caused to persons.

445.1.2 The operation of undervoltage protective devices may be delayed if the operation of the appliance protected allows without danger a brief interruption or loss of voltage.

445.1.3 If use is made of contactors, delay in their opening and reclosing shall not impede instantaneous disconnection by control or protective devices.

445.1.4 The characteristics of the undervoltage protective device shall be compatible with the requirements of the IEC standards for starting and use of equipment.

445.1.5 Where the reclosure of a protective device is likely to create a dangerous situation, the reclosure shall not be automatic.

Annex A (informative)

Examples of calculated risk level CRL for the use of SPDs

A.1 Example 1 – Building in rural environment

Ground flash density $N_g = 1$

Environmental factor $f_{env} = 85$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= (2 \times 0,4) + (0,4 \times 0,6) \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0,4;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0,6;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$\text{CRL} = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (1,04 \times 1) = 81,7$$

In this case, SPD protection shall be installed as the CRL is less than 1 000.

A.2 Example 2 – Building in rural environment powered in HV

Ground flash density $N_g = 0,4$

Environmental factor $f_{env} = 85$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= 0,2 \times 1 \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 1.

$$\text{CRL} = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (0,2 \times 0,4) = 1\,062,5$$

In this case, SPD protection is not mandatory as the CRL is greater than or equal to 1 000.

A.3 Example 3 – Building in urban environment powered by overhead lines

Ground flash density $N_g = 1$

Environmental factor $f_{env} = 850$

$$\begin{aligned} \text{Risk assessment length } L_P &= 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ &= 2 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6 \\ &= 1,04 \end{aligned}$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0,4;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0,6;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 0;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 1,04) = 817$$

In this case, SPD protection shall be installed as the CRL is less than 1 000.

A.4 Example 4 – Building in urban environment powered by underground cables

Ground flash density $N_g = 0,5$

Environmental factor $f_{env} = 850$

$$\text{Risk assessment length } L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH} \\ = 1$$

where

L_{PAL} is the length (km) of low-voltage overhead line = 0;

L_{PAH} is the length (km) of high-voltage overhead line = 0;

L_{PCL} is the length (km) of low-voltage underground cable = 1;

L_{PCH} is the length (km) of high-voltage underground cable = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 0,5) = 1\,700.$$

In this case, an SPD is not mandatory as the CRL is greater than or equal to 1 000.

Annex B (informative)

Guidance on overvoltage control by SPDs applied to overhead lines

Where an installation is supplied by, or includes, an overhead line and an SPD is required according to 443.4, the protective control of the overvoltage level may be obtained either by installing surge protective devices directly in the installation close to the origin of the installation, or with the consent of the network operator, in the overhead lines of the supply distribution network.

As an example, the following measures may be applied:

- a) in the case of overhead supply distribution networks, overvoltage protection is erected at network junction points and especially at the end of each feeder longer than 0,5 km. Surge protective devices should be erected at every 0,5 km distance along the supply distribution lines. Nevertheless, the distance between surge protective devices should in no case exceed 1 km;
- b) if a supply distribution network is erected partly as overhead network and partly as underground network, overvoltage protection in the overhead lines should be applied in accordance with a) at each transition point from an overhead line to an underground cable;
- c) in a TN distribution network supplying electrical installations, where the protective measure automatic disconnection of supply is applied, the earthing conductors of the surge protective devices connected to the line conductors are connected to the PEN conductor or to the PE conductor;
- d) in a TT distribution network supplying electrical installations, where the protective measure automatic disconnection of supply is applied, surge protective devices are provided for the line conductors and for the neutral conductor. At the place where the neutral conductor of the supply network is effectively earthed, a surge protective device for the neutral conductor is not necessary.

Annex C (informative)

List of notes concerning certain countries

Country	Clause	Text
AT	443.1	In Austria, the protection of all electrical installations against overvoltages by use of SPDs, installed according to IEC 60364-5-53:2001, Clause 534 and IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015 is mandatory, irrespective of the categories of consequences and of any risk assessment method.
NO	443.1	In Norway, every electrical installation shall be protected by an SPD.
FI	443.4	In Finland protection against transient overvoltage is not mandatory if an installation is supplied by underground cable. When the installation is supplied by overhead line, a risk assessment should be performed.
DE	443.4	In Germany, the following deviation shall be considered: The wording: "For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage. However the transient overvoltage protection is not required for single dwelling units where the total economic value of the electrical installation to be protected is less than 5 times the economic value of the SPD located at the origin of the installation." Is replaced as follows: "Protection against overvoltage shall be provided where overvoltages affect individuals e.g. in residential buildings and small offices if overvoltage category I or II equipment is installed. Protection against overvoltage should also be considered for buildings with fire risks (classification BE2)."
DE	443.4	In Germany, groups of individuals, e.g. large residential buildings, churches, offices, schools protection against overvoltages shall be provided.
ES	443.4	In Spain, according to the Royal Decree 1053/2014, Clause 6.4 of the ITC-BT-52, all the circuits intended to supply energy to electric vehicles must be protected against transient overvoltages.
IN	443.4	In India, d) groups of individuals, e.g. large residential buildings, churches, offices, schools protection against over voltages shall be provided.
GB	443.4	In the UK, For all other cases, a risk assessment according to 443.5 shall be performed in order to determine if protection against transient overvoltage is required. If the risk assessment is not performed, the electrical installation shall be provided with protection against transient overvoltage, except for single dwelling units where the total value of the installation and equipment therein, does not justify such protection. The last paragraph of 443.4 is not applicable in the UK as it is considered out of scope because it will involve work above 1 000 V.
IN	443.4	In India, Protection against overvoltage protection shall be provided where over voltages affect individuals e.g. residential buildings and small offices if the risk assessment according to 443.5 requires the protection against transient over voltages of atmospheric origin. If no risk assessment is performed protection against transient over voltages of atmospheric origin shall be provided, except for single dwellings where only overvoltage category III or IV equipment are the only equipment at this location.
DE	443.5	In Germany, Clause 443.5 does not apply.
GB	443.5	In the UK, the value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations.

ES	443.5	In Spain, the value of coefficient F shall be taken equal to 1 for all installations.
DE	Annex A	In Germany, Annex A does not apply.
DE	Annex B	In Germany, the content of Annex B is normative.

Bibliography

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60364-5-51:2005, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 61000-2 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-5 (all parts), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 5: Installation and mitigation guidelines*

IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communication*

IEC 61386 series, *Conduit systems for electrical installations*

IEC 61662:1995, *Assessment of the risk of damage due to lightning*
Amendment 1 (1996)

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

IEC 62020:1998, *Electrical accessories – Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

ETS 300 253:1995, *Equipment Engineering (EE) – Earthing and bonding of telecommunication equipment in telecommunication centres*

EN 50310, *Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment*

EN 50288 (all parts), *Multi-element metallic cables used in analogue and digital communication and control*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	59
INTRODUCTION.....	61
440.1 Domaine d'application.....	62
440.2 Références normatives	62
441 (Disponible)	64
442 Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension	64
442.1 Généralités	64
442.1.1 Généralités	64
442.1.2 Symboles.....	64
442.2 Surtensions dans un réseau BT en cas de défaut HT	65
442.2.1 Valeur et durée de la tension de défaut à fréquence industrielle	67
442.2.2 Valeur et durée des contraintes à fréquence industrielle	68
442.2.3 Exigences pour le calcul des limites.....	69
442.3 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de rupture du conducteur neutre en schémas TN et en schéma TT.....	69
442.4 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de défaut à la terre en schéma IT avec neutre distribué	69
442.5 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de court-circuit entre phase et neutre	69
443 Protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres	69
443.1 Généralités	69
443.2 Vide.....	70
443.3 Termes et définitions	70
443.4 Maîtrise des surtensions	71
443.5 Méthode d'évaluation du risque	72
443.6 Classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions).....	73
443.6.1 Objet de la classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions).....	73
443.6.2 Tensions assignées de tenue aux chocs des matériels et catégories de surtensions	74
444 Dispositions contre les influences électromagnétiques.....	75
444.1 Généralités	75
444.2 (disponible).....	76
444.3 Définitions	76
444.4 Mesures d'atténuation des influences électromagnétiques.....	77
444.4.1 Sources des influences électromagnétiques.....	77
444.4.2 Dispositions de réduction des perturbations électromagnétiques.....	78
444.4.3 Schéma TN.....	79
444.4.4 Schéma TT	83
444.4.5 Schéma IT	84
444.4.6 Alimentation par plusieurs sources.....	85
444.4.7 Commutation de l'alimentation	88
444.4.8 Pénétration des services dans un bâtiment	90
444.4.9 Bâtiments séparés	90

444.4.10	Installations dans les bâtiments	91
444.4.11	Dispositifs de protection	92
444.4.12	Câbles de communication	92
444.5	Mise à la terre et liaisons équipotentielles	92
444.5.1	Interconnexion des prises de terre	92
444.5.2	Interconnexion des réseaux entrants et mise à la terre	93
444.5.3	Différentes structures du réseau des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre.....	93
444.5.4	Réseau de terre dans des bâtiments à plusieurs étages.....	95
444.5.5	Conducteurs d'équipotentialité fonctionnelle	96
444.5.6	Bâtiments tertiaires ou industriels avec une installation importante de matériels de traitement de l'information	97
444.5.7	Dispositions de mise à la terre et équipotentialités fonctionnelles des matériels de traitement de l'information pour des raisons fonctionnelles.....	97
444.6	Séparation des circuits	98
444.6.1	Généralités	98
444.6.2	Conception	98
444.6.3	Règles de mise en œuvre	99
444.7	Mise en œuvre des canalisations.....	100
444.7.1	Généralités	100
444.7.2	Guide de conception	100
444.7.3	Règles d'installation.....	101
445	Protection contre les baisses de tension	103
445.1	Exigences générales	103
Annexe A (informative)	Exemples de niveau de risque calculé CRL pour l'utilisation de parafoudres	104
Annex B (informative)	Lignes directrices pour la maîtrise des surtensions par des parafoudres dans les lignes aériennes	106
Annexe C (informative)	Liste des notes concernant certains pays	107
Bibliographie.....		109
Figure 44.A1	– Schéma représentatif des diverses liaisons à la terre dans le poste de transformation et dans l'installation BT et des surtensions afférentes en cas de défaut.....	66
Figure 44.A2	– Tension de défaut acceptable due à un défaut en HT.....	68
Figure 443.1	– Illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer	73
Figure 44.R1	– Conducteur d'accompagnement de renfort d'écran pour assurer un réseau commun d'équipotentialité.....	78
Figure 44.R2	– Exemple de conducteur d'accompagnement ou de substitution en schéma TT.....	79
Figure 44.R3A	– Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S depuis l'origine du réseau public jusques et y compris les circuits terminaux à l'intérieur du bâtiment	80
Figure 44.R3B	– Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S en aval du transformateur d'alimentation privé du consommateur	81
Figure 44.R4	– Schéma TN-C-S dans un bâtiment existant.....	82
Figure 44.R5	– Schéma TT dans un bâtiment	83
Figure 44.R6	– Schéma IT dans un bâtiment	84

Figure 44.R7A – Schéma TN alimenté par plusieurs sources avec connexion multiple non appropriée entre le PEN et la terre.....	85
Figure 44.R7B – Schéma TN alimenté par plusieurs sources avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre.....	86
Figure 44.R8 – Schéma TT alimenté par plusieurs sources avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre.....	87
Figure 44.R9A – Alimentation triphasée avec commutateur à 4 pôles	88
Figure 44.R9B – Ecoulement de courant dans le conducteur neutre dans une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié.....	89
Figure 44.R9C – Alimentation monophasée avec commutateur à 2 pôles.....	89
Figure 44.R10 – Exemple de pénétration de câbles armés et de canalisations métalliques dans un bâtiment	90
Figure 44.R11 – Illustration des mesures dans un bâtiment existant	92
Figure 44.R12 – Prises de terre interconnectées.....	93
Figure 44.R13 – Exemples de conducteurs de protection en étoile	94
Figure 44.R14 – Exemple de réseau à mailles multiples en étoile	94
Figure 44.R15 – Exemple de réseau en étoile à maillage commun.....	95
Figure 44.R16 – Exemple de réseau équipotentiel dans des structures sans systèmes de protection contre la foudre	96
Figure 44.R17A – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles ≤ 35 m	99
Figure 44.R17B – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles > 35 m	99
Figure 44.R18 – Séparation des câbles d'une canalisation	100
Figure 44.R19 – Disposition de câbles dans un chemin de câbles métallique.....	101
Figure 44.R20 – continuité de supports métalliques	102
Figure 44.R21 – Emplacement des câbles dans des éléments de construction métallique	102
Figure 44.R22 – Interruption de sections métalliques	103
Tableau 44.A1 – Contraintes de tension et tensions de défaut industrielles dans le réseau BT	67
Tableau 44.A2 – Contraintes à fréquence industrielle admissibles	68
Tableau 443.1 – Calcul de f_{env}	72
Tableau 443.2 – Tension assignée de tenue aux chocs exigée pour les matériels U_w	75

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60364-4-44 porte le numéro d'édition 2.1. Elle comprend la deuxième édition (2007-08) [documents 64/1600/FDIS et 64/1609/RVD] et son amendement 1 (2015-09) [documents 64/2032/FDIS et 64/2073/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60364-4-44 a été établie par le comité d'études 64 de l'IEC: Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Le document 64/1600/FDIS, circulé comme Amendement 3 auprès des Comités nationaux de l'IEC, a conduit à la publication de la nouvelle édition.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60364, présentées sous le titre général *Installations électriques à basse tension*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe C énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu des corrigenda de mai 2010 et octobre 2011 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La Partie 4-44 de l'IEC 60364 traite de la protection des installations électriques et des dispositions contre les perturbations de tension et les interférences électromagnétiques.

Les exigences sont traitées dans les quatre articles suivants:

- Article 442: Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension;
- Article 443: Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres;
- Article 444: Dispositions contre les influences électromagnétiques.
- Article 445: Protection contre les baisses de tension

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION –

Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques

440.1 Domaine d'application

Les règles de la présente Partie de l'IEC 60364 sont destinées à donner des exigences pour la sécurité des installations électriques en cas de perturbations de tension ou d'influences électromagnétiques dues à des raisons diverses.

Les règles de la présente partie ne s'appliquent pas aux réseaux de distribution d'énergie public ou à la génération de puissance et à sa transmission (voir le domaine d'application de l'IEC 60364-1) bien que de telles perturbations peuvent être transmises dans ou entre des installations électriques par ces réseaux.

440.2 Références normatives

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

IEC 60038:2009, *Tensions normales de l'IEC*

IEC 60050-604:1987, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

IEC 60364-1, *Installations électriques des bâtiments – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

IEC 60364-4-41:2005, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

IEC 60364-5-53:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-53: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Sectionnement, coupure et commande*

IEC 60364-5-53:2001/AMD1:2002

IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015

IEC 60364-5-54:2002, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*¹

IEC 60479-1:2005, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

IEC 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

¹ Une troisième édition est à l'étude.

IEC 61000-2-5:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement – Section 5: Classification des environnements électromagnétiques – Publication fondamentale en CEM*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Normes sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Normes sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 2-1: Règles particulières et essais pour transformateurs d'isolement à enroulements séparés et alimentations incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés pour applications d'ordre général*

IEC 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-4: Règles particulières pour les transformateurs de séparation des circuits pour usage général*

IEC 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-6: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général*

IEC 61558-2-15, *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues – Partie 2-15: Règles particulières pour les transformateurs de séparation de circuits pour locaux à usages médicaux*

IEC 61643 (toutes les parties), *Parafoudres basse tension*

IEC 61643-11:2011, *Parafoudres basse tension – Partie 11: Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai*

IEC 61643-22, *Parafoudres basse tension – Partie 22: Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application*

IEC 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV - Partie 1: Règles communes*

IEC 62305 (toutes les parties), *Protection contre la foudre*

IEC 62305-1, *Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux*

IEC 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62305-4, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

441 (Disponible)

442 Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions temporaires dues à des défauts à la terre dans le réseau haute tension et dues à des défauts dans le réseau basse tension

442.1 Généralités

Les exigences de cet article sont nécessaires pour assurer la sécurité des installations basse tension contre:

- un défaut entre la haute tension et la terre dans le poste de transformation alimentant l'installation basse tension;
- la perte du point neutre en basse tension;
- un court-circuit entre phase et neutre;
- un court-circuit entre terre et phase d'un système IT basse tension.

Les exigences pour la mise à la terre du poste sont données dans l'IEC 61936-1.

442.1.1 Généralités

L'Article 442 donne des règles pour le concepteur et l'installateur du poste de transformation et couvre les cas de défauts entre une phase haute tension et la terre d'un poste de transformation HT/BT. Il est nécessaire d'avoir les informations suivantes sur le réseau à haute tension:

- le type de schéma de mise à la terre;
- la valeur maximale du courant de défaut;
- la résistance de la prise de terre.

Les paragraphes suivants considèrent quatre cas comme proposé en 442.1, qui généralement, génèrent les surtensions temporaires les plus défavorables telles que définies dans l'IEC 60050-604 :

- défaut entre le réseau haute tension et la terre (voir 442.2);
- rupture du neutre dans le réseau à basse tension (voir 442.3);
- mise à la terre accidentelle dans un schéma IT BT (voir 442.4);
- court-circuit dans l'installation à basse tension (voir 442.5).

442.1.2 Symboles

Dans l'Article 442, les symboles suivants sont utilisés (voir la Figure 44.A1):

I_E partie du courant de défaut à la terre dans l'installation à haute tension qui s'écoule par la prise de terre des masses du poste de transformation.

R_E résistance de la prise de terre du poste de transformation.

R_A résistance de la prise de terre des masses des matériels du réseau à basse tension

R_B résistance de la prise de terre du neutre du réseau à basse tension dans lequel les mises à la terre du transformateur et celle du neutre sont électriquement indépendantes

U_0 pour les schémas TN et TT: tension nominale alternative efficace entre phase et terre

en schéma IT: tension nominale alternative entre phase et neutre ou conducteur de point milieu, selon configuration

U_f tension de défaut à fréquence industrielle dans l'installation à basse tension entre les masses et la terre lors du défaut

U_1 contrainte à fréquence industrielle de tension entre les conducteurs actifs et les masses des matériels électriques à basse tension situées dans le poste de transformation lors du défaut

U_2 contrainte à fréquence industrielle de tension entre les conducteurs actifs et les masses des matériels électriques à basse tension de l'installation électrique à basse tension lors du défaut

NOTE 1 La contrainte à fréquence industrielle (U_1 et U_2) est la tension apparaissant à travers l'isolation des matériels à basse tension et à travers les parafoudres connectés à l'installation basse tension.

Les symboles complémentaires suivants sont utilisés en schéma IT dans lequel les masses des matériels électriques à basse tension sont connectées à une prise de terre électriquement indépendante de celle du poste de transformation.

I_h courant de défaut s'écoulant dans la prise de terre des masses des matériels de l'installation à basse tension lors du défaut si un défaut est présent en haute tension et avec un premier défaut en basse tension (voir Tableau 44.A1).

I_d le courant de défaut conforme à 411.6.2 s'écoulant dans la prise de terre des masses des matériels de l'installation à basse tension avec un premier défaut en basse tension (voir Tableau 44.A1).

Z l'impédance (par exemple, impédance interne « IMD », impédance du neutre artificiel) entre le réseau à basse tension et la prise de terre

NOTE 2 Une prise de terre peut être considérée comme électriquement indépendante d'une autre, si une élévation du potentiel due à une autre prise n'entraîne pas d'élévation dangereuse de potentiel dans cette prise de terre. Voir IEC 61936-1.

442.2 Surtensions dans un réseau BT en cas de défaut HT

En cas de défaut à la terre dans la partie HT du poste, les types de surtensions suivantes peuvent affecter l'installation BT:

tension de défaut à fréquence industrielle (U_f);

- contraintes de tension industrielles (U_1 et U_2).

Le Tableau 44.A1 donne les méthodes appropriées de calcul des diverses surtensions.

NOTE 1 Le Tableau 44.A1 traite uniquement des schémas IT ayant un point neutre. Pour les schémas IT n'ayant pas de point neutre, il convient d'ajuster la formule en conséquence.

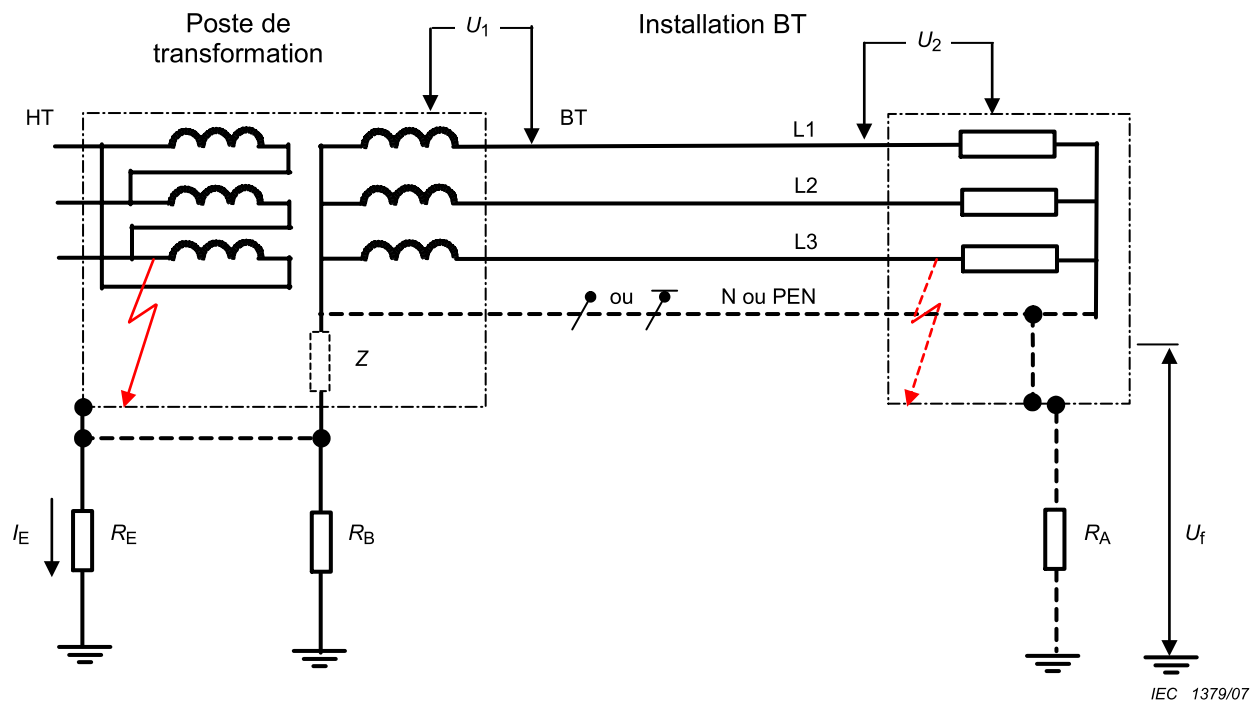


Figure 44.A1 – Schéma représentatif des diverses liaisons à la terre dans le poste de transformation et dans l'installation BT et des surtensions afférentes en cas de défaut

Si les prises de terre HT et BT sont proches l'une de l'autre, deux méthodes sont actuellement utilisées:

- interconnexion de toutes les prises de terre HT (R_E) et BT (R_B);
- séparation des prises de terre HT (R_E) et BT (R_B).

La méthode générale utilisée est l'interconnexion. Les prises de terre HT et BT doivent être interconnectées si le réseau BT est complètement confiné dans la zone de la prise de terre HT(voir l'IEC 61936-1).

NOTE 2 Les détails des divers schémas de liaisons à la terre (TN, TT et IT) sont indiqués dans l'IEC 60364-1.

Tableau 44.A1 – Contraintes de tension et tensions de défaut industrielles dans le réseau BT

Schémas de ditribution	Types de prise de terre	U_1	U_2	U_f
TT	R_E et R_B connectées	$U_o^*)$	$R_E \times I_E + U_o$	$0^*)$
	R_E et R_B séparées	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
TN	R_E et R_B connectées	$U_o^*)$	$U_o^*)$	$R_E \times I_E^{**})$
	R_E et R_B séparées	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
IT	R_E et Z connectées R_E et R_A separées	$U_o^*)$	$R_E \times I_E + U_o$	$0^*)$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E et Z connectées R_E et R_A interconnectées	$U_o^*)$	$U_o^*)$	$R_E \times I_E$
		$U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E et Z séparées R_E et R_A séparées	$R_E \times I_E + U_o$	$U_o^*)$	$0^*)$
		$R_E \times I_E + U_o \times \sqrt{3}$	$U_o \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$

*) Sans considération particulière.

**) Voir le second paragraphe du 442.2.1.

Au sujet des défauts à la terre dans une installation

NOTE 3 Les exigences pour U_1 et U_2 sont issues des critères de conception de l'isolation des matériels BT vis-à-vis des surtensions industrielles temporaires (voir aussi le Tableau 44.A2).

NOTE 4 Dans un réseau où le neutre est connecté à la prise de terre du poste de transformation, de telles surtensions industrielles temporaires sont susceptibles d'apparaître à travers l'isolation qui n'est pas dans une enveloppe mise à la terre lorsque le matériel est à l'extérieur d'un bâtiment.

NOTE 5 En schémas TT et TN, le qualificatif « connecté » ou « séparé » se réfère à la liaison électrique entre R_E et R_B . En schéma IT, il se réfère à la liaison électrique entre R_E et Z et à celle entre R_E et R_A .

442.2.1 Valeur et durée de la tension de défaut à fréquence industrielle

La valeur et la durée de la tension de défaut U_f (calculées selon le Tableau 44.A1) apparaissant dans l'installation BT entre les masses et la terre, ne doit pas dépasser les valeurs données pour U_f de la courbe de la Figure 44.A2 lors du défaut.

Normalement, le conducteur PEN du réseau BT est connecté à la terre en plusieurs points. Dans ce cas, la valeur globale de la résistance de terre est réduite. Dû à ces multiples connexions à la terre du PEN, U_f peut être calculé par la formule suivante:

$$U_f = 0,5 R_E \times I_E$$

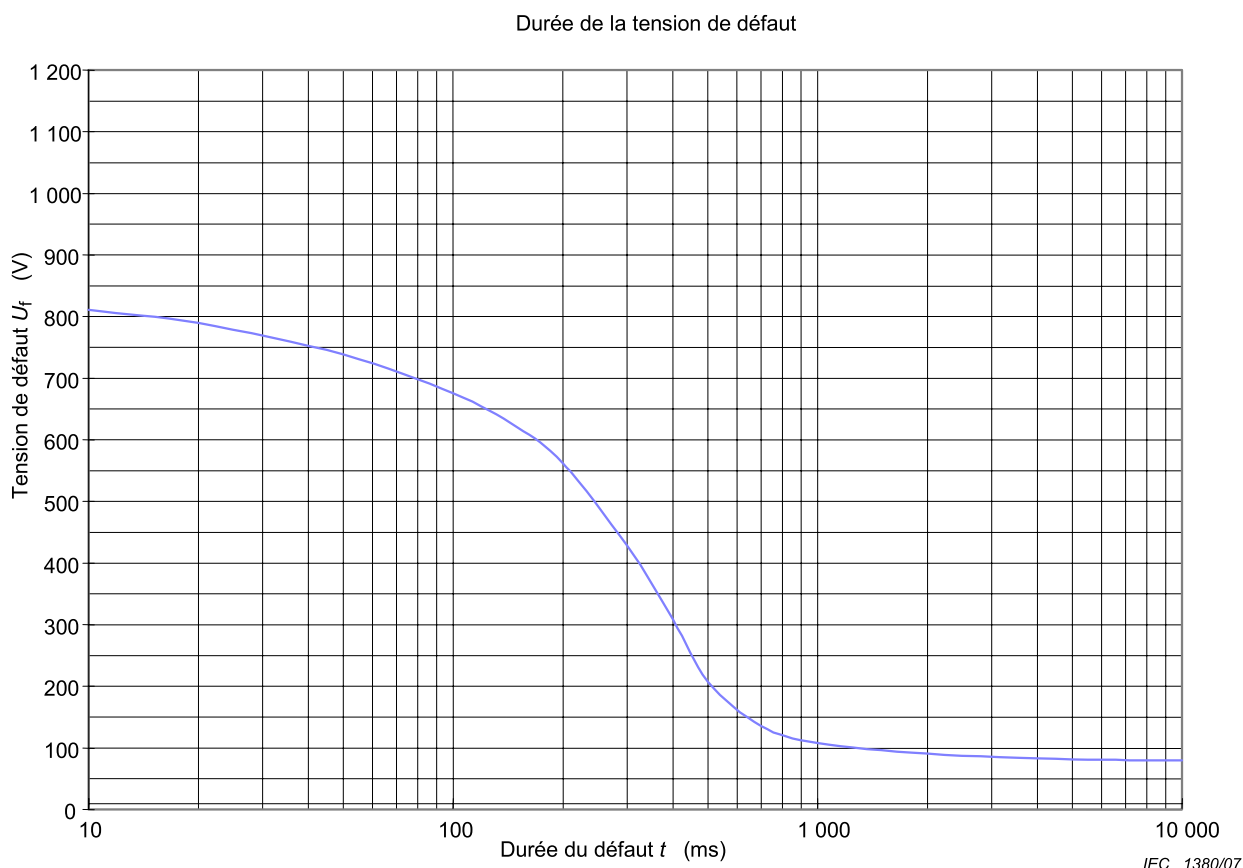


Figure 44.A2 – Tension de défaut acceptable due à un défaut en HT

NOTE La courbe de la Figure 44.A2 est celle de l'IEC 61936-1. En se fondant sur des données de probabilité et statistiques, cette courbe représente un niveau faible de risque dans le cas le plus défavorable lorsque le neutre BT n'est mis à la terre qu'au niveau du poste de transformation. Des directives concernant d'autres situations sont fournies dans l'IEC 61936-1.

442.2.2 Valeur et durée des contraintes à fréquence industrielle

La valeur et la durée des contraintes à fréquence industrielle (U_1 et U_2) calculées selon le Tableau 44.A1, apparaissant dans les matériels de l'installation BT dues à un défaut HT ne doit pas dépasser les valeurs données dans le Tableau 44.A2.

Tableau 44.A2 – Contraintes à fréquence industrielle admissibles

Durée du défaut HT t	Contraintes de tension admissibles sur les matériels d'une installation à basse tension U
>5 s	$U_o + 250$ V
≤ 5 s	$U_o + 1\,200$ V
Dans les systèmes sans conducteur neutre, U_o doit être la tension entre phase.	
NOTE 1 La première ligne du tableau est relative aux systèmes d'alimentation haute tension ayant des temps de coupure longs, par exemple les systèmes à neutre isolé ou mis à la terre.. La seconde ligne est relative aux systèmes d'alimentation HT ayant des temps de coupure courts, par exemple les systèmes mis à la terre directement. Les deux lignes ensemble sont des critères de conception à prendre en considération quant à l'isolement des matériels à basse tension pour les surtensions temporaires, voir l'IEC 60664-1. NOTE 2 Dans un réseau où le neutre est connecté à la prise de terre du poste de transformation, de telles surtensions industrielles temporaires sont susceptibles d'apparaître à travers l'isolation qui n'est pas dans une enveloppe mise à la terre lorsque le matériel est à l'extérieur d'un bâtiment.	

442.2.3 Exigences pour le calcul des limites

Dans le cas où cela est requis dans le Tableau 44.A1, la limite de contrainte de tension à fréquence industrielle ne doit pas être supérieure à celle du Tableau 44.A2.

Dans le cas où cela est requis dans le Tableau 44.A1, la limite de tension de défaut à fréquence industrielle ne doit pas être supérieure à celle de la Figure 44.A2.

Les exigences du 442.2.1 et 442.2.2 correspondent aux exigences d'une installation recevant une alimentation basse tension depuis un réseau de distribution public d'électricité.

Pour satisfaire aux exigences ci-dessus, une coordination entre le gestionnaire du réseau HT et l'installateur du réseau BT est nécessaire. La conformité aux exigences ci-dessus est de la responsabilité de l'installateur/propriétaire/gestionnaire du poste de transformation lequel doit aussi satisfaire aux exigences de l'IEC 61936-1. C'est pourquoi le calcul de U_1 , U_2 et U_f n'est normalement pas nécessaire pour l'installateur du réseau BT.

Des dispositions possibles pour satisfaire aux exigences ci-dessus sont par exemple:

- la séparation des prises de terre HT et BT;
- le changement du schéma des liaisons à la terre en BT;
- la réduction de la valeur de la prise de terre R_E .

442.3 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de rupture du conducteur neutre en schémas TN et en schéma TT

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de rupture du conducteur neutre d'un système polyphasé, les isolations principale, double et renforcée ainsi que les matériels dimensionnés pour la tension entre conducteurs de phase et le conducteur neutre peuvent être soumis temporairement à la tension entre phases. La contrainte de tension peut atteindre $U = \sqrt{3} U_0$.

442.4 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de défaut à la terre en schéma IT avec neutre distribué

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de défaut à la terre d'un conducteur de phase en schéma IT, les isolations ou les matériels dimensionnés pour la tension simple peuvent être soumis temporairement à la tension composée. La contrainte de tension peut atteindre $U = \sqrt{3} U_0$.

442.5 Contraintes de tension à fréquence industrielle en cas de court-circuit entre phase et neutre

L'attention doit se porter sur le fait qu'en cas de court-circuit entre phase et neutre dans l'installation à basse tension, les contraintes de tension entre les autres conducteurs de phase et le neutre peuvent atteindre la valeur de $1,45 \times U_0$ pendant une durée non supérieure à 5 s.

443 Protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres

443.1 Généralités

L'Article 443 spécifie les exigences pour la protection des installations électriques contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique transmises par les réseaux de distribution y compris les coups de foudre directs touchant les réseaux d'alimentation électrique et contre les surtensions de manœuvre. Les exigences pour la protection contre les surtensions transitoires dues à des coups de foudre directs ou proches affectant une structure ne sont pas données à l'Article 443.

NOTE 1 Pour la gestion des risques dans le cadre de la protection contre les surtensions transitoires dues à des coups de foudre directs ou proches affectant une structure, voir l'IEC 62305-2.

Généralement, les surtensions de manœuvre ont une amplitude inférieure à celle des surtensions transitoires d'origine atmosphérique et c'est pourquoi les exigences relatives à la protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique sont normalement suffisantes pour la protection contre les surtensions de manœuvre.

En l'absence de protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique, il peut être nécessaire d'installer une protection contre les surtensions de manœuvre.

NOTE 2 Les surtensions de manœuvre peuvent être plus longues et contenir plus d'énergie que les surtensions transitoires d'origine atmosphérique. Voir 443.4

Les caractéristiques des surtensions transitoires d'origine atmosphérique dépendent de facteurs tels que:

- la nature du réseau de distribution (souterrain ou aérien);
- la présence éventuelle d'au moins un parafoudre (SPD) en amont de l'origine de l'installation;
- le niveau de tension du réseau d'alimentation.

NOTE 3 En ce qui concerne les surtensions transitoires d'origine atmosphérique, aucune distinction n'est faite entre les installations mises à la terre et celles qui ne le sont pas.

La protection contre les surtensions transitoires est assurée par l'installation de parafoudres (SPD).

Le choix et la mise en œuvre des parafoudres doivent être conformes à l'Article 534 de l'IEC 60364-5-53:2001, l'IEC 60364-5-53/ AMD1:2002 et de l'IEC 60364-5-53/AMD2:2015.

Si des parafoudres sont nécessaires sur les lignes d'alimentation électrique, des parafoudres supplémentaires sont aussi recommandés sur les autres lignes comme les lignes de télécommunication.

Les exigences pour la protection contre les surtensions transitoires transmises par les systèmes de transmission de données ne sont pas couvertes par l'Article 443. Voir l'IEC 61643-22.

L'Article 443 ne s'applique pas aux installations dans lesquelles les conséquences des surtensions affectent:

- a) les structures présentant un risque d'explosion;
- b) les structures pour lesquelles le dommage peut aussi impacter l'environnement (par exemple émissions chimiques ou radioactives).

443.2 Vide

443.3 Termes et définitions

443.3.1

environnement urbain

zone présentant une forte densité de bâtiments ou de population avec des immeubles élevés

Note 1 à l'article: Un centre-ville constitue un exemple d'environnement urbain.

443.3.2

environnement suburbain

zone présentant une densité moyenne de bâtiments

Note 1 à l'article: Les zones à la périphérie immédiate des villes constituent un exemple d'environnement suburbain.

443.3.3

environnement rural

zone présentant une faible densité de bâtiments

Note 1 à l'article: La campagne est un exemple d'environnement rural.

443.3.4

dispositif de protection contre les surtensions

parafoudre

SPD

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

Note 1 à l'article: Un parafoudre (SPD) est un ensemble complet disposant de moyens de connexion appropriés.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surge protective device".

[SOURCE: IEC 61643-11:2011, 3.1.1]

443.3.5

niveau de risque calculé

CRL

valeur calculée de risque utilisée pour évaluer le besoin de protection contre les surtensions transitoires

Note 1 à l'article: L'abréviation «CRL» est dérivée du terme anglais développé correspondant «calculated risk level».

443.3.6

tension assignée de tenue aux chocs

U_W

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

[SOURCE: IEC 60664-1:2007, 3.9.2, Modifié — ajout de symbole]

443.4 Maîtrise des surtensions

La protection contre les surtensions transitoires doit être assurée lorsque les conséquences des surtensions affectent:

- a) la vie humaine, par exemple les services de sécurité, des installations de soins médicaux;
- b) les services publics et le patrimoine culturel, par exemple perte de services publics, centres de communication, musées;
- c) les activités tertiaires ou industrielles, par exemple hôtels, banques, industries, marchés commerciaux, fermes.

Dans tous les autres cas, une évaluation du risque selon 443.5 doit être menée afin de déterminer si la protection contre les surtensions transitoires est nécessaire. Si l'évaluation du risque n'est pas réalisée, l'installation électrique doit être équipée d'une protection contre les surtensions transitoires.

Toutefois, la protection contre les surtensions transitoires n'est pas exigée pour un logement dans lequel la valeur économique totale de l'installation électrique à protéger est inférieure à 5 fois la valeur économique du parafoudre situé à l'origine de l'installation.

NOTE 1 Les Comités nationaux peuvent modifier les critères de cette exception concernant les logements ou décider de ne pas l'appliquer.

Il convient que la protection contre les surtensions de manœuvre soit prise en considération dans le cas de matériels susceptibles de produire des surtensions de manœuvre ou des perturbations dépassant les valeurs d'après la catégorie de surtensions de l'installation par exemple lorsqu'un générateur BT alimente l'installation ou lorsque des charges inductives ou capacitatives (par exemple moteurs, transformateurs, batteries de condensateurs, etc.), des unités de stockage ou des charges de courant élevées sont installés.

NOTE 2 L'Annexe B donne des lignes directrices concernant la maîtrise des surtensions lorsque des parafoudres placés par le gestionnaire du réseau d'électricité sont installés sur des lignes aériennes.

Pour une installation basse tension alimentée par un réseau de distribution à haute tension par l'intermédiaire d'un transformateur dédié (par exemple une application industrielle), il convient d'installer des moyens supplémentaires de protection contre les surtensions dues à la foudre du côté haute tension du transformateur.

443.5 Méthode d'évaluation du risque

NOTE 1 Pour la protection d'une structure et de son installation électrique contre la foudre et contre les surtensions d'origine atmosphériques, la série IEC 62305 s'applique.

Le niveau de risque calculé (CRL) est utilisé pour déterminer si la protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique est nécessaire. Le CRL est basé sur la formule suivante:

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g)$$

où

- f_{env} est un facteur environnemental et la valeur de f_{env} doit être calculée conformément au Tableau 443.1.

Tableau 443.1 – Calcul de f_{env}

Environnement	f_{env}
Environnement rural et suburbain	$85 \times F$
Environnement urbain	$850 \times F$

La valeur du coefficient F doit être prise comme étant égale à 1 pour toutes les installations. Toutefois, les Comités nationaux peuvent ajuster la valeur du coefficient F de 1 à 3 pour les locaux d'habitation.

- N_g est la densité de foudroiement au sol (coup de foudre par km² par an) valable pour l'emplacement de la ligne électrique et de la structure raccordée;

NOTE 2 Conformément à l'IEC 62305-2:2010, Article A.1, 25 jours d'orage par an sont équivalents à une valeur de 2,5 de foudroiement par km² par an. Cette valeur est obtenue avec la formule $N_g = 0,1 \times T_d$, où T_d est le nombre de jours d'orage par an (niveau kéraunique).

- la longueur d'évaluation de risque L_P est calculée comme indiqué ci-dessous:

$$L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension;

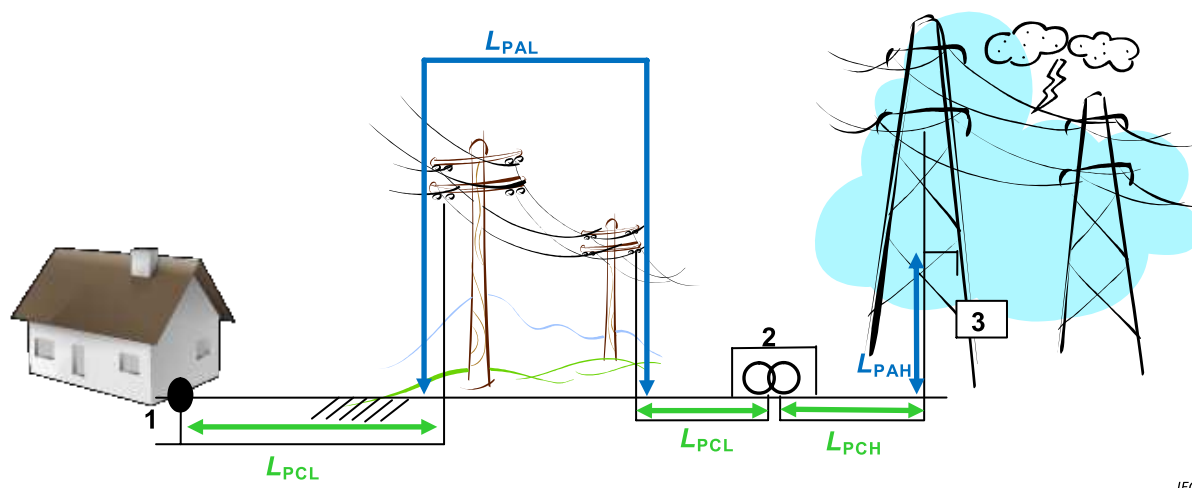
L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension.

La longueur totale ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) est limitée à 1 km ou par la distance qui sépare le premier dispositif de protection contre les surtensions installé sur le réseau électrique et l'entrée de l'installation en prenant la plus faible de ces deux valeurs.

Si les longueurs des réseaux de distribution sont totalement ou partiellement inconnues, alors L_{PAL} doit être prise comme étant égale à la distance restante pour atteindre une longueur totale de 1 km.

Par exemple, si seule la distance du câble souterrain est connue (par exemple 100 m), alors L_{PAL} doit être prise comme étant égale à 90 m. Une illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer est donnée à la Figure 443.1.



Légende

- 1 origine de l'installation
- 2 transformateur B.T. / H.T.
- 3 parafoudre (dispositif de protection contre les surtensions)

Figure 443.1 – Illustration d'une installation montrant les longueurs à considérer

Si $CRL \geq 1\,000$, aucune protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique n'est nécessaire;

Si $CRL < 1\,000$, une protection contre les surtensions transitoires d'origine atmosphérique est nécessaire.

NOTE 3 Des exemples de calcul du CRL sont donnés dans l'Annexe A.

443.6 Classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

443.6.1 Objet de la classification des tensions assignées de tenue aux chocs (catégories de surtensions)

L'Article 443.6 donne des informations concernant la catégorie de surtension du matériel.

NOTE 1 Les catégories de surtensions sont définies pour les installations électriques dans le cadre de la coordination de l'isolement et une classification correspondante des matériels avec les tensions assignées de tenue aux chocs est donnée (voir l'IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015, Tableau 534.1).

Le concept de tension assignée de tenue aux chocs est utilisé pour classer par catégorie de surtension les matériels alimentés directement par l'installation électrique à basse tension.

Les tensions assignées de tenue aux chocs pour les matériels choisis en fonction de la tension nominale sont données pour distinguer les différents degrés de disponibilité des matériels en fonction de la continuité du service et du risque acceptable de défaillance.

La maîtrise des surtensions fondée uniquement sur la tension de tenue aux chocs des matériels selon l'IEC 60664-1 pourrait ne pas être suffisante pour les raisons suivantes:

- les surtensions transitoires transmises par le réseau de distribution ne subissent pas d'atténuation significative en aval dans la plupart des installations. Une coordination de l'isolement peut être obtenue dans l'ensemble de l'installation par une protection contre les surtensions transitoires des matériels correspondant à la classification de la tension assignée de tenue aux chocs réduisant le risque de défaillance à un niveau acceptable;
- dans les installations alimentées par des réseaux à basse tension entièrement souterrains et ne comportant pas de lignes aériennes, les courants de chocs et les courants de foudre partiels sont transmis via les câbles souterrains;
- les matériels sont souvent reliés à deux services différents, par exemple une ligne d'alimentation électrique et une ligne de données. L'expérience sur le terrain montre que beaucoup de dommages liés à la foudre sont constatés sur ce type de matériel.

Il est nécessaire de tenir compte de la tenue en tension U_W , (voir l'IEC 60664-1) du matériel le plus sensible à protéger dans le réseau ou, des cas nécessitant une continuité de service, du niveau d'immunité aux chocs du matériel (voir l'IEC 61000-4-5).

443.6.2 Tensions assignées de tenue aux chocs des matériels et catégories de surtensions

Les points suivants doivent être notés:

- a) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension IV sont adaptés à l'utilisation à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation par exemple en amont du tableau de répartition principal. Les matériels de la catégorie IV se caractérisent par un très haut niveau de capacité de tenue aux chocs et assurent le haut niveau de fiabilité exigé et doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 1 Les compteurs électriques, les dispositifs de protection principaux contre les surintensités et les dispositifs de télémesures constituent des exemples de tels matériels.

- b) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension III sont adaptés à l'utilisation dans l'installation fixe en aval du tableau de distribution principal, celui-ci compris, assurant un haut niveau de fiabilité et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 2 Les tableaux de distribution, les disjoncteurs, les canalisations (voir l'IEC 60050-826:2004, 826-15-01), comprenant les câbles, les barres omnibus, les boîtes de jonction, les interrupteurs, les socles et les prises de courant) de l'installation fixe et les matériels à usage industriel et d'autres matériels tels que les moteurs fixes avec une connexion permanente à l'installation fixe constituent des exemples de tels matériels.

- c) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension II sont adaptés à la connexion à l'installation électrique fixe, assurant un niveau de fiabilité normal exigé pour les matériels électriques et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2.

NOTE 3 Les appareils électrodomestiques et autres charges analogues constituent des exemples de tels matériels.

- d) Les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension I sont uniquement adaptés à l'utilisation dans l'installation fixe des bâtiments lorsque des parafoudres sont installés à l'extérieur du matériel pour limiter les surtensions transitoires à un niveau spécifié et ils doivent avoir une tension assignée de tenue aux chocs qui ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée dans le Tableau 443.2. Par conséquent, il convient que les matériels de tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la catégorie de surtension I soient installés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation.

NOTE 4 Les équipements comportant des circuits électroniques comme les ordinateurs, les produits de l'électronique grand public, etc. constituent des exemples de tels équipements.

Tableau 443.2 – Tension assignée de tenue aux chocs exigée pour les matériels U_W

Tension nominale de l'installation ^a V	Tension phase-neutre dérivée des tensions nominales c.a. ou c.c. jusqu'à, inclus V	Tension assignée de tenue aux chocs exigée des équipements ^c kV			
		Catégorie de surtension IV (matériel à tension de choc très élevée)	Catégorie de surtension III (matériel à tension de choc élevée)	Catégorie de surtension II (matériel à tension de choc normale)	Catégorie de surtension I (matériel à faible tension de choc)
		Par exemple, compteur d'énergie, systèmes de télécommande	Par exemple, tableaux de distribution, interrupteurs	Par exemple, appareils domestiques de distribution, outils, socles de prises de courant	Par exemple, équipements électroniques sensibles
120/208	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^{b,d} 277/480 ^b	300	6	4	2,5	1,5
400/690	600	8	6	4	2,5
1 000	1 000	12	8	6	4
1 500 en courant continu	1 500 en courant continu			8	6

^a Selon l'IEC 60038:2009.

^b Au Canada et aux USA, pour des tensions supérieures à 300 V par rapport à la terre, la tension assignée de tenue aux chocs correspondant à la tension immédiatement supérieure de cette colonne est applicable.

^c Cette tension assignée de tenue aux chocs est applicable entre les conducteurs actifs et le conducteur PE.

^d Pour les schémas IT à 220-240 V, le niveau 230/400 doit être utilisé, compte tenu de la montée en potentiel lors d'un défaut d'une phase à la terre.

444 Dispositions contre les influences électromagnétiques

444.1 Généralités

L'Article 444 donne des recommandations essentielles pour l'atténuation des perturbations électromagnétiques. Les perturbations électromagnétiques peuvent perturber ou endommager des réseaux de traitement de l'information ou des matériels comportant des composants ou

circuits électroniques. Les courants dus à la foudre, les manœuvres, les courts-circuits et les autres phénomènes électromagnétiques peuvent générer des surtensions et des interférences électromagnétiques.

Ces effets apparaissent

- lorsque de grandes boucles métalliques existent; et
- lorsque différents systèmes de câblage électrique sont installés sur des parcours différents, par exemple les câbles de puissance et de communication dans un bâtiment.

Les valeurs des tensions induites dépendent du taux de variation (di/dt) du courant perturbateur et des dimensions de la boucle.

Les câbles de puissance transportant des courants importants avec un taux de variation (di/dt) important (par exemple courant de démarrage d'ascenseurs ou courant contrôlé par redresseurs) peuvent induire des surtensions dans les câbles des systèmes de technologie de l'information, qui peuvent influencer ou endommager des équipements des technologies de l'information ou électriques similaires.

Dans ou près des locaux à usages médicaux, les champs électriques ou magnétiques des installations électriques peuvent perturber les équipements électriques médicaux.

Le présent article donne des informations pour les architectes, les concepteurs et les installateurs d'installations électriques sur quelques concepts d'installation limitant les influences électromagnétiques. Des considérations essentielles sont données ici pour atténuer ces influences pouvant générer des perturbations.

444.2 (disponible)

NOTE Ce paragraphe est réservé pour un emploi ultérieur.

444.3 Définitions

Voir l'IEC 60364-1 pour les définitions principales. Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent:

444.3.1

réseau équipotentiel

interconnexion de parties conductrices réalisant un «écran électromagnétique» pour les réseaux électroniques pour des fréquences comprises entre le courant continu et celles de radio basse fréquence

[3.2.2 de ETS 300 253:1995]

NOTE Le terme «écran électromagnétique» est relatif à toute structure destinée à répartir, bloquer ou empêcher le passage d'énergie électromagnétique. En général, le réseau équipotentiel n'est pas relié à la terre mais, dans la présente norme, il est relié à la terre.

444.3.2

ceinturage d'équipotentialité

ceinturage de mise à la terre en forme de boucle fermée

[3.1.3 de l'EN 50310:2000]

NOTE Généralement, le ceinturage d'équipotentialité, en tant que partie du réseau équipotentiel, a de multiples connexions avec ce réseau et améliore ses performances.

444.3.3

réseau commun d'équipotentialité

réseau équipotentiel assurant à la fois une liaison équipotentielle de protection et une liaison équipotentielle fonctionnelle

[VEI 195-02-25, modifié]

444.3.4

réseau équipotentiel

disposition des connexions électriques entre des parties conductrices, afin de réaliser l'équipotentialité

[VEI 195-01-10, modifié]

444.3.5

réseau de terre

partie d'une installation de mise à la terre comprenant seulement les prises de terre et leurs interconnexions

[VEI 195-02-21, modifié]

444.3.6

réseau équipotentiel maillé

réseau équipotentiel dans lequel les châssis des matériels associés, les tiroirs et enveloppes et généralement le conducteur de retour en courant continu sont connectés en autant de points au réseau équipotentiel

[3.2.2 de ETS 300 253:1995]

NOTE Le réseau équipotentiel maillé améliore le réseau commun d'équipotentialité.

444.3.7

conducteur parallèle d'accompagnement

conducteur de protection parallèle aux écrans du câble de transmission des signaux et/ou des données afin de limiter le courant s'écoulant dans les écrans

444.4 Mesures d'atténuation des influences électromagnétiques

Le concepteur et l'installateur d'une installation électrique doivent prendre en compte les mesures décrites ci-après pour la réduction des effets des influences électriques et magnétiques sur les matériels électriques.

Seuls les matériels électriques satisfaisant aux exigences des normes appropriées relatives à la CEM ou aux exigences CEM de la norme de produit applicable doivent être utilisés.

444.4.1 Sources des influences électromagnétiques

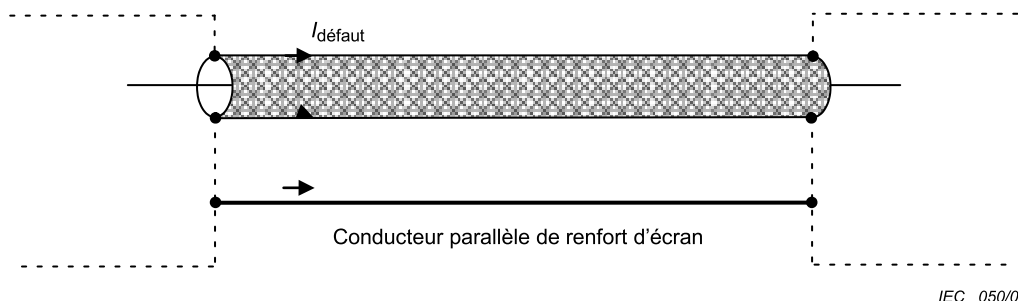
Il convient que les matériels sensibles ne soient pas situés à proximité de sources potentielles d'émission électromagnétique telles que

- commutation de charges inductives,
- moteurs électriques,
- éclairages fluorescents,
- soudeuses,
- ordinateurs,
- redresseurs,
- hacheurs,
- convertisseurs/régulateurs de fréquence,
- ascenseurs,
- transformateurs,
- appareillages,
- barres de distribution de puissance.

444.4.2 Dispositions de réduction des perturbations électromagnétiques

Les dispositions suivantes réduisent les perturbations électromagnétiques.

- a) Pour les matériels électriques sensibles aux influences électromagnétiques, des para-foudres et/ou des filtres sont recommandés pour améliorer la compatibilité électromagnétique vis-à-vis des émissions électromagnétiques conduites.
- b) Il est recommandé de relier les armures des câbles au réseau équipotentiel commun.
- c) Il est recommandé d'éviter de grandes boucles inductives en choisissant un cheminement commun pour les canalisations de puissance, de signaux et de données.
- d) Il convient de séparer les circuits de puissance et de communication et, si possible, de les croiser à angle droit (voir 444.6.3).
- e) Utiliser des câbles à conducteurs concentriques afin de réduire les courants induits dans le conducteur de protection.
- f) Utiliser des câbles multiconducteurs symétriques (par exemple des câbles blindés contenant des conducteurs de protection séparés) pour les liaisons entre les convertisseurs et les moteurs à vitesse variable.
- g) Utiliser des câbles de transmission des signaux et des données conformément aux instructions relatives à la CEM des fabricants.
- h) Si un paratonnerre est installé,
 - les câbles de puissance et de communication doivent être séparés des conducteurs de descente des paratonnerres d'une distance minimale ou être blindés. La distance minimale doit être déterminée par le concepteur du système de protection contre la foudre conformément à l'IEC 62305-3;
 - il convient que les armures ou écrans métalliques des câbles de puissance et de communication soient reliés à la terre et respectent les exigences de l'IEC 62305-3 et IEC 62305-4.
- i) Si des câbles blindés de transmission des signaux et des données sont utilisés, il convient d'éviter l'écoulement de courants de défaut dans les écrans et âmes des câbles de signaux, ou les câbles de données, mis à la terre. Des conducteurs complémentaires, par exemple conducteur parallèle d'accompagnement de renfort d'écran, peuvent être nécessaires; voir la Figure 44.R1.

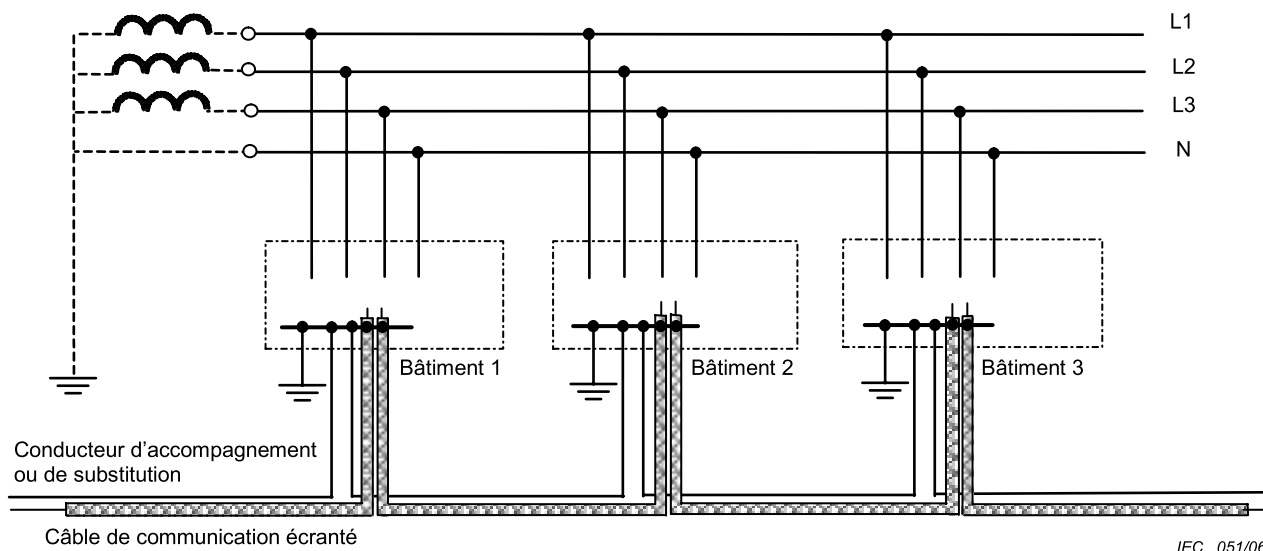


IEC 050/06

Figure 44.R1 – Conducteur d'accompagnement de renfort d'écran pour assurer un réseau commun d'équipotentialité

NOTE 1 La mise en œuvre d'un conducteur d'accompagnement à proximité de l'écran d'un câble de transmission des signaux ou des données réduit aussi la boucle associée au matériel, lequel est relié par un simple conducteur PE à la terre. Cette pratique réduit considérablement les effets électromagnétiques de l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF).

- j) Si des câbles de transmission des signaux ou des câbles de transmission des données blindés sont communs à plusieurs bâtiments en schéma TT, il convient d'utiliser un conducteur d'accompagnement (voir Figure 44.R2) de section minimale 16 mm² en cuivre ou équivalent. La section équivalente doit respecter les exigences de 544.1 de l'IEC 60364-5-54.



IEC 051/06

Figure 44.R2 – Exemple de conducteur d'accompagnement ou de substitution en schéma TT

NOTE 2 Si un écran de câble est utilisé comme conducteur de retour de terre, un câble double coaxial peut être utilisé.

NOTE 3 Si les exigences de 413.1.2.1 (dernier paragraphe) ne peuvent être satisfaites, il est de la responsabilité du propriétaire ou du fournisseur d'empêcher tout danger dû à l'exclusion de connexion de câbles à la LEP.

NOTE 4 Les problèmes de différences de potentiel sur les réseaux publics de communication sont de la responsabilité des opérateurs, lesquels peuvent utiliser d'autres méthodes.

NOTE 5 Aux Pays-Bas, un conducteur d'accompagnement équipotentiel, reliant ensemble toutes les mises à la terre de plusieurs installations de schéma TT, est autorisé uniquement si une protection contre les défauts, selon les exigences de 413.1.4, reste adéquate en cas de défaillance de tout DDR.

- k) Il est recommandé que les liaisons équipotentielles présentent l'impédance la plus faible possible
- en étant le plus court possible,
 - en ayant une section présentant une faible réactance et une faible impédance par mètre de cheminement, par exemple un ruban de rapport longueur sur épaisseur inférieur à 5.
- l) Si le ceinturage d'équipotentialité (conforme à 444.5.8) est prévu pour supporter le réseau équipotentiel d'une installation de traitement de l'information très importante dans un bâtiment, il peut être réalisé en boucle fermée.

NOTE 6 Cette disposition est utilisée de préférence dans des bâtiments réservés à la communication.

444.4.3 Schéma TN

Pour minimiser les influences électromagnétiques, les paragraphes suivants sont applicables.

444.4.3.1 Il est recommandé de ne pas maintenir le schéma TN-C dans des bâtiments existants contenant ou susceptibles de contenir des matériels de traitement de l'information significatifs.

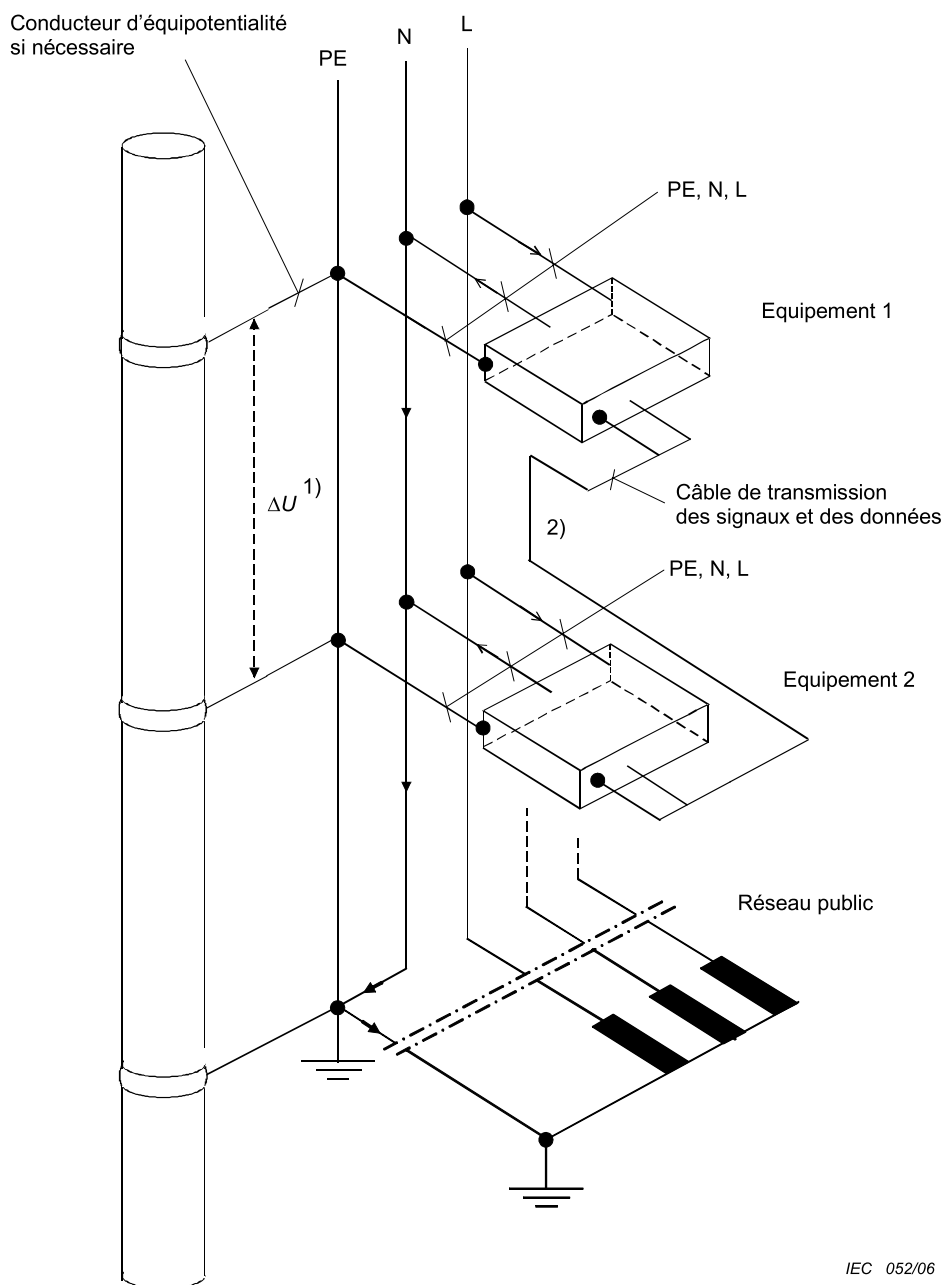
Le schéma TN-C ne doit pas être utilisé dans des bâtiments neufs contenant ou susceptibles de contenir des matériels de traitement de l'information significatifs.

NOTE Tout schéma TN-C est susceptible d'être soumis à des charges ou à des courants de défaut transmis par les équipotentialités vers les services et les structures d'un bâtiment.

444.4.3.2 Dans les bâtiments existants susceptibles de recevoir des matériels de traitement de l'information significatifs alimentés par le réseau de distribution public à basse tension, il convient de choisir un schéma TN-S en aval de l'origine (voir Figure 44.R3A).

Dans des bâtiments neufs, le schéma TN-S doit être choisi en aval de l'origine de l'installation (voir Figure 44.R3A).

NOTE L'efficacité d'un schéma TN-S peut être améliorée en utilisant un dispositif de contrôle de courant différentiel conforme à l'IEC 62020.

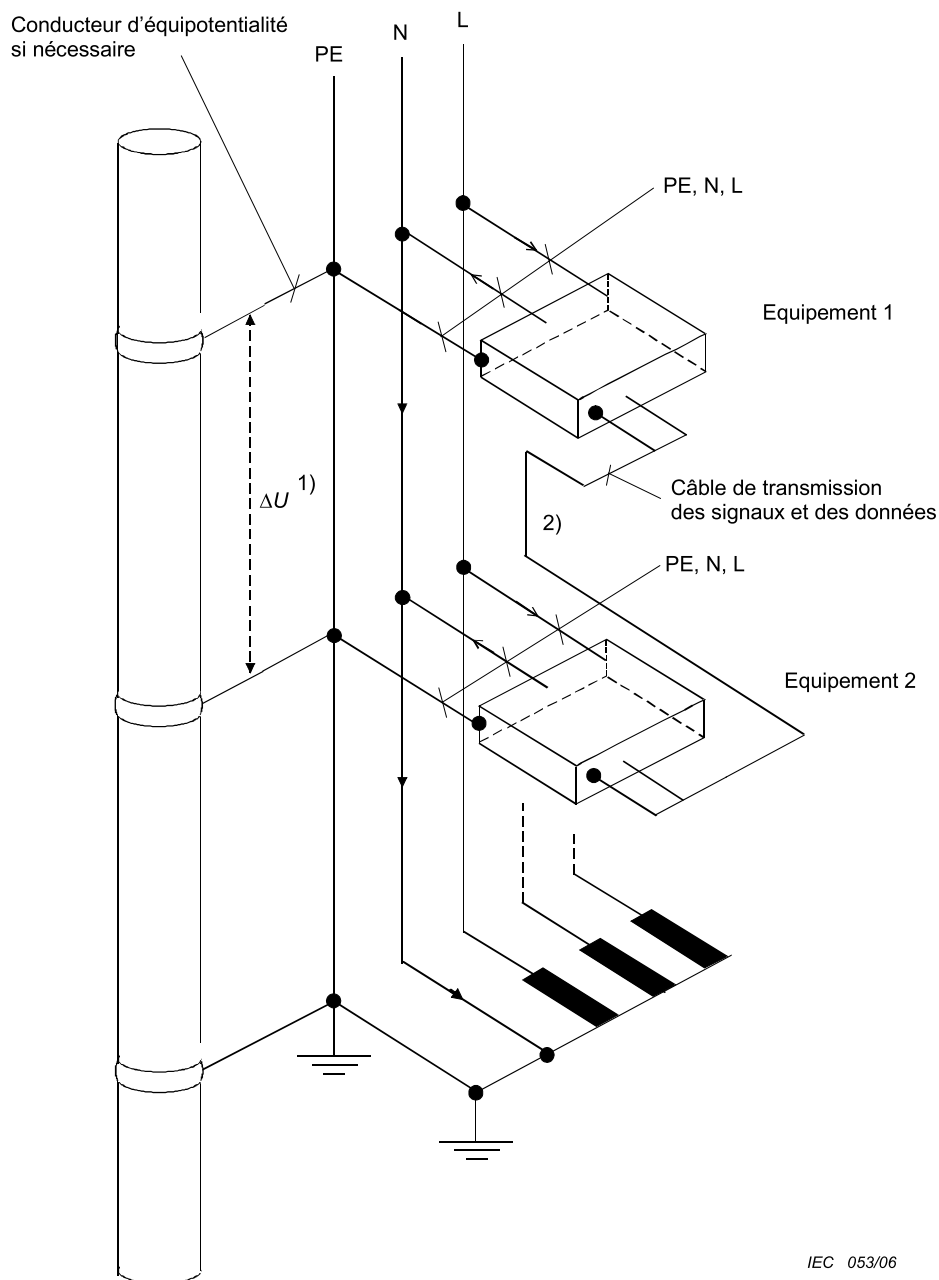


IEC 052/06

- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données

Figure 44.R3A – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S depuis l'origine du réseau public jusques et y compris les circuits terminaux à l'intérieur du bâtiment

444.4.3.3 Dans les bâtiments existants où l'installation à basse tension, y compris le transformateur, est manœuvrée par le seul utilisateur et qui sont susceptibles de recevoir des matériels de traitement de l'information significatifs, il convient de choisir un schéma TN-S en aval de l'origine (voir Figure 44.R3B).



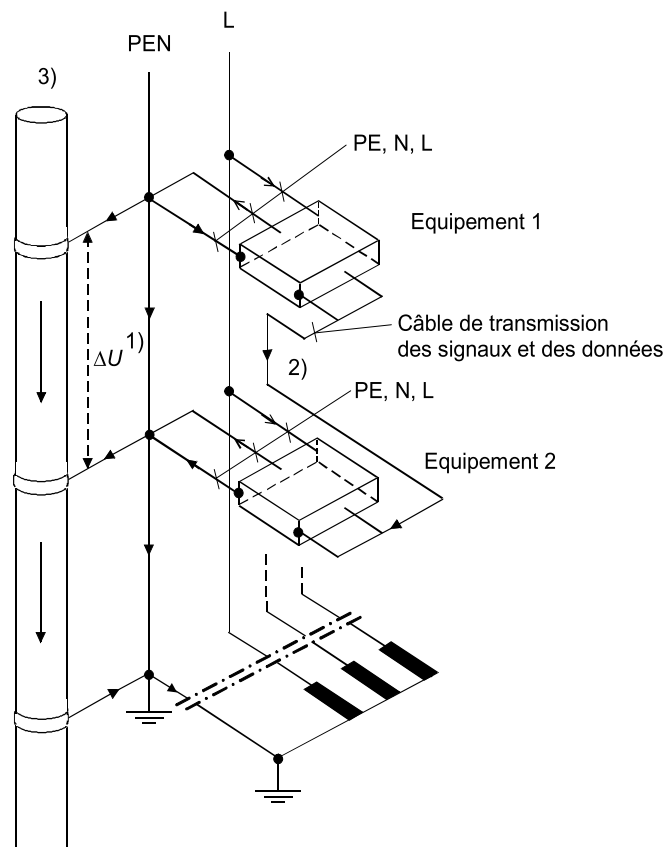
IEC 053/06

- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données

Figure 44.R3B – Elimination des courants de conducteur neutre dans une structure alimentée en schéma TN-S en aval du transformateur d'alimentation privé du consommateur

444.4.3.4 Si une installation existante est réalisée en schéma TN-C-S (voir Figure 44.R4), il est recommandé d'éviter des boucles des câbles de transmission des signaux ou des données en

- modifiant toutes les parties du schéma TN-C de l'installation montrée à la Figure 44.R4 en TN-S comme indiqué à la Figure 44.R3A; ou
- lorsque cela n'est pas possible, en évitant les interconnexions des câbles de transmission des signaux ou des données entre les diverses parties des installations TN-S.



IEC 054/06

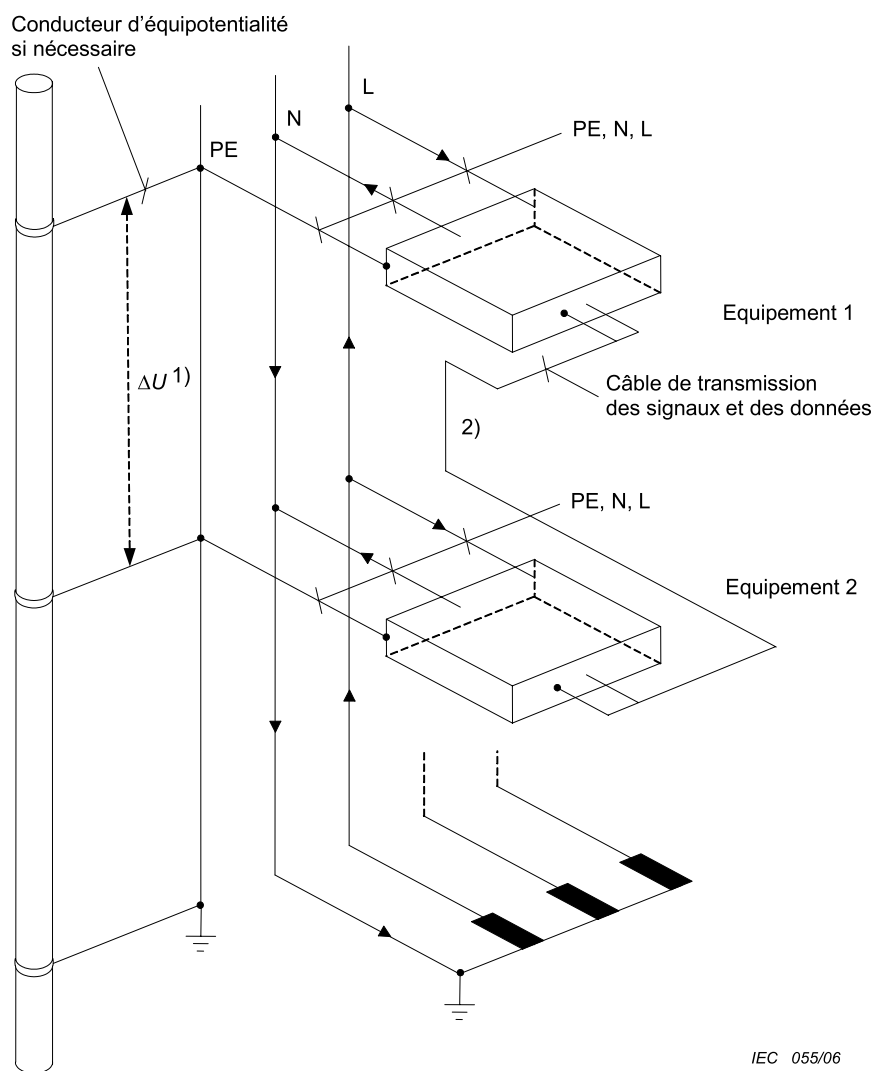
- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PEN en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les câbles de transmission des signaux ou des données
- 3) Élément conducteur

NOTE Dans le schéma TN-C-S, le courant qui en schéma TN-S ne parcourait que le conducteur neutre, parcourt aussi les écrans ou conducteurs de référence des câbles de transmission de signaux, les parties conductrices accessibles ou des éléments conducteurs tels que des structures métalliques.

Figure 44.R4 – Schéma TN-C-S dans un bâtiment existant

444.4.4 Schéma TT

En schéma TT, comme indiqué à la Figure 44.R5, il convient de prendre en compte les surtensions pouvant apparaître entre parties actives et masses si les masses de différents bâtiments sont reliées à des prises de terre différentes.



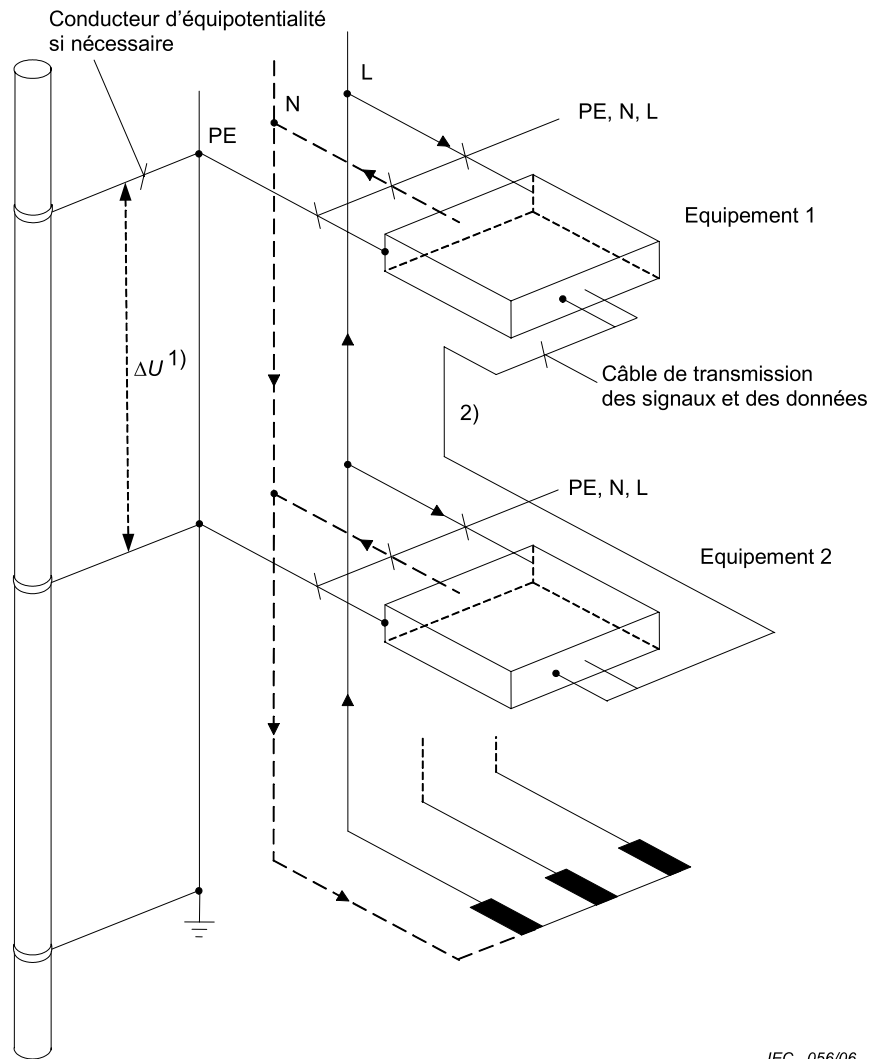
- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal.
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les circuits de communication.

Figure 44.R5 – Schéma TT dans un bâtiment

444.4.5 Schéma IT

En schéma IT triphasé, comme indiqué à la Figure 44.R6, la tension entre un conducteur actif non en défaut et une masse peut devenir la tension composée en cas de défaut simple d'isolation entre un conducteur actif et la masse; il convient de considérer ce cas.

NOTE Il convient qu'un matériel électronique alimenté directement entre phase et neutre soit prévu pour résister à la tension composée entre un conducteur actif et la masse (voir les exigences correspondantes de l'IEC 60950-1 pour les matériels de traitement de l'information).



- 1) La chute de tension ΔU est évitée le long du PE en fonctionnement normal
- 2) Boucle de surface restreinte formée par les circuits de communication

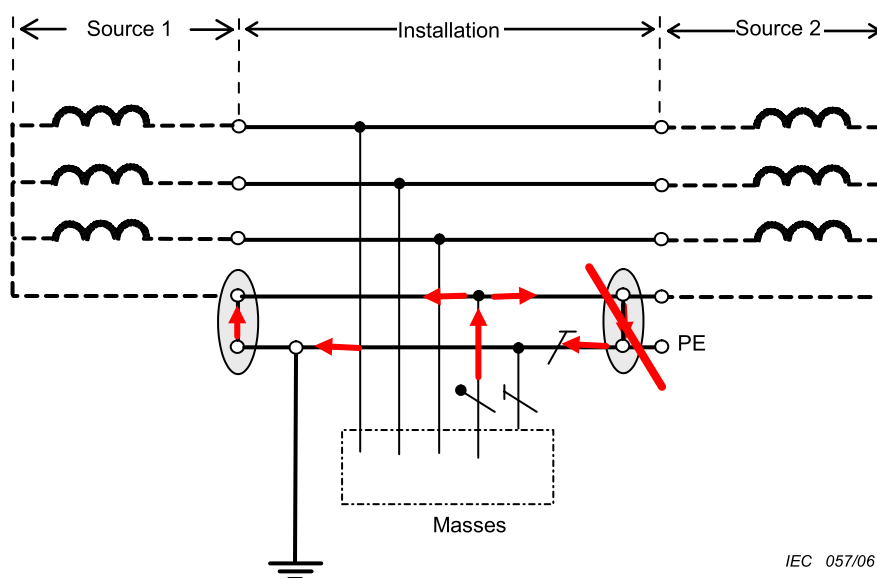
Figure 44.R6 – Schéma IT dans un bâtiment

444.4.6 Alimentation par plusieurs sources

Pour des alimentations multiples, les dispositions de 444.4.6.1 et de 444.4.6.2 doivent être prises.

NOTE Si plusieurs mises à la terre des points étoiles des sources d'alimentation sont effectuées, les courants dans le conducteur neutre peuvent retourner au point étoile correspondant, non seulement par le neutre, mais aussi par le conducteur de protection comme indiqué à la Figure 44.R7A. Pour cette raison, la somme des courants partiels s'écoulant dans l'installation n'est plus nulle et un champ magnétique est créé, analogue à celui d'un câble monoconducteur.

Dans le cas de câbles monoconducteurs parcourus par des courants alternatifs, un champ électromagnétique circulaire est créé autour de l'âme du conducteur pouvant perturber les matériels électroniques. Les courants harmoniques génèrent des champs électromagnétiques analogues plus rapidement atténués que ceux produits par les fondamentaux.

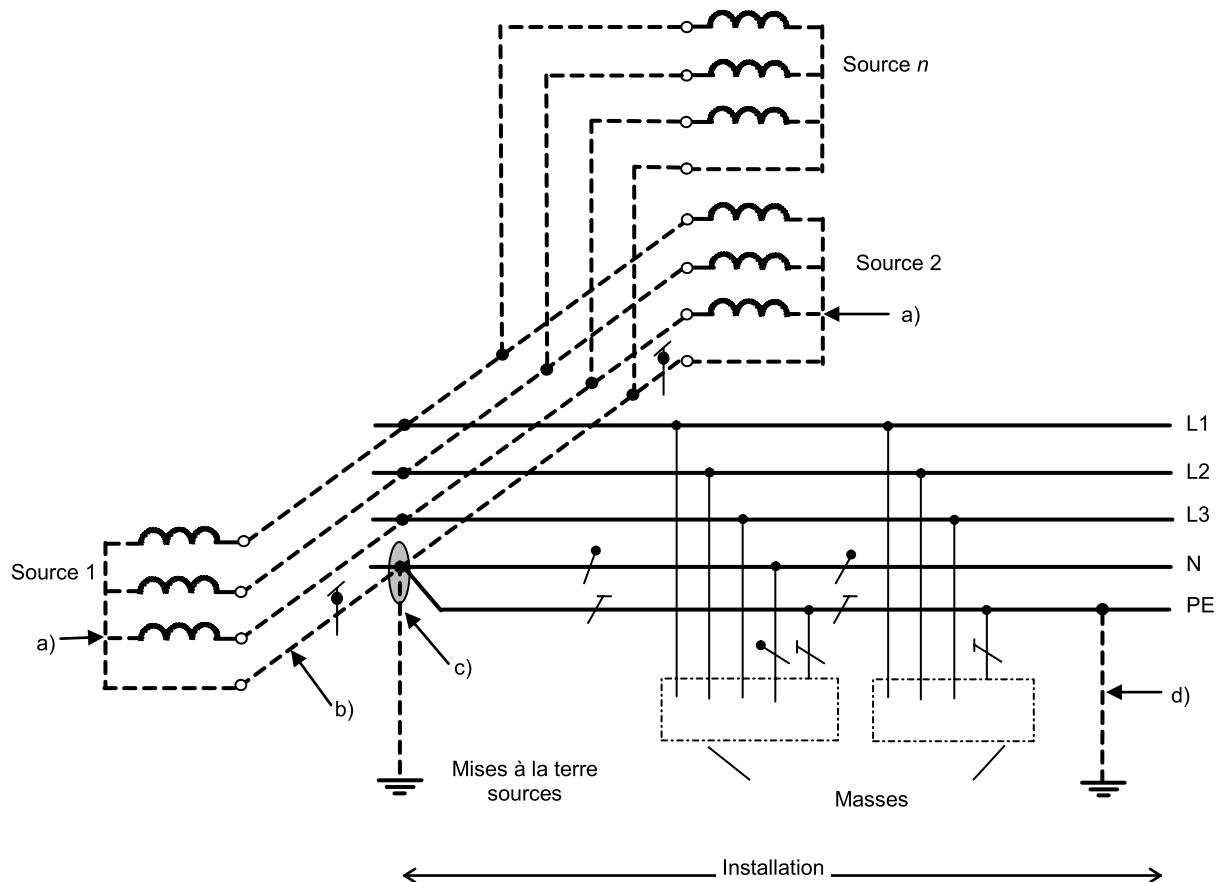


IEC 057/06

Figure 44.R7A – Schéma TN alimenté par plusieurs sources avec connexion multiple non appropriée entre le PEN et la terre

444.4.6.1 Schéma TN alimenté par plusieurs sources

En cas de schéma TN alimenté par plusieurs sources, les points étoiles des diverses alimentations doivent être connectés par un conducteur isolé connecté à la terre au centre en un seul et même point de terre, pour des raisons de CEM (voir Figure 44.R7B).

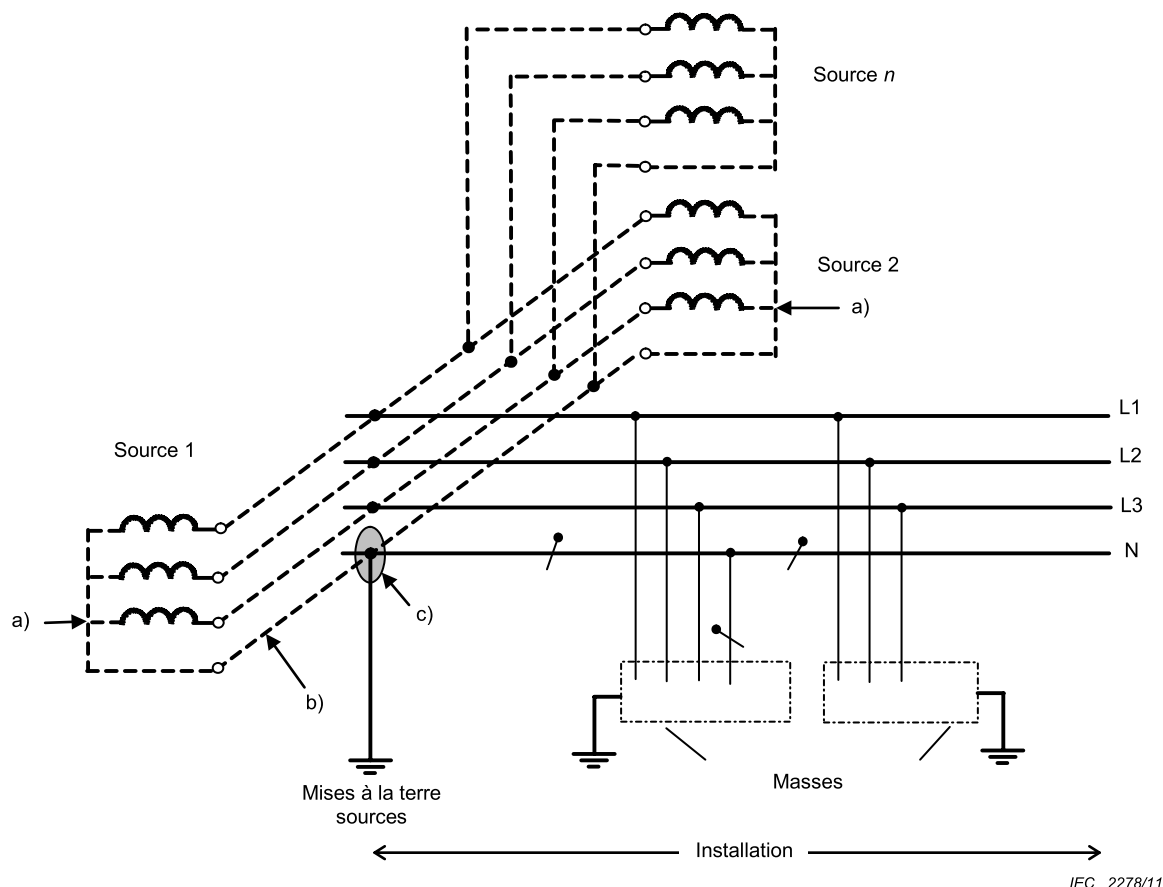


- a) Une liaison directe entre les points neutres des transformateurs ou entre points étoiles des générateurs et la terre n'est pas permise.
- b) Le conducteur de liaison entre les points neutres des transformateurs ou entre points étoiles des générateurs doit être isolé. Ce conducteur est analogue à un PEN et il peut être repéré comme tel; toutefois, il ne doit pas être connecté au matériel d'utilisation, et à cet effet une notice d'avertissement doit y être attachée, ou placée à côté.
- c) Seule une liaison entre les points neutres interconnectés des sources et le PE doit être prévue. Cette liaison doit se situer dans le tableau principal de distribution.
- d) Une mise à la terre complémentaire du PE dans l'installation peut être prévue.

**Figure 44.R7B – Schéma TN alimenté par plusieurs sources
avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre**

444.4.6.2 Schéma TT alimenté par plusieurs sources

En cas de schéma TT alimenté par plusieurs sources, il convient que les points étoiles des diverses alimentations soient connectés en un seul et même point de terre, pour des raisons de CEM (voir Figure 44.R8).

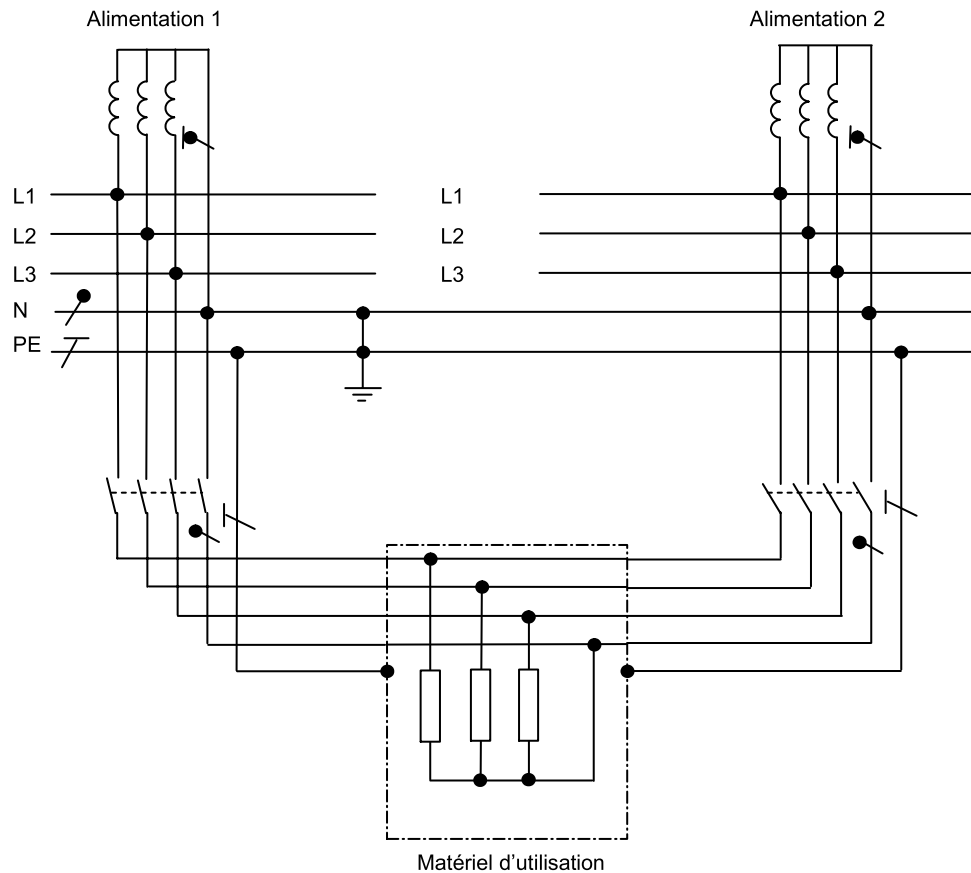


- a) Une liaison directe entre les points étoiles des transformateurs ou entre les points étoiles des générateurs et la terre n'est pas permise.
- b) Le conducteur de liaison entre les points étoiles des transformateurs ou entre les points étoiles des générateurs doit être isolé. Toutefois, il ne doit pas être connecté au matériel d'utilisation, et une notice d'avertissement à cet effet doit y être attachée, ou placée à côté.
- c) Seule une liaison entre les points étoiles interconnectés des sources et le PE doit être prévue. Cette liaison doit se situer dans le tableau principal de distribution.

**Figure 44.R8 – Schéma TT alimenté par plusieurs sources
avec points étoiles connectés à un seul et même point de terre**

444.4.7 Commutation de l'alimentation

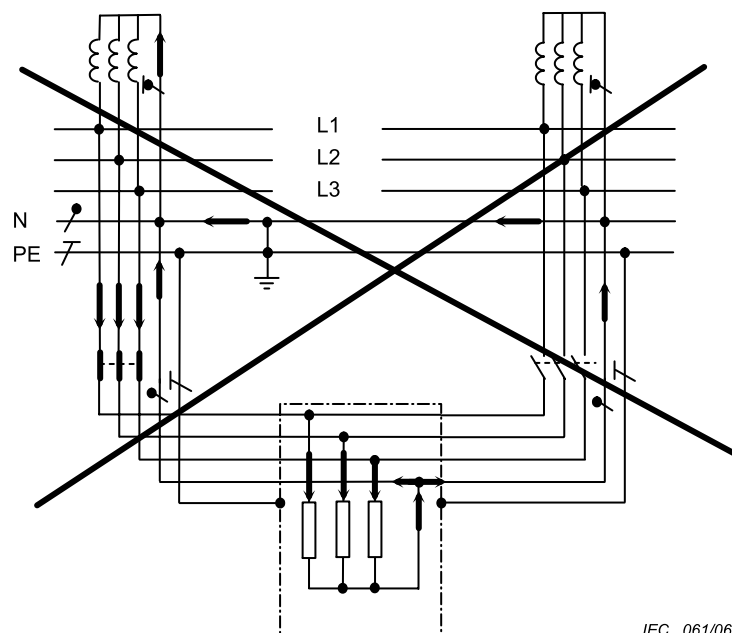
En schéma TN, la commutation de l'alimentation normale vers l'alimentation de secours doit être réalisée par un commutateur intéressant tous les conducteurs actifs (voir Figures 44.R9A, 44.R9B et 44R.9C).



IEC 060/06

NOTE Cette méthode évite les champs électromagnétiques dus à des courants vagabonds dans l'alimentation principale d'une installation. Il faut que la somme des courants dans un câble soit nulle. Cela assure l'écoulement du courant de neutre dans le seul conducteur neutre du circuit en fonction. L'harmonique 3 (150 Hz) des conducteurs de phase s'ajoutera au courant dans le neutre avec le même angle de phase.

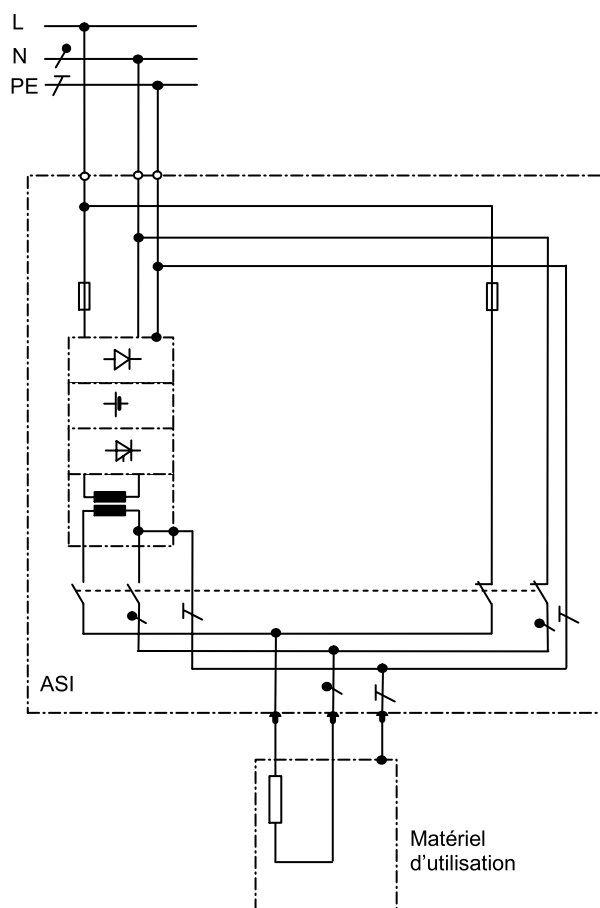
Figure 44.R9A – Alimentation triphasée avec commutateur à 4 pôles



IEC 061/06

NOTE Une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié entraînera un écoulement de courants de circulation non désirés générant un champ électromagnétique.

Figure 44.R9B – Ecoulement de courant dans le conducteur neutre dans une alimentation triphasée avec commutateur à 3 pôles non approprié



IEC 062/06

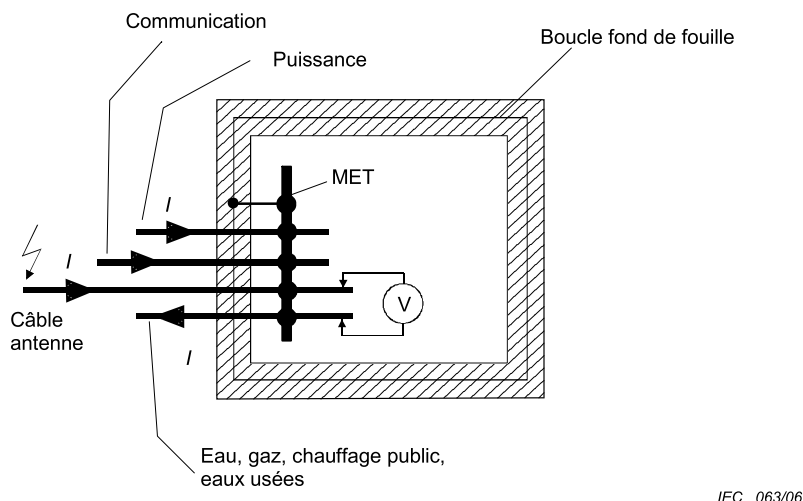
NOTE La mise à la terre du secondaire d'une ASI n'est pas obligatoire. Si elle n'est pas réalisée, l'alimentation par l'ASI est en schéma IT et, en mode by-pass, le schéma est le même que celui de l'alimentation.

Figure 44.R9C – Alimentation monophasée avec commutateur à 2 pôles

444.4.8 Pénétration des services dans un bâtiment

Il convient que les canalisations métalliques (eau, gaz, chauffage) et les câbles de puissance et de communication pénètrent de préférence en un même point d'un bâtiment. Les canalisations métalliques et les armures des câbles doivent être reliés à la borne principale de terre par des conducteurs de faible impédance (voir Figure 44.R10).

NOTE L'interconnexion n'est permise qu'avec le consentement des opérateurs des services extérieurs.



MET Borne principale de terre

I Courant inductif

NOTE Un point de pénétration commun est préféré, $U \cong 0 \text{ V}$.

Figure 44.R10 – Exemple de pénétration de câbles armés et de canalisations métalliques dans un bâtiment

Pour des raisons de CEM, il convient de réserver des parties d'installations électriques dans des vides fermés exclusivement pour les matériels électriques et électroniques (par exemple surveillance, commande, dispositifs de protection, de connexion, etc.) et l'accès doit être fourni pour leur maintenance.

444.4.9 Bâtiments séparés

Si des bâtiments différents ont des équipotentialités différentes, la transmission des signaux et données peut être réalisée par des fibres optiques sans métal ou par d'autres réseaux non conducteurs, par exemple transformateur de signaux micro-ondes pour l'isolement conforme à l'IEC 61558-2-1, à l'IEC 61558-2-4, à l'IEC 61558-2-6, à l'IEC 61558-2-15 et à l'IEC 60950-1.

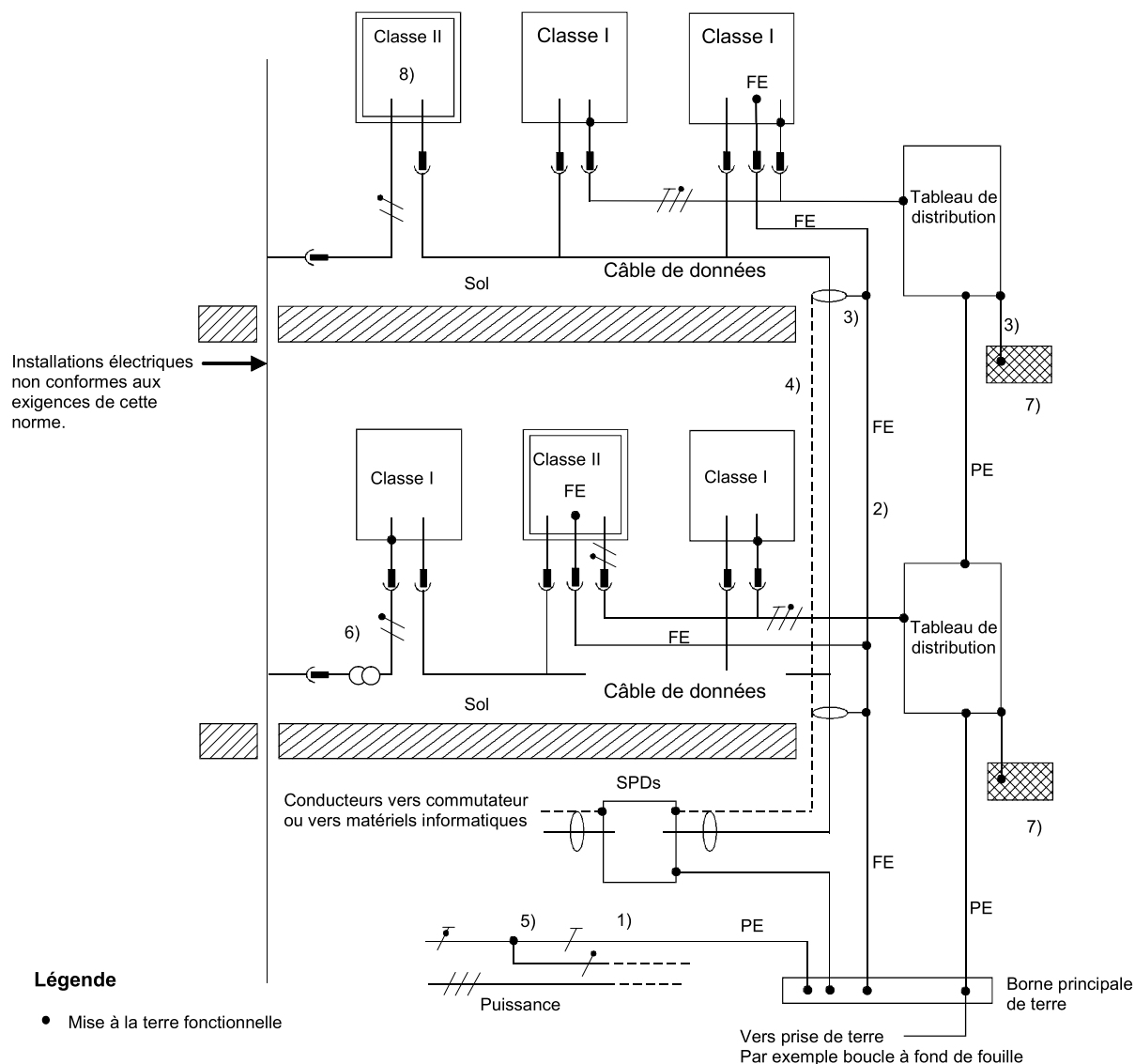
NOTE 1 Le problème des différences de tension sur de vastes réseaux de communication est de la responsabilité de l'opérateur, lequel peut utiliser d'autres méthodes.

NOTE 2 Dans le cas de systèmes non conducteurs de transmission des données, l'utilisation d'un conducteur d'accompagnement n'est pas nécessaire.

444.4.10 Installations dans les bâtiments

Dans les installations existantes, en cas de problèmes d'interférences électromagnétiques, les mesures suivantes peuvent améliorer la situation (voir Figure 44.R11):

- 1) utilisation de câbles à fibre optique non métalliques pour les circuits de transmission des signaux et des données, voir 444.4.9;
- 2) utilisation de matériels de Classe II;
- 3) utilisation de transformateurs à deux enroulements conformes à l'IEC 61558-2-1 ou à l'IEC 61558-2-4 ou à l'IEC 61558-2-6 ou à l'IEC 61558-2-15. L'enroulement secondaire est de préférence connecté à un schéma TN-S, mais un schéma IT peut être utilisé pour des applications particulières.



IEC 064/06

Référence	Description des mesures représentées	Article/norme
1)	Les câbles et conduits métalliques pénètrent dans le bâtiment au même endroit	444.4.8
2)	Cheminement commun des canalisations avec séparations adaptées et en évitant	444.4.2

	les boucles	
3)	Liaisons aussi courtes que possible et utilisation de conducteurs d'accompagnement	IEC 61000-2-5 444.4.2
4)	Câbles de communication blindés et/ou paires torsadées	444.4.12
5)	Eviter le schéma TN-C au-delà du point de livraison à l'entrée	444.4.3
6)	Utilisation de transformateurs à enroulements séparés	444.4.10
7)	Ceinturage d'équipotentialité	444.5.4
8)	Utilisation de matériels de classe II	444.4.10

Figure 44.R11 – Illustration des mesures dans un bâtiment existant

444.4.11 Dispositifs de protection

Il est recommandé que les dispositifs de protection avec des fonctionnalités appropriées pour empêcher des déclenchements indésirables dus à des courants transitoires élevés soient choisis, par exemple retard et filtres.

444.4.12 Câbles de communication

Il est recommandé d'utiliser des câbles écrantés et/ou des câbles à paires torsadées pour les circuits de communication.

444.5 Mise à la terre et liaisons équipotentielle

444.5.1 Interconnexion des prises de terre

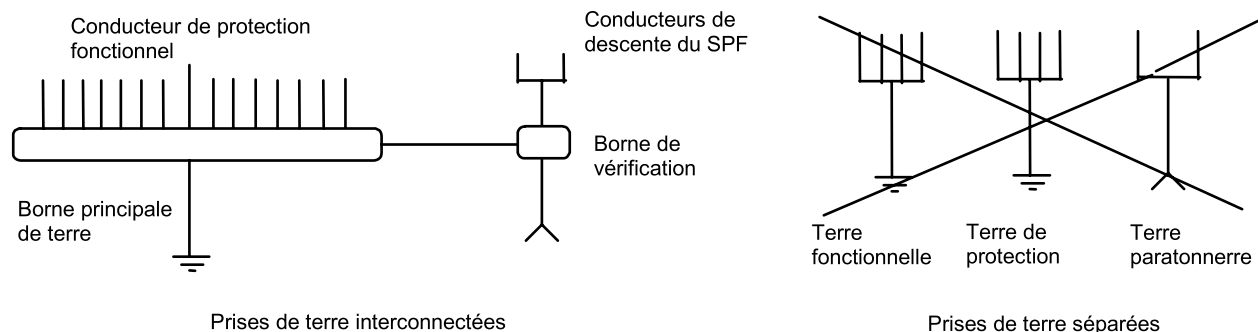
Pour plusieurs bâtiments, le concept de prises de terre dédiées, indépendantes, raccordées à un réseau de conducteurs d'équipotentialité peut être inadapté lorsque les équipements électroniques sont utilisés pour des échanges de communication et de données entre bâtiments pour les raisons suivantes:

- un couplage de fait existe entre ces différentes prises de terre et entraîne des remontées de potentiel non contrôlées sur les matériels;
- des matériels interconnectés peuvent avoir des références de terre différentes;
- des risques de choc électrique existent, notamment dans le cas de surtensions d'origine atmosphérique.

C'est pourquoi il convient que les conducteurs de protection et de protection fonctionnelle soient reliés à une seule borne principale de terre.

De plus, toutes les prises de terre d'un bâtiment (de protection, fonctionnelle et de paratonnerre) doivent être interconnectées (Figure 44.R12).

Dans le cas de plusieurs bâtiments, si l'interconnexion des prises de terre entre plusieurs bâtiments ne peut être réalisée, il est préconisé de réaliser une isolation galvanique sur les réseaux de communication, par exemple liaisons à fibre optique (voir aussi 444.4.10).



IEC 065/06

Figure 44.R12 – Prises de terre interconnectées

Les connexions des conducteurs de mise à la terre fonctionnelle et de protection sur la borne principale de terre doivent être réalisées individuellement de manière que si un conducteur vient à être séparé, la liaison de tous les autres conducteurs demeure assurée.

444.5.2 Interconnexion des réseaux entrants et mise à la terre

Les masses des matériels de traitement de l'information et des matériels électroniques à l'intérieur d'un bâtiment doivent être interconnectées par un conducteur de protection.

Pour les locaux d'habitation dans lesquels les matériels électroniques sont limités, un réseau de conducteurs de protection en étoile (voir Figure 44.R13) peut être suffisant.

Pour des bâtiments tertiaires et industriels ou similaires présentant de multiples applications électroniques, un réseau de terre commun constitué par les conducteurs d'équipotentialité et de protection est utile afin de satisfaire aux exigences CEM des divers matériels (voir Figure 44.R15).

444.5.3 Différentes structures du réseau des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre

Quatre structures de base décrites ci-après peuvent être utilisées en fonction de l'importance et de la vulnérabilité des matériels.

444.5.3.1 Conducteurs de protection reliés à un ceinturage d'équipotentialité

Un réseau équipotentiel commun est installé en ceinturage d'équipotentialité (voir Figure 44.R16) en haut de la structure. Il est de préférence en cuivre, nu ou isolé et est installé de manière à ce qu'il soit accessible sur toute sa longueur, par exemple en chemins de câbles ou en conduits métalliques (voir la série IEC 61386), en apparent ou en goulottes. Il peut recevoir tous les conducteurs de mise à la terre (de protection ou fonctionnelle).

444.5.3.2 Réseau de conducteurs de protection en étoile

Ce réseau est applicable aux petites installations (résidentielles, tertiaires, etc.) et d'une manière générale aux équipements qui ne communiquent pas entre eux (voir Figure 44.R13).

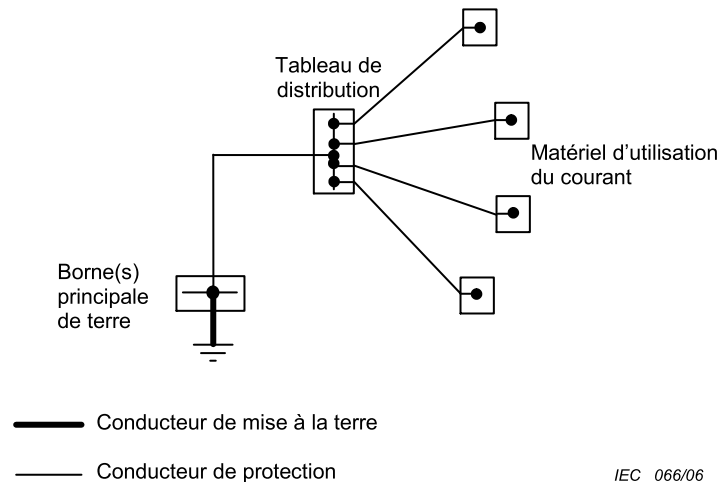


Figure 44.R13 – Exemples de conducteurs de protection en étoile

444.5.3.3 Réseau à mailles multiples en étoile

Ce réseau est applicable aux petites installations avec différents îlots de matériels interconnectés. Il permet notamment de disperser localement les courants parasites (voir Figure 44.R14).

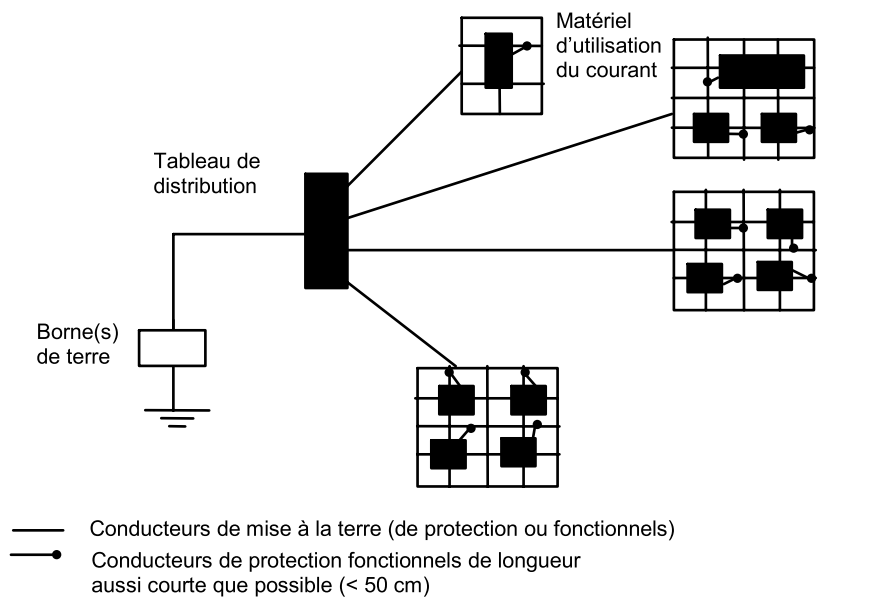


Figure 44.R14 – Exemple de réseau à mailles multiples en étoile

444.5.3.4 Réseau à maillage commun

Ce type de réseau est applicable aux installations avec une forte densité de matériels interconnectés correspondant à des utilisations critiques (voir Figure 44.R15).

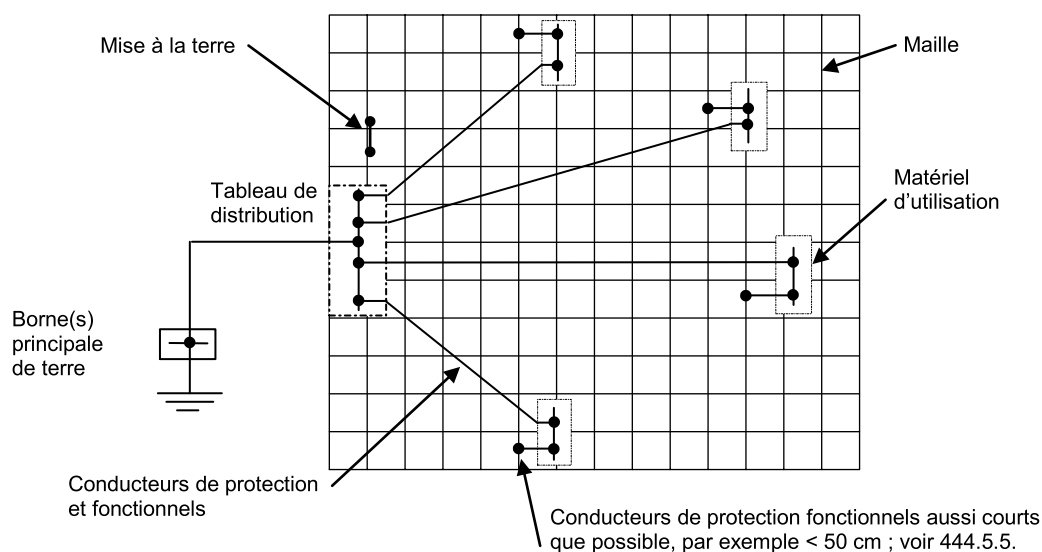
La réalisation du réseau de conducteurs d'équipotentialité maillé tire profit des structures métalliques existantes. Il est complété par des conducteurs pour constituer le maillage.

La dimension des mailles est fonction du niveau choisi de protection contre la foudre, du niveau d'immunité des matériels de l'installation et des fréquences utilisées dans les liaisons de transmission.

Les dimensions des mailles doivent être adaptées à celles de l'îlot à protéger mais ne doivent pas dépasser $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ dans les zones où des équipements sensibles aux perturbations électromagnétiques sont implantés.

Il convient en particulier à la protection des autocommutateurs privés et des systèmes informatiques centralisés.

Dans certains cas, certaines parties de ce réseau peuvent être maillées plus finement afin de tenir compte d'exigences spécifiques.



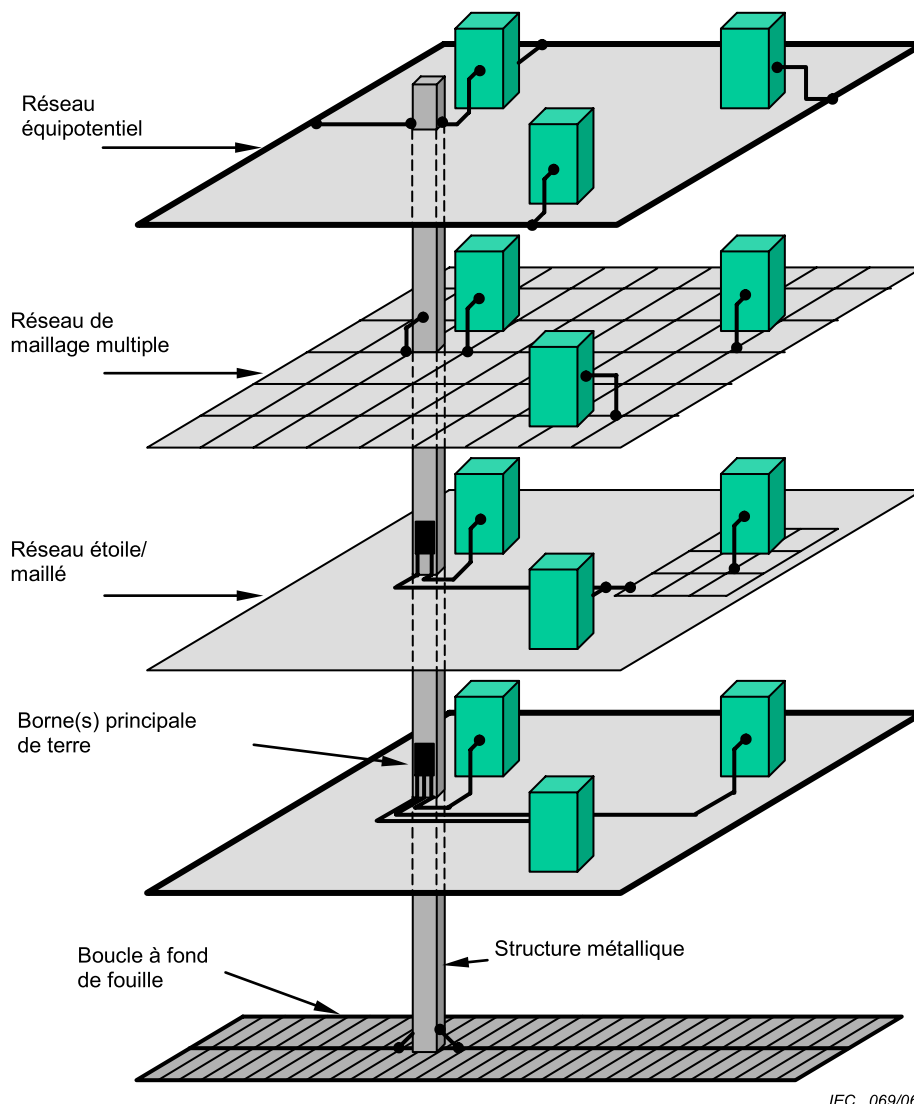
IEC 068/06

La zone recouverte par le maillage doit présenter des dimensions importantes; la taille de maille se réfère aux dimensions des surfaces carrées délimitées par les conducteurs formant la maille.

Figure 44.R15 – Exemple de réseau en étoile à maillage commun

444.5.4 Réseau de terre dans des bâtiments à plusieurs étages

Il est recommandé que les bâtiments à plusieurs étages comportent à chaque niveau un ceinturage d'équipotentialité; voir la Figure 44.R16 pour des exemples courants de ceinturages d'équipotentialité, chaque étage étant un type de réseau. Il convient que les réseaux équipotentiels des divers étages soient interconnectés par au moins deux conducteurs.



IEC 069/06

Figure 44.R16 – Exemple de réseau équipotentiel dans des structures sans systèmes de protection contre la foudre

444.5.5 Conducteurs d'équipotentialité fonctionnelle

Certains matériels électroniques nécessitent une tension de référence proche du potentiel de terre pour assurer leur fonctionnement correct; cette tension de référence est fournie par un conducteur de protection fonctionnelle.

Les conducteurs des liaisons équipotentielles fonctionnelles peuvent être des bandes métalliques, des tresses plates et des câbles de section circulaire.

Pour les matériels fonctionnant à hautes fréquences, les bandes métalliques ou les tresses plates sont préférables et les liaisons doivent être les plus courtes possibles.

Aucune couleur n'est imposée pour ces conducteurs de protection fonctionnelle. Toutefois, la double coloration Vert et Jaune ne doit pas être utilisée. Il est recommandé d'utiliser une couleur unique dans toute l'installation et de repérer ces conducteurs à chacune de leurs extrémités.

Pour les matériels fonctionnant à basse fréquence, les sections indiquées dans l'IEC 60364-5-54, 544.1.1 sont suffisantes, quelle que soit la forme des conducteurs; voir 444.4.2 b) et k).

444.5.6 Bâtiments tertiaires ou industriels avec une installation importante de matériels de traitement de l'information

Les mesures complémentaires ci-après visent à réduire l'influence des perturbations électromagnétiques sur le fonctionnement des matériels de traitement de l'information.

En cas d'environnement électromagnétique sévère, il est recommandé d'adopter le réseau maillé en étoile décrit en 444.5.3.3.

444.5.6.1 Dimensionnement et mise en œuvre du ceinturage d'équipotentialité

Le ceinturage d'équipotentialité est installé en boucle fermée et doit avoir les dimensions minimum suivantes:

- section en cuivre plat 30 mm × 2 mm;
- cuivre rond $\varnothing$ 8 mm.

Le ceinturage d'équipotentialité, s'il est nu, doit être protégé au niveau de ses supports et dans les traversées de cloison afin d'éviter la corrosion.

444.5.6.2 Connexions au ceinturage d'équipotentialité

Les conducteurs suivants sont aussi reliés au ceinturage d'équipotentialité:

- les écrans conducteurs, les gaines et armures conductrices des câbles de télécommunications ou de matériels de télécommunications;
- les conducteurs de mise à la terre des systèmes d'antennes;
- le conducteur de mise à la terre du pôle relié à la terre d'une alimentation en courant continu pour un matériel de traitement de l'information;
- les conducteurs de protection fonctionnelle.

444.5.7 Dispositions de mise à la terre et équipotentialités fonctionnelles des matériels de traitement de l'information pour des raisons fonctionnelles

444.5.7.1 Barre de terre

Si une barre de terre est exigée pour des raisons fonctionnelles, la borne principale de terre du bâtiment peut être étendue en utilisant une, de manière que les matériels de traitement de l'information y soient connectés par le chemin le plus court de tout point du bâtiment. Si la barre de terre est mise en œuvre pour un réseau équipotentiel étendu de matériels de traitement de l'information dans le bâtiment, il peut constituer un ceinturage de terre; voir Figure 44.R16.

NOTE 1 La barre de terre peut être nue ou isolée.

NOTE 2 La barre de terre est de préférence mise en œuvre de manière à ce qu'elle soit accessible sur toute sa longueur, par exemple sur un profilé. Afin d'empêcher toute corrosion, il peut être nécessaire de protéger les conducteurs nus au niveau des supports et des traversées de parois.

444.5.7.2 Section de la barre de terre

La fiabilité de la barre de terre dépend du cheminement et de l'impédance des conducteurs utilisés. Pour des installations dont le courant d'alimentation est au moins de 200 A par phase, un conducteur de section non inférieure à 50 mm² en cuivre doit être prévu et doit être dimensionné conformément à 444.4.2 k).

NOTE Cette règle est valable pour des fréquences jusqu'à 10 MHz.

Si le ceinturage de terre est utilisé comme conducteur de retour en courant continu, sa section doit être dimensionnée pour les courants prévus. La chute de tension maximale sur chaque barre de terre dédiée à un retour de courant continu doit être inférieure à 1 V.

444.6 Séparation des circuits

444.6.1 Généralités

Les câbles de communication et de puissance cheminant sur le même support doivent être mis en œuvre selon les exigences du présent article.

La vérification de la sécurité électrique conformément à l'IEC 60364-6-61 et/ou à 528.1 de l'IEC 60364-5-52 et la séparation électrique (voir l'Article 413 de l'IEC 60364-4-41 et/ou 444.7.2) sont exigées. La sécurité électrique et la CEM requièrent parfois des distances différentes. La sécurité électrique est toujours prioritaire.

Les masses des canalisations, par exemple gaines, fixations et barrières, doivent présenter une protection contre les défauts (voir l'Article 413 de l'IEC 60364-4-41).

444.6.2 Conception

Les distances minimales entre les câbles de puissance et de communication sont fonction de nombreux paramètres afin d'éviter les interférences telles que:

- a) le niveau d'immunité des matériels connectés au câblage de communication aux diverses perturbations électromagnétiques (transitoires, chocs de foudre, éclats, onde de boucle, onde continue, etc.),
- b) la mise à la terre des matériels,
- c) l'environnement électromagnétique local (apparition simultanée des perturbations, par exemple harmoniques et onde continue),
- d) le spectre électromagnétique,
- e) les longueurs de cheminement parallèle (zone de couplage),
- f) le type de câble,
- g) l'atténuation de couplage des câbles,
- h) la qualité des liaisons entre les connecteurs et les câbles,
- i) le type et la fixation des canalisations.

Pour les besoins de la présente norme, il est supposé que l'environnement électromagnétique présente des niveaux de perturbation inférieurs aux niveaux d'essais pour les perturbations conduites et rayonnées des IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 et IEC 61000-6-4.

Pour la cohabitation des réseaux de puissance et de communication, les règles suivantes s'appliquent; voir Figures 44.R17A et 44.R17B.

Si cette cohabitation est inférieure ou égale à 35 m, aucune séparation n'est requise.

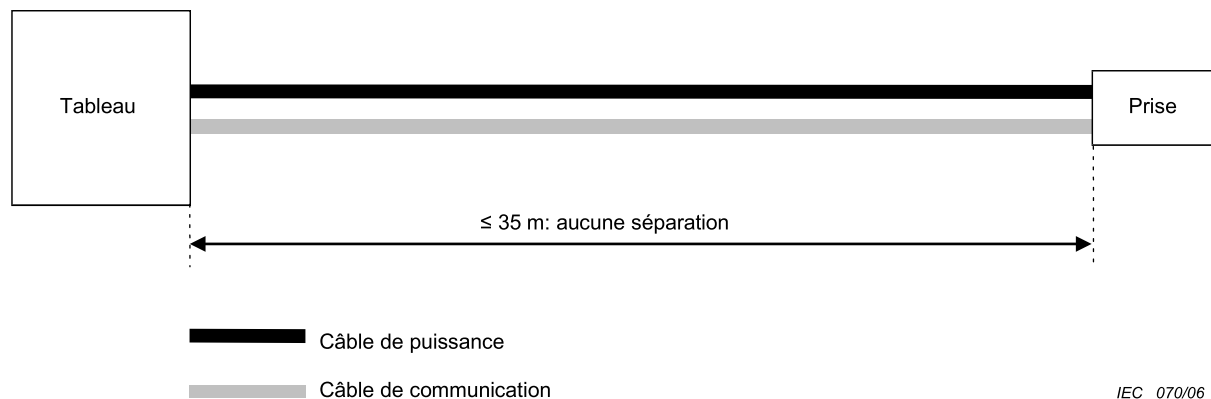


Figure 44.R17A – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles ≤ 35 m

Pour une cohabitation de câbles non écrantés supérieure à 35 m, il convient de maintenir une distance de séparation sur toute la longueur à l'exception des derniers 15 m aboutissant à la prise.

NOTE La séparation peut être mise en oeuvre par exemple par une distance de séparation de 30 mm dans l'air ou séparateur métallique entre les câbles: voir également la Figure 44.R18.

Pour une cohabitation de câbles écrantés supérieure à 35 m, les distances de séparation ne s'appliquent pas.

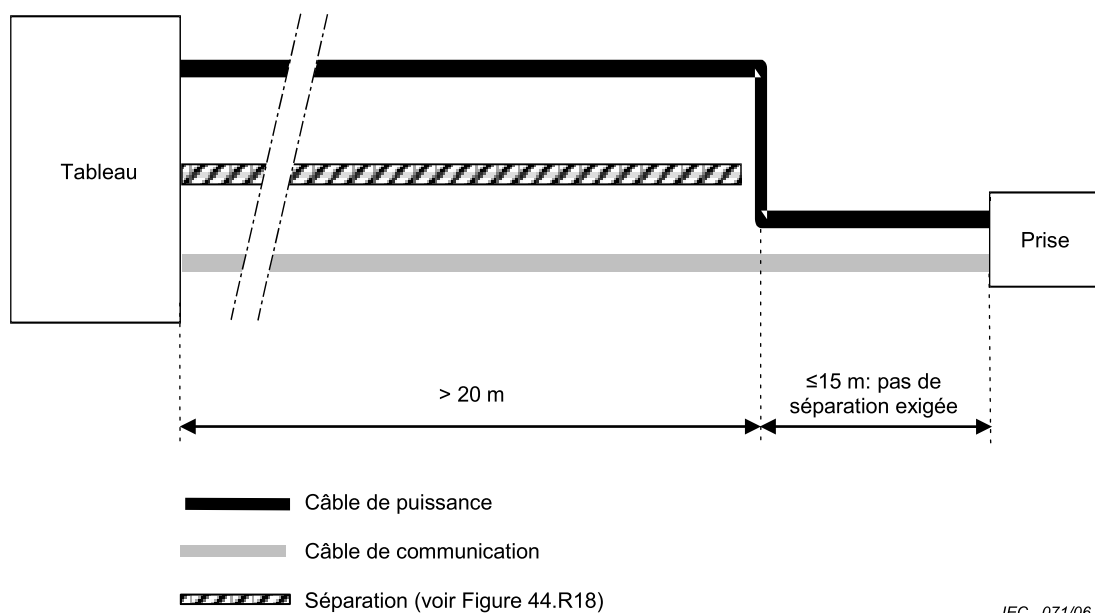


Figure 44.R17B – Distances de séparation entre circuits de puissance et de communication pour des longueurs de câbles > 35 m

444.6.3 Règles de mise en œuvre

La distance minimale entre les circuits de communication et les éclairages fluorescents, néon, vapeur de mercure (ou à décharge) doit être de 130 mm. Il convient de préférence de faire cheminer dans des compartiments différents les circuits de puissance et de communication. Il convient que les circuits de communication et les matériels électriques soient toujours séparés.

Il convient que ces croisements se fassent, autant que possible, à angle droit. Il est recommandé que les câbles de puissance et de communication ne soient pas dans le même groupement. Il convient que les groupements soient séparés électromagnétiquement; voir Figure 44.R18.

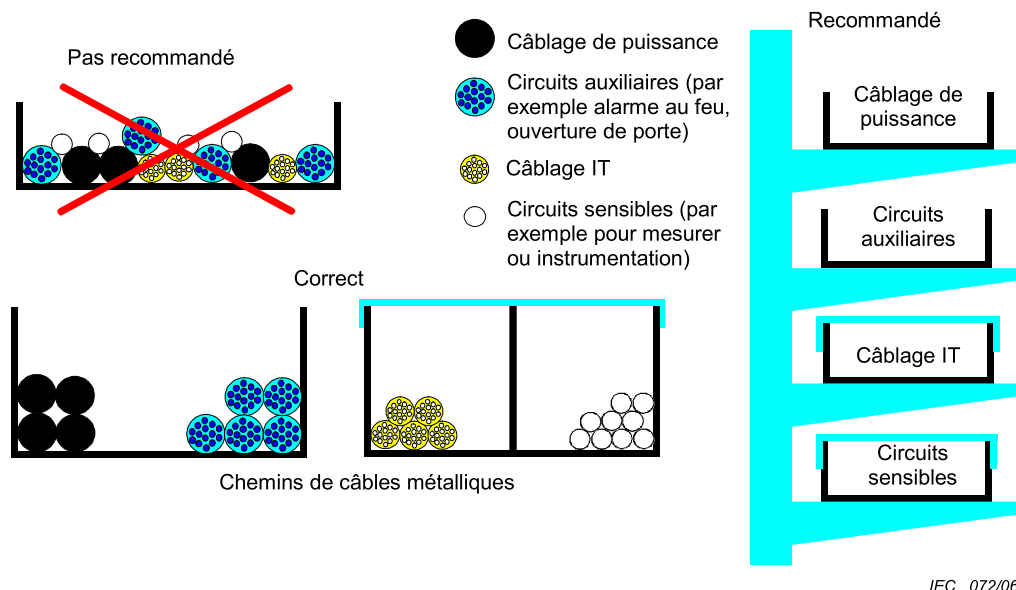


Figure 44.R18 – Séparation des câbles d'une canalisation

444.7 Mise en œuvre des canalisations

444.7.1 Généralités

Les canalisations sont métalliques ou non. Les systèmes métalliques présentent divers degrés de protection renforcée contre les influences électromagnétiques s'ils sont mis en œuvre conformément à 444.7.3.

444.7.2 Guide de conception

Le choix et la forme des matériaux dépendent des paramètres suivants:

- les valeurs des champs électromagnétiques le long du cheminement (proximité des sources de perturbations conduites et rayonnantes);
- le niveau permis des émissions conduites et rayonnantes;
- le type de câble (écrané, paire, fibre optique);
- l'immunité des matériels connectés au réseau de communication;
- les autres contraintes dues à l'environnement (chimiques, mécaniques, climatiques, incendie, etc.);
- toute extension future du réseau de communication.

Les canalisations non métalliques sont adaptées dans les cas suivants:

- environnement électromagnétique avec des niveaux de perturbation faibles en permanence;
- câblage avec faible niveau d'émission;
- câblage en fibre optique.

Pour les éléments métalliques, la forme (plan, en U, tubulaire, etc.) davantage que la section déterminera l'impédance caractéristique de la canalisation. Les formes enveloppantes sont les meilleures car elles réduisent le mode en couplage commun.

Il convient que l'espace disponible dans le chemin de câbles permette la mise en œuvre de câbles complémentaires. La hauteur des câbles doit être inférieure à celle des parois du chemin de câbles, comme indiqué à la Figure 44.R19. L'utilisation de recouvrements améliore la CEM.

Pour une forme en U, le champ magnétique diminue aux deux coins. Ainsi, des chemins de câbles profonds sont préférés; voir Figure 44.R19.

NOTE Il est recommandé que la profondeur du profil soit au moins égale à deux fois la section du câble le plus important.

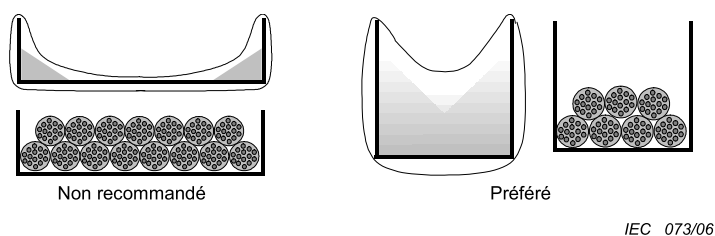


Figure 44.R19 – Disposition de câbles dans un chemin de câbles métallique

444.7.3 Règles d'installation

444.7.3.1 Canalisations métalliques ou composites prévues pour être utilisées à des fins de CEM

Une canalisation métallique ou composite prévue pour être utilisée à des fins de CEM doit être mise à la terre à ses deux extrémités. Pour de grandes longueurs, par exemple supérieures à 50 m, des connexions complémentaires sont recommandées. Toutes les liaisons doivent être aussi courtes que possible. Si une canalisation est constituée de divers éléments, il convient d'assurer la continuité du support par interconnexion adéquate entre ces éléments. Les éléments sont de préférence soudés sur tout leur périmètre. Des connexions par rivets, écrous ou vis sont permises si les surfaces en contact sont bonnes conductrices (pas de peinture ou de couche d'isolation) et protégées contre la corrosion, permettant ainsi un bon contact électrique entre les éléments.

Il convient que la forme de la canalisation métallique soit maintenue sur toute sa longueur. Les connexions doivent être de faible impédance. Une simple connexion courte entre deux éléments de la canalisation conduira à une impédance locale élevée et dégradera la CEM; voir Figure 44.R20.

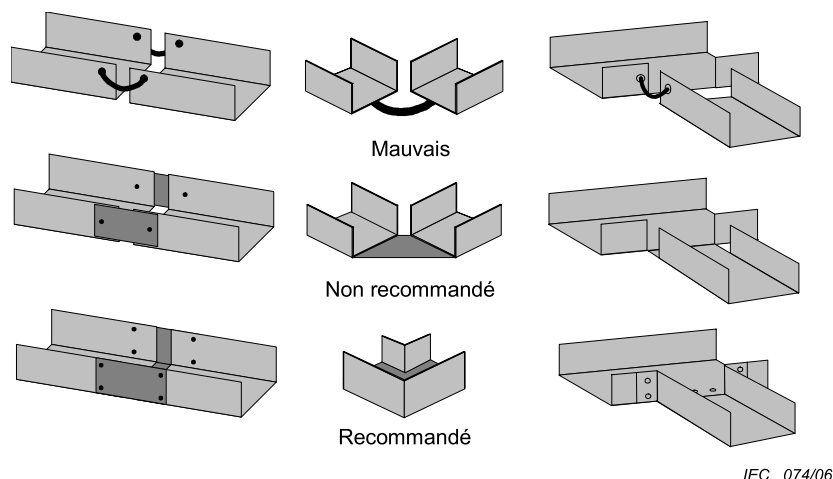


Figure 44.R20 – continuité de supports métalliques

A partir de fréquences de l'ordre de quelques MHz, une liaison de longueur de 10 cm entre deux éléments réalisée par une tresse dégrade l'effet d'écran d'un facteur de 10 au moins.

Si des ajustements ou des extensions sont réalisés, il est essentiel de vérifier qu'ils sont conformes aux recommandations de la CEM (par exemple en ne remplaçant pas une canalisation métallique par une canalisation plastique).

Les éléments métalliques de la construction peuvent contribuer aux objectifs de la CEM. Les poutres en acier en forme de L, H, U ou T offrent souvent une structure continue mise à la terre, contenant des sections importantes et des surfaces élevées avec de nombreux points intermédiaires de mise à la terre. Les câbles sont de préférence posés contre ces parties. L'intérieur des coins est préféré aux surfaces extérieures (voir Figure 44.R21).

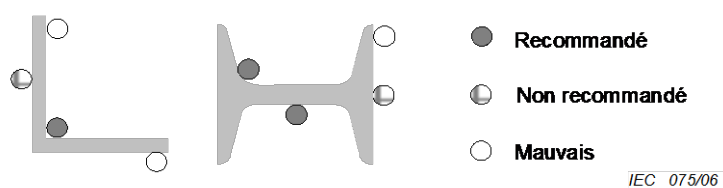


Figure 44.R21 – Emplacement des câbles dans des éléments de construction métallique

Les couvercles des chemins de câbles métalliques doivent répondre aux mêmes exigences que celles des chemins eux-mêmes. Un couvercle avec de nombreux contacts sur toute la longueur est préféré. Si cela n'est pas possible, il convient de relier le couvercle au chemin de câbles au moins aux deux extrémités par des liaisons courtes inférieures à 10 cm (par exemple tresses).

Si une canalisation métallique ou composite dédiée à des fins de CEM est interrompue lors d'une traversée de paroi (par exemple barrière anti-feu), les deux éléments métalliques doivent être interconnectés par des liaisons de faible impédance (par exemple mailles ou tresses).

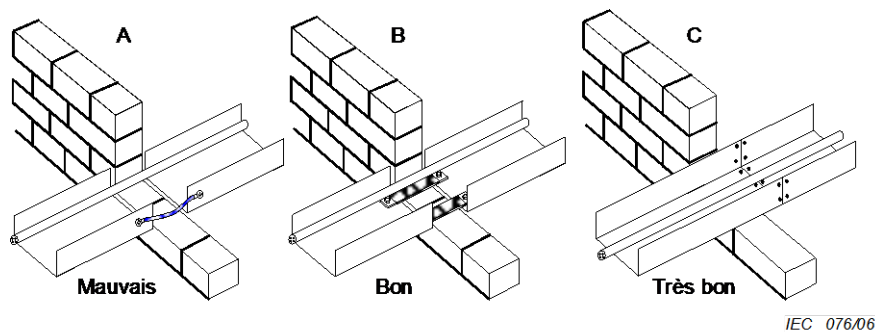


Figure 44.R22 – Interruption de sections métalliques

444.7.3.2 Canalisations non métalliques

Si les matériels sont connectés au réseau par des câbles non écrantés non affectés par les perturbations basse fréquence, pour améliorer la CEM des canalisations non métalliques il convient qu'un seul conducteur, comme un conducteur d'accompagnement équipotentiel, soit ajouté dans la canalisation. Les liaisons doivent être connectées de façon sûre à la mise à la terre des matériels à chaque extrémité (par exemple parois métalliques de l'enveloppe du matériel).

Le conducteur d'accompagnement équipotentiel doit être prévu pour résister à un mode commun élevé et à des courants de défaut.

445 Protection contre les baisses de tension

445.1 Exigences générales

445.1.1 Des précautions doivent être prises lorsque la disparition de la tension et son rétablissement peuvent entraîner des dangers pour les personnes et pour les biens. De même des précautions appropriées doivent être prises lorsqu'une partie de l'installation ou un matériel d'utilisation peut être endommagé par une baisse de tension.

Il n'est pas exigé de dispositif de protection contre les baisses de tension si les dommages subis par l'installation ou par le matériel constituent un risque acceptable sans causer de danger pour les personnes.

445.1.2 Les dispositifs de protection contre les baisses de tension peuvent être retardés si le fonctionnement de l'appareil qu'ils protègent admet sans danger une interruption ou une baisse de tension de courte durée.

445.1.3 S'il est fait usage de contacteurs, le retard à l'ouverture et à la fermeture ne doit pas empêcher la coupure instantanée par des dispositifs de commande ou de protection.

445.1.4 Les caractéristiques des dispositifs de protection contre les baisses de tension doivent être compatibles avec les exigences des normes de l'IEC relatives à la mise en service et à l'utilisation du matériel.

445.1.5 Lorsque la fermeture d'un dispositif de protection est susceptible de créer une situation dangereuse, la fermeture ne doit pas être automatique.

Annexe A (informative)

Exemples de niveau de risque calculé CRL pour l'utilisation de parafoudres

A.1 Exemple 1 – Bâtiment en environnement rural

Densité de foudrolement au sol $N_g = 1$

Facteur environnemental $f_{env} = 85$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= (2 \times 0,4) + (0,4 \times 0,6)$
 $= 1,04$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0,4;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0,6;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (1,04 \times 1) = 81,7$.

Dans ce cas, la protection par parafoudre doit être installée puisque le CRL est inférieur à 1 000.

A.2 Exemple 2 – Bâtiment en environnement rural alimenté en HT

Densité de foudrolement au sol $N_g = 0,4$

Facteur environnemental $f_{env} = 85$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= 0,2 \times 1$
 $= 0,2$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 1.

$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 85 / (0,2 \times 0,4) = 1\,062,5$.

Dans ce cas, la protection par parafoudre n'est pas obligatoire puisque le CRL est supérieur ou égal à 1 000.

A.3 Exemple 3 – Bâtiment en environnement urbain alimenté par des lignes aériennes

Densité de foudrolement au sol $N_g = 1$

Facteur environnemental $f_{env} = 850$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= 2 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6$

$$= 1,04$$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0,4;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0,6;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 0;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 1,04) = 817.$$

Dans ce cas, la protection par parafoudre doit être installée puisque le CRL est inférieur à 1 000.

A.4 Exemple 4 – Bâtiment en environnement urbain alimenté par des câbles souterrains

Densité de foudroisement au sol $N_g = 0,5$

Facteur environnemental $f_{env} = 850$

Longueur d'évaluation de risque $L_P = 2 L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4 L_{PAH} + 0,2 L_{PCH}$
 $= 1$

où

L_{PAL} est la longueur (km) de la ligne aérienne à basse tension = 0;

L_{PAH} est la longueur (km) de la ligne aérienne à haute tension = 0;

L_{PCL} est la longueur (km) du câble souterrain à basse tension = 1;

L_{PCH} est la longueur (km) du câble souterrain à haute tension = 0.

$$CRL = f_{env} / (L_P \times N_g) = 850 / (1 \times 0,5) = 1\,700.$$

Dans ce cas, le parafoudre n'est pas obligatoire puisque le CRL est supérieur ou égal à 1 000.

Annex B (informative)

Lignes directrices pour la maîtrise des surtensions par des parafoudres dans les lignes aériennes

Lorsqu'une installation est alimentée par, ou comprend, une ligne aérienne et qu'un parafoudre est exigé selon 443.4, la protection d'un niveau de surtension peut être obtenue soit par la mise en œuvre de dispositifs de protection contre les surtensions transitoires directement dans l'installation à proximité de l'origine de l'installation, soit, avec l'accord de l'opérateur du réseau, dans les lignes aériennes du réseau de distribution.

A titre d'exemple, les dispositions suivantes peuvent être appliquées:

- a) dans le cas de réseaux de distribution par lignes aériennes, la protection contre les surtensions est mise en œuvre aux points de raccordement au réseau et en particulier à l'extrémité de chaque ligne de longueur supérieure à 0,5 km. Il est recommandé que les dispositifs de protection contre les surtensions soient mis en œuvre tous les 0,5 km sur les lignes du réseau de distribution. Cependant, il est recommandé que la distance entre des dispositifs de protection contre les surtensions ne soit en aucun cas inférieure à 1 km;
- b) si le réseau de distribution est en partie aérien et en partie souterrain, il est recommandé que la protection contre les surtensions de la partie aérienne soit mise en œuvre conformément à a), à chaque point de jonction entre la ligne aérienne et le câble souterrain;
- c) dans un réseau de distribution en schéma TN alimentant des installations électriques, lorsque la protection par coupure automatique de l'alimentation est appliquée, les conducteurs de mise à la terre des dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux conducteurs de ligne sont reliés au conducteur PEN ou au conducteur PE;
- d) dans un réseau de distribution en schéma TT alimentant des installations électriques, lorsque la protection par coupure automatique de l'alimentation est appliquée, les dispositifs de protection contre les surtensions sont prévus pour les conducteurs de ligne et le conducteur neutre. A l'emplacement où le conducteur neutre du réseau est mis à la terre, un dispositif de protection contre les surtensions pour le conducteur neutre n'est pas nécessaire.

Annexe C (informative)

Liste des notes concernant certains pays

Pays	Article	Libellé
AT	443.1	En Autriche, la protection de toutes les installations électriques contre les surtensions par des parafoudres installés conformément à l'IEC 60364-5-53:2001, Article 534 et l'IEC 60364-5-53:2001/AMD2:2015 est obligatoire, quelles que soient les catégories de conséquences et quelle que soit la méthode d'évaluation du risque.
NO	443.1	En Norvège, chaque installation électrique doit être protégée par un parafoudre.
FI	443.4	En Finlande une protection contre les surtensions transitoires n'est pas obligatoire si l'installation est alimentée par un câble souterrain. Lorsque l'installation est alimentée par une ligne aérienne, une évaluation du risque doit être effectuée.
DE	443.4	En Allemagne, la déviation suivante doit être considérée: Le texte: "Dans tous les autres cas, une évaluation du risque selon 443.5 doit être menée afin de déterminer si la protection contre les surtensions transitoires est nécessaire. Si l'évaluation du risque n'est pas réalisée, l'installation électrique doit être équipée d'une protection contre les surtensions transitoires. Toutefois, la protection contre les surtensions transitoires n'est pas exigée pour un logement dans lequel la valeur économique totale de l'installation électrique à protéger est inférieure à 5 fois la valeur économique du parafoudre situé à l'origine de l'installation." Est remplacé par le texte suivant: "Une protection contre les surtensions doit être mise en œuvre lorsque des surtensions affectent les individus, par exemple dans les bâtiments résidentiels et dans les petits bureaux, si un matériel de catégorie de surtension I ou II est installé. Une protection contre les surtensions doit aussi être envisagée pour les bâtiments à risque d'incendie (classification BE2)."
DE	443.4	En Allemagne, lorsque des collectivités sont concernées, par exemple bâtiments résidentiels, églises, bureaux, établissements scolaires, la protection contre les surtensions doit être assurée.
ES	443.4	En Espagne, conformément au Décret Royal 1053/2014, article 6.4 du ITC-BT-52, tous les circuits destinés à alimenter en énergie les véhicules électriques doivent être protégés contre les surtensions transitoires.
IN	443.4	En Inde, d) pour les collectivités, par exemples grands bâtiments résidentiels, églises, bureaux, établissements scolaires, la protection contre les surtensions doit être assurée.
GB	443.4	Au Royaume-Uni, DANS TOUS LES AUTRES CAS, UNE EVALUATION DU RISQUE SELON 443.5 DOIT ETRE MENEES AFIN DE DETERMINER SI LA PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES EST NECESSAIRE. SI L'EVALUATION DU RISQUE N'EST PAS REALISEE, L'INSTALLATION ELECTRIQUE DOIT ETRE EQUIPEE D'UNE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES, SAUF POUR LES LOGEMENTS DANS LESQUELS LA VALEUR TOTALE DE L'INSTALLATION ET DES MATERIELS S'Y TROUVANT, NE JUSTIFIE PAS UNE TELLE PROTECTION. Le dernier alinéa de 443.4 n'est pas applicable au Royaume-Uni car il est considéré comme hors domaine étant donné qu'il implique du travail au-delà de 1 000 V.
IN	443.4	En Inde, Une protection contre les surtensions doit être mise en œuvre lorsque des surtensions affectent les individus, par exemple dans les bâtiments résidentiels et dans les petits bureaux, si l'évaluation du risque selon 443.5 exige la protection contre les surtensions d'origine atmosphérique. SI L'EVALUATION DU RISQUE N'EST PAS REALISEE, L'INSTALLATION ELECTRIQUE DOIT ETRE EQUIPEE D'UNE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS TRANSITOIRES D'ORIGINE ATMOSPHERIQUE, SAUF POUR LES LOGEMENTS DANS LESQUELS SE TROUVENT SEULEMENT DES MATERIELS DE CATEGORIE DE SURTENSION III OU IV.

DE	443.5	En Allemagne, l'article 443.5 ne s'applique pas.
GB	443.5	Au Royaume-Uni, la valeur du coefficient F doit être prise égale à 1 pour toutes les installations.
ES	443.5	En Espagne, la valeur du coefficient F doit être prise égale à 1 pour toutes les installations.
DE	Annexe A	En Allemagne, l'Annexe A ne s'applique pas.
DE	Annexe B	En Allemagne, le contenu de l'Annexe B est normatif.

Bibliographie

IEC 60050-195 :1998, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 195 : Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

IEC 60050-826, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 826 : Installations électriques*

IEC 60364-5-51:2005, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-51: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Règles communes*

IEC 61000-2 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Environnement*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-5 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 5: Guide d'installation et d'atténuation*

IEC 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques*

Série IEC 61386, *Systèmes de conduits pour installations électriques*

IEC 61662:1995, *Evaluation des risques de dommages liés à la foudre*
Amendement 1 (1996)

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

IEC 62020:1998, *Petit appareillage électrique – Contrôleurs d'isolement à courant différentiel résiduel (RCM) pour usages domestiques et analogues*

IEC 62305-2, *Protection contre la foudre – Partie 2: Evaluation des risques*

ETS 300 253:1995, *Mise en œuvre de matériels – Mises à la terre et liaisons équipotentielles des matériels de communication dans les centraux*

EN 50310, *Réalisation des liaisons équipotentielles et des prises de terre dans des bâtiments avec matériels de traitement de l'information*

EN 50288 (toutes les parties), *Câbles métalliques utilisés pour les circuits numériques de communication et de commande*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch