

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit –

Part 1: Protective provisions against electric shock

Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour –

Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembé
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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line 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 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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 la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. 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 au monde 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 les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

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.



IEC 62128-1

Edition 2.0 2013-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit –

Part 1: Protective provisions against electric shock

Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour –

Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XD

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1040-6

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.

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
3.1 Electrical safety and hazards.....	10
3.2 Earthing and equipotential bonding	13
3.3 Return circuit.....	14
3.4 Electric traction system	15
3.5 Contact line	17
3.6 Corrosion and corrosion protection.....	19
3.7 Current collection	19
3.8 Residual current devices	20
3.9 General terms	20
4 Contact line zone and current collector zone	21
4.1 Overhead contact line systems.....	21
4.2 Conductor rail systems	23
4.3 Trolleybus systems.....	23
5 Protective provisions against direct contact	24
5.1 General	24
5.2 Protection by clearance	25
5.2.1 Standing surface	25
5.2.2 Exceptions for working persons	27
5.2.3 Warning signs.....	27
5.2.4 Minimum height of overhead contact lines above roads	27
5.2.5 Feeders above loading roads.....	27
5.2.6 Clearance between live parts of overhead contact line systems and trees.....	28
5.3 Protection by protective obstacles	28
5.3.1 General	28
5.3.2 Obstacles for standing surfaces in public areas	29
5.3.3 Obstacles for standing surfaces in restricted areas.....	31
5.3.4 Protection degree for obstacles for low voltage.....	37
5.3.5 Anti-climbing provisions.....	37
5.4 Protective provisions allowing working under live conditions.....	37
5.4.1 General	37
5.4.2 Overhead contact lines for railways or tramways beneath structures	38
5.4.3 Overhead contact lines for trolley bus systems beneath structures	38
5.5 Specific protective provisions against electric shock in conductor rail systems.....	40
5.5.1 Location of conductor rail at platforms	40
5.5.2 Exceptions.....	40
5.5.3 Protection provisions in workshops.....	40
5.5.4 Protective boarding for conductor rails in restricted areas.....	40
5.5.5 Requirements for top contact conductor rails in public areas	41
5.5.6 Requirements for top contact conductor rails in restricted areas	41
5.6 Specific protective provisions against electric shock in systems in which the wheels of the vehicles are not used for return circuit	43

5.6.1	General	43
5.6.2	Railway systems	44
5.6.3	Trolleybus systems	44
6	Protective provisions against indirect contact	45
6.1	General	45
6.2	Protective provisions for exposed conductive parts within the contact line zone or the current collector zone	45
6.2.1	AC traction systems	45
6.2.2	DC traction systems	45
6.2.3	Exceptions for low voltage traction systems	46
6.2.4	Anchors of non-conductive masts	47
6.3	Protective provisions for wholly or partly conductive structures	47
6.3.1	Structures in the overhead contact line zone or the current collector zone	47
6.3.2	Parts in the vicinity of the railways	48
7	Protective provisions for low voltage non-traction power supplies	48
7.1	General	48
7.2	Related provisions	49
7.3	Protective provisions for electrical installations in the overhead contact line zone or the current collector zone	49
7.3.1	Exposed conductive parts	49
7.3.2	Equipment of protection Class II	50
7.4	Protective provisions for installations which are endangered by the traction power supply return circuit	50
7.4.1	Design of auxiliary power supply	50
7.4.2	Low voltage power supply by TT system	51
7.4.3	Low voltage power supply by TN system	51
7.4.4	Special provisions	52
8	Protective provisions where track systems, which are utilized for carrying traction return current, or/and contact line systems pass through hazardous zones	57
8.1	General	57
8.2	Equipotential bonding	58
8.3	Parallel pipework	58
8.4	Insulating joints	59
8.5	Surge arrester	59
8.6	Contact line of loading sidings	59
9	Limits for touch voltage and protective provisions against the danger of rail potential	60
9.1	General	60
9.1.1	Rail potential	60
9.1.2	Body voltage and touch voltage	60
9.1.3	Touch voltage at vehicles	60
9.1.4	Fault duration condition	61
9.1.5	Voltage limits and time duration aspects	61
9.2	Touch voltage limits in a.c. traction systems	61
9.2.1	General	61
9.2.2	AC voltage limits for the safety of persons	61
9.3	Touch voltage limits in d.c. traction systems	64
9.3.1	General	64
9.3.2	DC voltage limits for the safety of persons	65

9.4	Access control.....	67
10	Additional protective provisions	67
10.1	Traction substations and traction switching stations	67
10.2	Cables.....	67
10.2.1	General requirements	67
10.2.2	Cables in a.c. traction power supply systems.....	67
10.2.3	Cables in d.c. traction power supply systems.....	67
10.3	Return circuit connections and earthing conductors	68
10.3.1	General requirements	68
10.3.2	Continuity of the return circuit.....	68
10.3.3	Cross-bonding of the return circuit.....	68
10.3.4	Railway systems in which the traction current is confined within insulated conductors.....	69
10.4	Removing of decommissioned overhead contact lines	69
10.5	Means of achieving safe isolation between sections	69
10.5.1	Section insulators	69
10.5.2	Isolating gaps	69
10.6	Lightning protection.....	69
Annex A	(informative) Typical obstacles.....	70
Annex B	(normative) Warning sign.....	72
Annex C	(informative) Guiding values for rail potential gradient	73
Annex D	(informative) Effective touch voltage and body voltage with respect to the body current	75
Annex E	(normative) Measurement methods for effective touch voltages	81
Annex F	(normative) The use of voltage-limiting devices.....	82
Annex G	(normative) Special national conditions	84
Annex H	(normative) A-deviations.....	86
Annex I	(informative) Principles for the return circuit of a.c. railways.....	87
Bibliography		89
Figure 1	– Overhead contact line zone and current collector zone.....	23
Figure 2	– Overhead contact line zone and current collector zone for trolley bus systems	24
Figure 3	– Minimum clearances to accessible live parts on the outside of vehicles as well as to live parts of overhead contact line systems from standing surfaces accessible to persons for low voltages	26
Figure 4	– Minimum clearances to accessible live parts on the outside of vehicles as well as to live parts of overhead contact line systems from standing surfaces accessible to persons for high voltages.....	26
Figure 5	– Standing surfaces for persons providing access to live parts on the outside of vehicles and to overhead contact line systems.....	28
Figure 6	– Standing surfaces for persons providing access to live parts on the outside of vehicles and to conductor rail systems.....	29
Figure 7	– Examples of obstacles for standing surfaces in public areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system	30
Figure 8	– Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system for low voltages.....	33

Figure 9 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system for high voltages	34
Figure 10 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact when above live parts on the outside of vehicles or live parts of a contact line system for low voltage.....	36
Figure 11 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact when above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for high voltage	37
Figure 12 – Example of an insulated obstacle beneath a structure	38
Figure 13 – Example of an insulated obstacle beneath a structure for an unearthed trolley bus system	39
Figure 14 – Example of an insulated obstacle beneath a structure for a trolley bus system in which the negative contact wire is earthed or connected to the return circuit of a tramway system	40
Figure 15 – Public and private level crossings	41
Figure 16 – Trackside structures.....	42
Figure 17 – Signal-post with telephone	42
Figure 18 – Authorized trackside walking route	43
Figure 19 – Railway controlled crossing (depots, goods yard, station crossing).....	43
Figure 20 – TT system for a.c. railways.....	53
Figure 21 – TN system for a.c. railways	54
Figure 22 – TT system for d.c. railways.....	56
Figure 23 – TN system for d.c. railways	57
Figure 24 – Disposition of rail-to-rail cross-bonds and track-to-track cross-bonds (double-rail illustration) and connection of the contact line in case of the loading siding having a contact line	58
Figure 25 – Location of a surge arrester outside the overhead contact line zone of a loading siding if there is a possibility of flashovers of the insulating pieces through lightning strikes.....	59
Figure 26 – Design of return circuit, with regard to permissible effective touch voltage by checking the rail potential or the effective touch voltage.....	64
Figure A.1 – Examples of obstacles along the sides of standing surfaces in public areas for protection against direct contact when they are above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for low voltages (see 5.3.2.2)	70
Figure A.2 – Examples of obstacles along the sides of standing surfaces in public areas for protection against direct contact when they are above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for high voltages (see 5.3.2.2)	71
Figure B.1 – Warning sign.....	72
Figure C.1 – Guidance values for the rail potential gradient measured at the mast in a right angle to the track in an a.c. traction system	73
Figure D.1 – Equivalent circuit for the calculation of the permissible touch voltage	77
Figure G.1 – Overhead contact line zone at platforms, workshops and similar locations.....	85
Figure I.1 – Principle for limited touch voltage by earthing the return circuit (railway integrated earthing system).....	87
Figure I.2 – Principle for limited access.....	88

Table 1 – Maximum dimensions for small conductive parts	47
Table 2 – Kinds of auxiliary supplies	50
Table 3 – Maximum permissible body voltages $U_{b, \max}$ in a.c. traction systems as a function of time duration	61
Table 4 – Maximum permissible effective touch voltages $U_{te, \max}$ in a.c. traction systems as a function of time duration	62
Table 5 – Maximum permissible body voltages $U_{b, \max}$ in d.c. traction systems as a function of time duration	65
Table 6 – Maximum permissible effective touch voltages $U_{te, \max}$ in d.c. traction systems as a function of time duration	66
Table C.1 – Guidance values for the rail potential gradient (see Figure C.1)	74
Table D.1 – Body impedance Z_b and body current I_b	76
Table D.2 – Example of the maximum permissible prospective touch voltage for a.c. railways for short-term conditions and $R_a = 1\,150\,\Omega$	78
Table D.3 – Body currents, body voltages and touch voltages as function of time duration in a.c. traction systems.....	79
Table D.4 – Body currents, body voltages and touch voltages as function of time duration in d.c. traction systems.....	80

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –
ELECTRICAL SAFETY, EARTHING AND THE RETURN CIRCUIT –****Part 1: Protective provisions against electric shock****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.

International Standard IEC 62128-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 2003. It constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are a consequence of the revision of the related European Standard, EN 50122-1. Main changes are the restructuring of all clauses and changes in the touch voltages limits.

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

FDIS	Report on voting
9/1803/FDIS	9/1837/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62128 series, published under the general title *Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication 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.

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRICAL SAFETY, EARTHING AND THE RETURN CIRCUIT –

Part 1: Protective provisions against electric shock

1 Scope

This part of IEC 62128 specifies requirements for the protective provisions relating to electrical safety in fixed installations associated with a.c. and/or d.c. traction systems and to any installations that can be endangered by the traction power supply system.

It also applies to all aspects of fixed installations that are necessary to ensure electrical safety during maintenance work within electric traction systems.

This standard applies to all new lines and to all major revisions to existing lines for the following electric traction systems:

- a) railways;
- b) guided mass transport systems such as
 - 1) tramways,
 - 2) elevated and underground railways,
 - 3) mountain railways,
 - 4) trolleybus systems, and
 - 5) magnetically levitated systems, which use a contact line system,
- c) material transportation systems.

This standard does not apply to:

- d) mine traction systems in underground mines;
- e) cranes, transportable platforms and similar transportation equipment on rails, temporary structures (e.g. exhibition structures) in so far as these are not supplied directly or via transformers from the contact line system and are not endangered by the traction power supply system;
- f) suspended cable cars;
- g) funicular railways.

This standard does not specify working rules for maintenance.

2 Normative references

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

NOTE Normative references are made to IEC standards. For some references the IEC standards do not exist. In these cases, references are made to European Standards which are normative for Europe. For non-European countries these references are only informative and therefore listed in the bibliography.

IEC 60050-101, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 101: Mathematics*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

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

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*
Amendment 1:1999

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 60898-1:2002, *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation*

IEC 60913:2013, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*
Amendment 1:2004

IEC 61936-1:2010, *Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules*

IEC 61991:2000, *Railway applications – Rolling stock – Protective provisions relating to electrical hazards*

IEC 62128-2, *Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems*

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

IEC 62497-1:2010, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

IEC 62724: –, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Insulating synthetic rope assemblies for support of overhead contact lines*¹

ISO 3864-1:2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs and safety markings*

ISO 7010:2011, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1 Electrical safety and hazards

3.1.1

electrical safety

freedom from unacceptable risk of harm caused by electrical systems

¹ To be published.

3.1.2**electric shock**

pathophysiological effect resulting from an electric current passing through a human or animal body

[SOURCE: IEC 60050-604:1987, 604-04-16]

3.1.3**(effective) touch voltage** U_{te}

voltage between conductive parts when touched simultaneously by a person or an animal

Note 1 to entry: The value of the effective touch voltage can be appreciably influenced by the impedance of the person or the animal in electric contact with these conductive parts

Note 2 to entry: The conductive path through the body is conventionally from hand to both feet (horizontal distance of 1 m) or from hand to hand.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-11]

3.1.4**prospective touch voltage** U_{tp}

voltage between simultaneously accessible conductive parts when those conductive parts are not being touched by a person or an animal

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-05-09]

3.1.5**body voltage** U_b

product of the current through the body and the body impedance

3.1.6**standing surface**

any point on a surface where persons may stand or walk about without great effort

3.1.7**protective boarding**

non-conducting barrier to protect persons from coming into direct contact with the live conductor rail

3.1.8**(electrically) protective obstacle**

part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate action

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-16]

3.1.9**(electrically) protective barrier**

part providing protection against direct contact from any usual direction of access

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-15]

3.1.10**anti-trespassing guard**

equipment provided to deter entry to a restricted area, structure or building by an unauthorized person

3.1.11

conductive part

part which can carry electric current

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-06]

3.1.12

exposed conductive part

conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not normally live, but which can become live when basic insulation fails

Note 1 to entry: A conductive part of electrical equipment which can only become live through contact with an exposed conductive part which has become live is not considered to be an exposed conductive part itself.

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-21]

3.1.13

live part

conductor or conductive part intended to be energised in normal use. By convention this does not include the running rails and parts connected to them

3.1.14

direct contact

electric contact of persons or animals with live parts

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-03]

3.1.15

indirect contact

electric contact of persons or animals with exposed conductive parts which have become live under fault conditions

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-04]

3.1.16

neutral conductor

conductor electrically connected to the neutral point and capable of contributing to the distribution of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-14-07]

3.1.17

protective conductor

PE

conductor, required by some measures for protection against electric shock, for electrically connecting any of the following parts:

- exposed conductive parts;
- extraneous conductive parts;
- main earthing terminal;
- earth electrode;
- earthed point of the source or artificial neutral

3.1.18

PEN conductor

conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a neutral conductor

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-13-25]

3.1.19

solid-wall design

any kind of construction made of concrete, steel or other material without any holes or gaps

3.1.20

voltage-limiting device

VLD

protective device whose function is to prevent existence of an impermissible high touch voltage

3.2 Earthing and equipotential bonding

3.2.1

earth

conductive mass of the earth, whose electric potential at any point is conventionally taken as equal to zero

3.2.2

earthing

connection of conductive parts to an appropriate earth electrode

3.2.3

earth electrode

conductor or a group of conductors in intimate contact with and providing an electrical connection to earth

[SOURCE: IEC 60050-461:2008, 461-06-18]

3.2.4

structure earth

construction made of metallic parts or construction including interconnected metallic structural parts, which can be used as an earth electrode

Note 1 to entry: Examples are reinforced railway structures such as bridges, viaducts, tunnels, mast foundations and reinforced track bed.

3.2.5

rail to earth resistance

electrical resistance between the running rails and the earth or structure earth

3.2.6

equipotential bonding

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

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-13-19]

3.2.7

main equipotential busbar

MEB

busbar where the equipotential conductors terminate

3.2.8

cross bond

electrical connection intended to connect in parallel the conductors of the return circuit

3.2.9

rail-to-rail cross bond

electrical bond that interconnects the running rails of the same track

3.2.10

track-to-track cross bond

electrical bond that interconnects tracks

3.2.11

rail joint bond

conductor ensuring the electrical continuity of rails at a joint

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-35-07]

3.2.12

open connection

connection of conductive parts to the return circuit by a voltage-limiting device which makes a conductive connection either temporarily or permanently if the limited value of the voltage is exceeded

3.2.13

common building

building or structure which contains or supports an a.c. railway and a d.c. railway; furthermore where some conductive parts of the structure are within the contact line zone or the current collector zone of the a.c. railway and some conductive parts of the structure are within the contact line zone or the current collector zone of the d.c. railway

Note 1 to entry: Even the unintended connection of conductive parts of different structures form a common building, e.g. via reinforcement, wiring, pipes, etc.

3.3 Return circuit

3.3.1

return circuit

all conductors which form the intended path for the traction return current

EXAMPLE The conductors may be:

- running rails,
- return conductor rails,
- return conductors,
- return cables.

3.3.2

track return system

system in which the running rails of the track form a part of the return circuit for the traction current

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-35-02]

3.3.3

return conductor

conductor paralleling the track return system and connected to the running rails at periodic intervals

3.3.4

return conductor rail

return current rail

conductor rail used instead of the running rail for the return currents

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-34-10]

3.3.5

return cable

conductor connecting the running rails or other parts of the return circuit to the substation

Note 1 to entry: Similar to IEC 60050-811-35-04.

3.3.6

traction return current

sum of the currents returning to the supply source, the substation or regenerative braking vehicles

3.3.7

rail potential

U_{RE}

voltage occurring between running rails and earth

3.3.8

closed formation

area where the top of the running rails is at the same level as the surrounding surface

3.3.9

open formation

area where the running rails are laid above the surrounding surface

3.3.10

conductance per length

G'_{RE}

reciprocal value of the rail to earth resistance per length (S/km)

3.3.11

insulating rail joint

mechanical rail joint which longitudinally separates the rail electrically

3.3.12

track circuit

electrical circuit of which the rails of a track section form a part, with usually a source of current connected at one end and a detection device at the other end for detecting whether this track section is clear or occupied by a vehicle

Note 1 to entry: In a continuous signalling system, the track circuit may be used to transmit information between the ground and the train.

[SOURCE: IEC 60050-821:1998, 821-03-01]

3.3.13

top of rail level

TOR

common rail level tangent

3.4 Electric traction system

3.4.1

electric traction system

railway electrical distribution network used to provide energy for rolling stock

Note 1 to entry: The system includes

- contact line systems;

- return circuit of electric traction systems;
- running rails of non electric traction systems, which are in the vicinity of, and conductively connected to the running rails of an electric traction system;
- electrical installations, which are supplied from contact lines either directly or via a transformer;
- electrical installations in substations, which are utilized solely for distribution of power directly to the contact line;
- electrical installations of switching stations.

3.4.2

substation

traction substation

installation to supply a contact line system and at which the voltage of a primary supply system, and in certain cases the frequency, is transformed to the voltage and the frequency of the contact line

3.4.3

(traction) switching station

installation from which electrical energy can be distributed to different feeding sections or from which different feeding sections can be switched on and off or can be interconnected

3.4.4

feeding section

electrical section of the route fed by individual track feeder circuit-breakers within the area supplied by the substation

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.3.2]

3.4.5

fault condition

non-intended condition caused by short-circuit. The time duration is terminated by the correct function of the protection devices and circuit breakers

Note 1 to entry: For the relevant fault duration the correct operation of protection devices and circuit breakers is taken into account.

3.4.6

short-circuit

accidental or intentional conductive path between two or more conductive parts forcing the electric potential differences between these conductive parts to be equal to or close to zero

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-11]

3.4.7

high voltage

nominal voltage exceeding AC 1 000 V or DC 1 500 V

3.4.8

low voltage

nominal voltage up to and including AC 1 000 V or DC 1 500 V

3.4.9

zone of mutual interaction

zone for which a mutual interference between a.c. railway and d.c. railway shall be considered

3.4.10

expected prospective short-circuit current

short-circuit current in d.c. traction systems that is expected to be reached if the fault is not switched off

3.5 Contact line

3.5.1

contact line system

support network for supplying electrical energy from substations to electrically powered traction units, which covers overhead contact line systems and conductor rail systems; the electrical limits of the system are the feeding point and the contact point to the current collector

Note 1 to entry: The mechanical system includes:

- the contact line,
- structures and foundations,
- supports and any components supporting or registering the conductors,
- head and cross-spans,
- tensioning devices,
- along-track feeders, reinforcing feeders, and other lines like earth wires and return conductors as far as they are supported from contact line system structures,
- any other equipment necessary for operating the contact line,
- conductors connected permanently to the contact line for supply of other electrical equipment such as lights, signal operation,
- point control and point heating.

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.1]

3.5.2

contact line

conductor system for supplying traction units with electrical energy via current-collection equipment

Note 1 to entry: This includes all current-collecting conductors and conducting rails or bars, including the following:

- reinforcing feeders;
- cross-track feeders;
- disconnectors;
- section insulators;
- over-voltage protection devices;
- supports that are not insulated from the conductors;
- insulators connected to live parts;

but excluding other conductors, such as the following:

- along-track feeders;
- earth wires and return conductors.

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.2]

3.5.3

overhead contact line system

contact line system using an overhead contact line to supply current for use by traction units

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.3]

3.5.4

overhead contact line

contact line placed above (or beside) the upper limit of the vehicle gauge and supplying vehicles with electric energy through roof-mounted current collection equipment

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-02]

3.5.5

out of running overhead contact line

part of overhead contact line, not intended to be directly used for current collection, e.g. in order to reach a termination point on a mast or a structure

3.5.6

conductor rail system

contact line system using a conductor rail for current collection

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.5]

3.5.7

conductor rail

contact line made of a rigid metallic section or rail, mounted on insulators located near the running rails

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.7]

3.5.8

overhead conductor rail

rigid overhead contact line, of simple or composite section, mounted above or beside the upper limit of the vehicle gauge, supplying traction units with electrical energy via roof-mounted current collection equipment

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.1.6]

3.5.9

overhead contact line zone

OCLZ

zone whose limits are in general not exceeded by a broken overhead contact wire or catenary wire

3.5.10

current collector zone

CCZ

zone whose limits are in general not exceeded by an energised collector no longer in contact with the contact line or broken collector and its fragments

3.5.11

contact wire

electric conductor of an overhead contact line with which the current collectors make contact

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-15]

3.5.12

stagger

displacement of the contact wire away from the track centre line at successive supports, to avoid localised wear of the pantograph wearing strips

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-21, modified]

3.5.13

feeder

electrical conductor such as a cable or overhead line between the contact line and a substation or a switching station which is fed by a circuit breaker

3.5.14**reinforcing feeder**

overhead conductor mounted adjacent to the overhead contact line, and directly connected to it at frequent intervals, in order to increase the effective cross-sectional area of the overhead contact line

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.2.2]

3.5.15**section insulator**

sectioning point formed by insulators inserted in a continuous run of a contact line, with skids or similar devices to maintain continuous electrical contact with the collector

3.5.16**double insulation**

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-08]

3.6 Corrosion and corrosion protection**3.6.1****corrosion**

electrochemical reaction of a metal with its environment, resulting in its progressive degradation or destruction

Note 1 to entry: This standard deals with corrosion caused by stray currents.

3.6.2**leakage current**

current which, in the absence of a fault, flows to earth or to extraneous conductive parts in a circuit

3.6.3**stray current**

I_s

part of the current caused by a d.c.-traction system which follows paths other than the return circuit

3.6.4**cathodic protection**

electrochemical immunity produced by an appropriate cathodic polarization

[SOURCE: IEC 60050-111:1996, 111-15-40]

3.7 Current collection**3.7.1****current collection**

current transmission from contact line to a vehicle

3.7.2**current collector**

equipment fitted to the vehicle and intended to collect current from a contact wire or conductor rail

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-32-01]

3.7.3

pantograph

apparatus for collecting current from one or more contact wires, formed of a hinged device designed to allow vertical movement of the pantograph head

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-32-02]

3.7.4

shoegear

assembly of parts for collecting current from a conductor rail

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-32-19]

3.7.5

trolley

apparatus for collecting current from a contact wire by means of a grooved wheel or contact slipper mounted on a pole which is movable in any direction

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-32-08]

3.8 Residual current devices

3.8.1

residual current device

RCD

mechanical switching device designed to make, carry and break currents under normal service conditions and to cause the opening of the contacts when the residual current attains a given value under specified conditions

Note 1 to entry: A residual current device can be a combination of various separate elements designed to detect and evaluate the residual current and to make and break current.

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-05-02]

3.8.2

residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection

RCCB

residual current operated switching device not designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-05-03]

3.8.3

residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection

RCBO

residual current operated switching device designed to perform the functions of protection against overloads and/or short-circuits

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-05-04]

3.9 General terms

3.9.1

electrically instructed person

instructed person

person adequately advised or supervised by electrically skilled persons to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-02]

3.9.2

authorized trackside walking route

safe path alongside the track for use only by authorized persons

3.9.3

monitoring

activity, performed either manually or automatically, intended to observe the state of an item

Note 1 to entry: Automatic supervision may be performed internally or externally to the item.

[SOURCE: IEC 60050-191:1990, 191-07-26]

3.9.4

public area

area to which the public has unrestricted access

3.9.5

restricted area

area for which access is only permitted for authorized persons

4 Contact line zone and current collector zone

4.1 Overhead contact line systems

These zones are defined for protective provisions in accordance with 6.2 and 6.3 and are the zones whose limits are in general not exceeded by a broken overhead contact wire, catenary wire or an energised dewired or broken current collector and its fragments.

Structures and equipment can come in contact with a live broken overhead contact wire, catenary wire or live parts of a broken or dewired current collector and thereby become live. Figure 1 defines the zone inside which such contact is considered to be probable.

NOTE 1 The reason for the broken overhead contact wire, catenary wire and dewired current collector is a mechanical impact.

NOTE 2 A current collector which has become disconnected from the overhead contact line due to a mishap can nevertheless be alive if a train has multiple current collectors which are electrically connected or if the train is braking using a regenerative brake.

The parameters X , Y , Z in Figure 1 shall be defined by national regulations.

In lack of national regulations, the recommended values of X , Y and Z based on experience are: $X = 4$ m; $Y = 2$ m; $Z = 2$ m.

The stagger has been taken into consideration within the dimension of X .

If the current collector is a pantograph the width of the current collector zone Y is the result of:

- the half width of the pantograph $L_P/2$,
- the lateral movement of the pantograph S_1 ,
- the electrical clearance S_{el} in accordance with IEC 60913, and
- a safety distance S_2 for the broken or dewired pantograph.

$$Y = L_P/2 + S_1 + S_{el} + S_2$$

The height of the current collector zone Z depends on:

- the maximum height of the fully uplifted current collector $H_{\max}$ measured from the TOR,
- the electrical clearance S_{el} in accordance with IEC 60913,
- a safety distance in height S_3 for the broken pantograph.

$$Z = H_{\max} + S_{el} + S_3 - HP$$

The point HP is the position of the highest conductor of the overhead contact line under all operational conditions considered in the centre of the track. The limits of the overhead contact line zone below TOR are extended vertically downwards until the earth surface is reached.

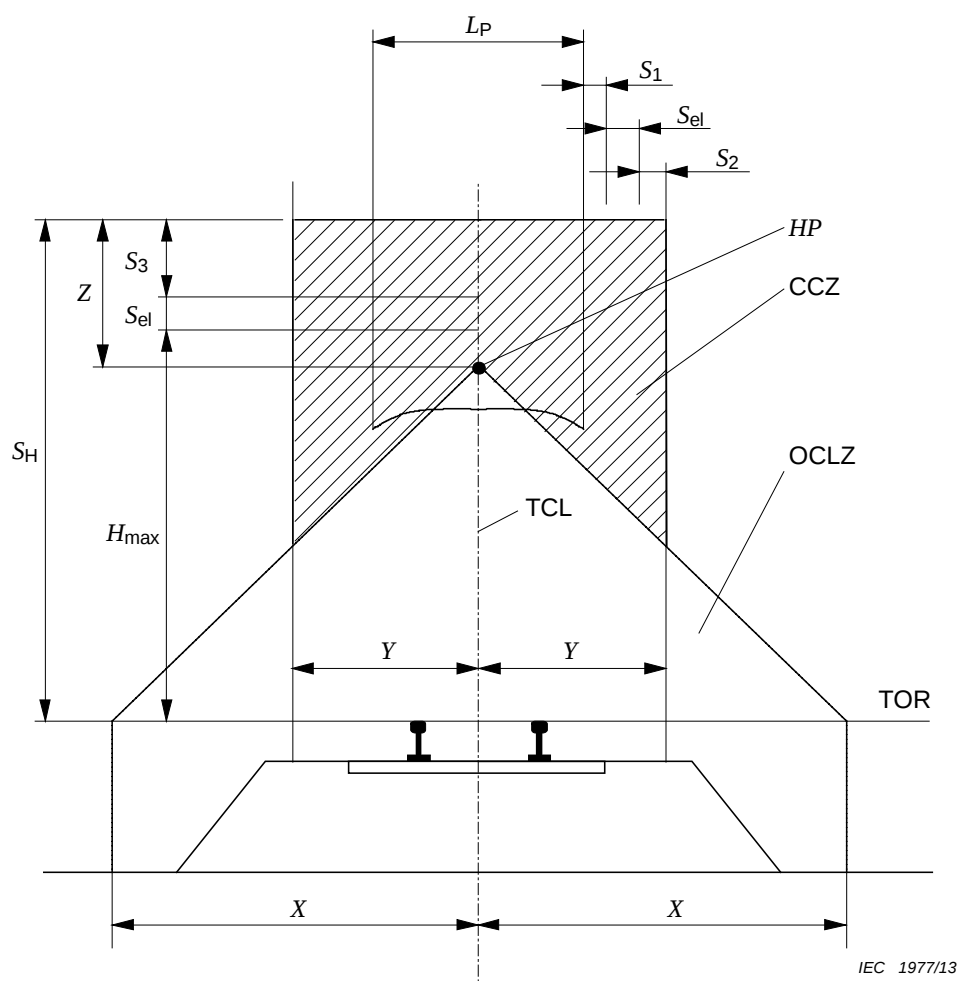
These limits need not be extended below the upper surface of the deck when the railway runs over a bridge.

In the case of out of running overhead contact lines the overhead contact line zone shall be extended accordingly.

NOTE 3 Attention is drawn to a tunnel lining at out of running overhead contact lines.

When it can be proved, that it is unlikely that an overhead conductor rail will break and endanger the neighbouring area, an overhead conductor rail zone in this context is not necessary, but a current collector zone is necessary. The lower limit of this zone shall be 3 m above TOR.

The current collector zone for trolleys shall be given in national regulations.



IEC 1977/13

Key

TOR top of rail

<i>HP</i>	highest point of the catenary wire or contact wire above TOR
<i>OCLZ</i>	overhead contact line zone
<i>CCZ</i>	current collector zone
<i>TCL</i>	track centre line
<i>X</i>	maximum unidirectional (half) horizontal OCLZ, top of rail level
<i>Y</i>	maximum unidirectional (half) horizontal CCZ
<i>Z</i>	difference between height of <i>HP</i> and S_H
S_1	width of lateral movement of the current collector
S_2	lateral safety distance for the broken or dewired current collector
S_3	vertical safety distance for the broken or dewired current collector
S_{el}	electrical clearance in accordance with IEC 60913
S_H	maximum height of current collector zone
L_P	current collector width (shape and height of current collector are only for illustration)
H_{max}	maximum height of the fully uplifted current collector

Figure 1 – Overhead contact line zone and current collector zone

4.2 Conductor rail systems

In the case of a conductor rail close to the running rails, a contact line zone is not required.

The risk of a broken conductor rail may be neglected.

For provisions against direct contact see 5.5. The limits of the current collector zone shall be stipulated according to each specific case by the infrastructure manager.

4.3 Trolleybus systems

This zone is defined for protective provisions in accordance with 5.6.3 and is the zone whose limits are in general not exceeded by one or both broken overhead contact wire or an energised dewired or broken trolley and its fragments.

Structures and equipment may accidentally come in contact with a live broken overhead contact wire or live parts of a broken or dewired trolley and thereby become live. Figure 2 defines the zone inside which such contact is considered to be probable.

The parameters X , Y , Z in Figure 2 shall be defined by national regulations.

A guiding value for the parameter X is given as 4 m, Y is given as 0,6 m and Z is given as 1 m.

In the case of trolleybuses, the trolley and the current collector head are guided by the contact wire: therefore the parameters L_P and S_1 are zero.

The width of the current collector zone Y is the result of:

- the electrical clearance S_{el} in accordance with IEC 60913, and
- a safety distance S_2 for the broken or dewired trolley.

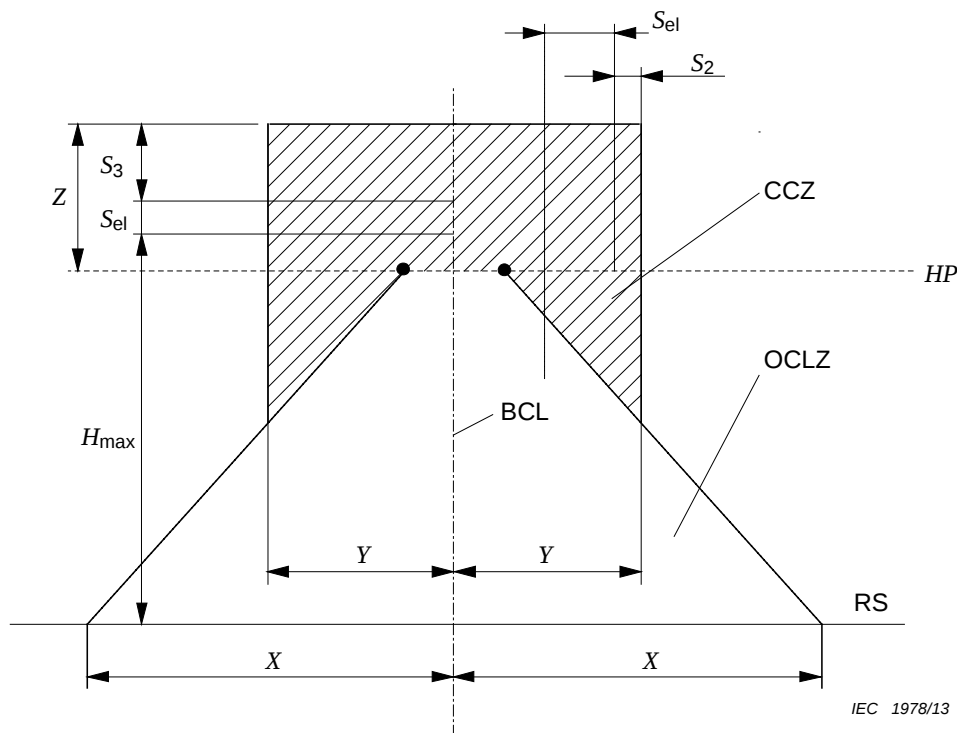
$$Y = S_{el} + S_2$$

The height of the current collector zone Z depends on:

- the maximum height of the fully uplifted trolley H_{max} measured from the road surface;
- the electrical clearance S_{el} in accordance with IEC 60913;
- a safety distance in height S_3 for the broken current collector.

$$Z = H_{\max} + S_{\text{el}} + S_3 - HP$$

The point *HP* is the position of the highest conductor of the overhead contact line under all operational conditions. The limits of the overhead contact line zone need not be extended beyond the upper surface of the deck when the trolleybus-line runs over a bridge.



Key

<i>HP</i>	highest point of the overhead contact line
<i>RS</i>	road surface
<i>OCLZ</i>	overhead contact line zone
<i>CCZ</i>	current collector zone
<i>BCL</i>	bifilar centre line
<i>X</i>	maximum unidirectional (half) horizontal <i>OCLZ</i> , top of road surface
<i>Y</i>	maximum unidirectional (half) horizontal <i>CCZ</i>
<i>Z</i>	difference between height of <i>HP</i> and <i>S_H</i>
<i>S₂</i>	lateral safety distance for the broken or dewired current collector
<i>S₃</i>	vertical safety distance for the broken or dewired current collector
<i>S_{el}</i>	electrical clearance in accordance with IEC 60913
<i>S_H</i>	maximum height of current collector zone
<i>H_{max}</i>	maximum height of the fully uplifted current collector

Figure 2 – Overhead contact line zone and current collector zone for trolley bus systems

5 Protective provisions against direct contact

5.1 General

According to IEC 60364-4-41 no protection against direct contact is required for circuits with nominal voltages up to and including AC 25 V or DC 60 V. This shall not apply, however, if the circuit concerned is connected to the traction return circuit.

In overhead contact line systems one of the following protective provisions shall be utilized for protection against direct contact:

- protection by clearance;
- protection by obstacles.

All insulators which are directly connected to a live part shall be regarded as a live part when considering clearance dimensions in this Standard. Exceptions are the parts of synthetic ropes which are further away from live parts than the creepage length according to IEC 62724 with a minimum of 1 m.

5.2 Protection by clearance

5.2.1 Standing surface

For standing surfaces accessible to persons, the clearance for touching in a straight line shown in Figure 3 and Figure 4 shall be provided against direct contact with live parts of an overhead contact line system as well as live parts on the outside of a vehicle (e.g. current collectors, roof conductors, resistors). This does not apply to conductor rail systems near the running rails (refer to 5.5).

The clearances given in Figure 3 and Figure 4 are minimum values which shall be maintained at all temperatures and in the full range of electrical and mechanical loads of the conductors. Due to national or regional existing practices, greater clearances or smaller mesh sizes may be prescribed by the relevant infrastructure manager.

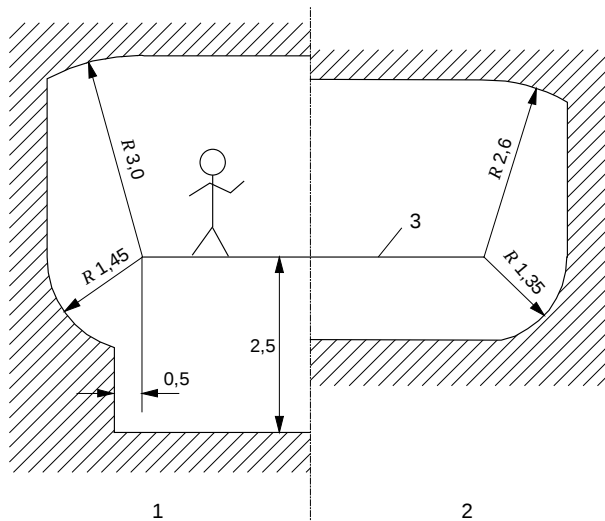
This protection is not mandatory if, although contact with live parts is possible, other provisions have been taken to ensure isolation from the supply.

NOTE 1 Touching in a straight line implies that live parts are accessible by a person from a standing surface without use of objects.

Figure 3 and Figure 4 assume that the standing surface does not afford protection against contact with live parts situated below or to the side thereof. Depending on its construction the surface may in practice meet the requirement respecting provision of obstacles. In this case the lower clearances applicable to obstacles may be applied.

NOTE 2 These clearances have been determined on the basis of the arms reach as defined in IEC 60364-4-41 to which a margin of safety was added. The margin of safety has been determined depending on the voltage of the contact line system, on experience and on whether the standing surface is in a restricted area or in a public area.

Dimensions in metres



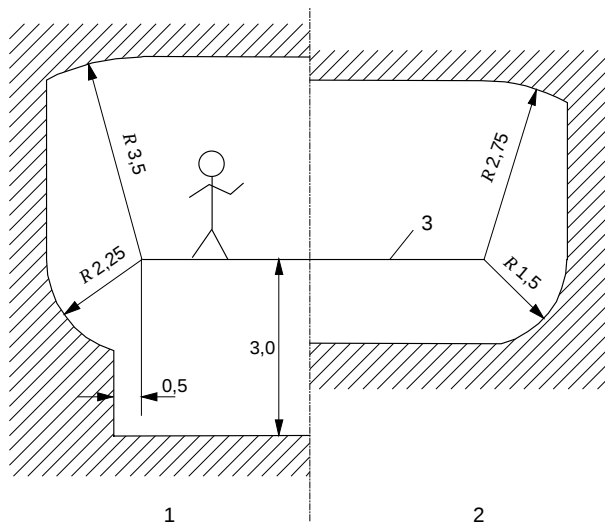
IEC 1979/13

Key

- 1 public areas
- 2 restricted areas
- 3 standing surface

Figure 3 – Minimum clearances to accessible live parts on the outside of vehicles as well as to live parts of overhead contact line systems from standing surfaces accessible to persons for low voltages

Dimensions in metres



IEC 1980/13

Key

- 1 public areas
- 2 restricted areas
- 3 standing surface

Figure 4 – Minimum clearances to accessible live parts on the outside of vehicles as well as to live parts of overhead contact line systems from standing surfaces accessible to persons for high voltages

5.2.2 Exceptions for working persons

The clearances to be observed for persons working near to energised contact line systems shall be defined in the operational specifications. If operational specifications do not exist, clearances shown in Figure 3 and Figure 4 or the clearances to obstacles according to 5.3 shall be used.

Standing surfaces or platforms utilized solely for the execution of work at or in the vicinity of the contact line system are not included.

EXAMPLE Examples are station platform roofs, working platforms and working planks at signal bridges, working platforms at signals, maintenance-ladders, work cages of hydraulic working platforms, working platforms of tower cars.

5.2.3 Warning signs

Warning signs shall be used in areas where there is a serious risk of persons coming within the limits of live parts of a contact line system given in 5.2.1. Such warning signs shall be placed in a prominent position and be readily visible adjacent to the point of access. The sign shall be in accordance with ISO 3864 (see Annex B) or national requirement. If required an appropriate supplementary sign may be used.

5.2.4 Minimum height of overhead contact lines above roads

Where a road carrying normal vehicular traffic crosses or coincides with a railway, tramway or trolleybus electrified by means of an overhead contact line and no road traffic restrictions are specified, unless otherwise fixed by national regulation, a minimum vertical clearance as stated below shall be provided between the road surface and the lowest point of the overhead contact line and associated feeders.

The minimum vertical clearance between the road surface and the overhead contact line shall be:

- for low voltages, 4,70 m;
- for high voltages, 5,50 m.

If the required minimum clearance cannot be provided and unless otherwise specified by national regulation, the maximum height of road vehicles permitted to pass under the overhead contact line shall be limited so as to guarantee the following minimum vertical clearances between the highest point of road vehicle (load included) and the live parts:

a) for low voltages:

- 1) 0,50 m, where only road traffic signs indicating the maximum permissible vehicle height are utilized,
- 2) 0,30 m, where additional fixed barriers (e.g. a rigid obstacle or a firmly fixed metallic wire made visible by means of a suspended warning sign) are erected on both sides of the crossing, physically limiting such vehicle height;

b) for high voltages:

- 1) 1,00 m, where only road traffic signs indicating the maximum permissible vehicle height are utilized,
- 2) 0,50 m, where additional fixed barriers (e.g. a rigid obstacle or a firmly fixed metallic wire made visible by means of a suspended warning sign) are erected on both sides of the crossing, physically limiting such vehicle height.

5.2.5 Feeders above loading roads

Feeders or line feeders in high voltage systems should not be situated above loading roads or loading sidings. When not avoidable, there shall be a minimum vertical distance of 12,00 m between surfaces of the loading platform (ramps) and feeders.

5.2.6 Clearance between live parts of overhead contact line systems and trees

For railways with high voltage, the distance between the live parts of the overhead contact line system and branches of trees or bushes shall be at least 2,50 m without consideration of wind or ice loading or at least 2,00 m with consideration of wind and ice loading.

National regulations may define bigger distances, e.g. 3,5 m or more due to different environmental conditions.

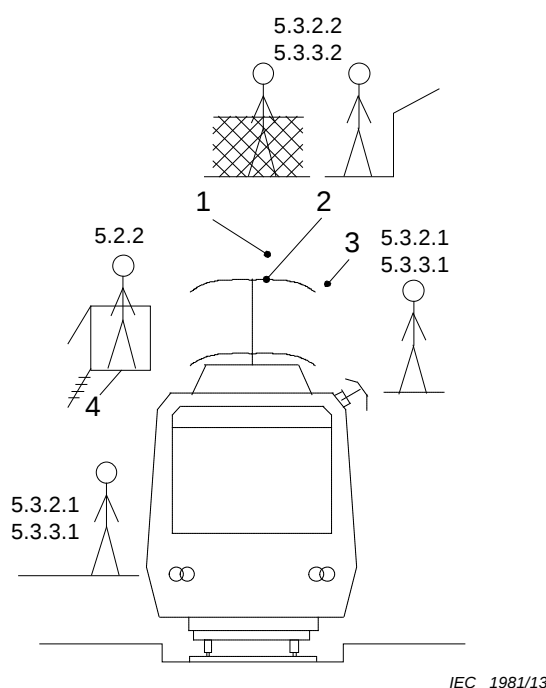
5.3 Protection by protective obstacles

5.3.1 General

If the clearances given in 5.2.1 to 5.2.5 cannot be maintained, obstacles shall be provided as protection against direct contact with live parts. The design of obstacles is dependent on the location of the standing surfaces shown in Figure 5 and Figure 6 relative to the live parts, on the nominal voltage, on the clearance between the obstacle and the live parts and on whether the standing surface is a restricted area or a public area.

The dimensions of the obstacles shall be such that live parts cannot be touched in a straight line by persons on a standing surface.

In case the obstacle is made of conductive material the requirements of 6.2 shall apply.

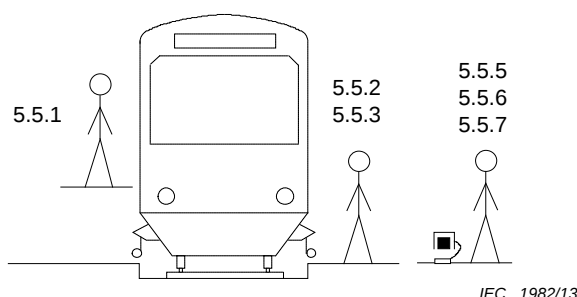


Key

- 1 catenary wire
- 2 contact wire
- 3 feeder
- 4 working platform

NOTE The numbers refer to the appropriate subclauses.

Figure 5 – Standing surfaces for persons providing access to live parts on the outside of vehicles and to overhead contact line systems



NOTE The numbers refer to the appropriate subclauses.

Figure 6 – Standing surfaces for persons providing access to live parts on the outside of vehicles and to conductor rail systems

Only obstacles of the following type may be provided:

- solid walls or solid wall doors;
- mesh constructions.

Inside the overhead contact line zone and current collector zone the following specifications shall be met by obstacles:

- a) non-conductive obstacles shall be of solid walls or solid wall doors
 - 1) for systems of high voltages, obstacles within 0,60 m of live parts shall provide earthed frame;
 - 2) the materials shall be selected so that they will not become conductive as a result of the likely effects of moisture, ultra-violet radiation, chemical attack and other environmental damage, nor of contact with live parts.
- b) mesh constructions of plastic coated metal shall not be utilized.

The obstacles shall be constructed to prevent non-intentional (accidental) contact of live parts with parts of the body. Obstacles shall be fixed mechanically and reliably. They shall only be removable with tools. Obstacles shall be secured to ensure that the distance to live parts is maintained.

Minimum clearances shall be maintained between obstacles and live parts. The electrical clearance shall correspond to the relevant clearance as given in IEC 60913 to which the following lengths shall be added:

- 0,03 m for solid walls or solid-wall doors, if buckling or warping cannot be excluded;
- 0,10 m for mesh constructions, where no other minimum clearance is given in 5.3.2.1 and 5.3.3.1.

5.3.2 Obstacles for standing surfaces in public areas

5.3.2.1 Obstacles for standing surfaces adjacent to live parts

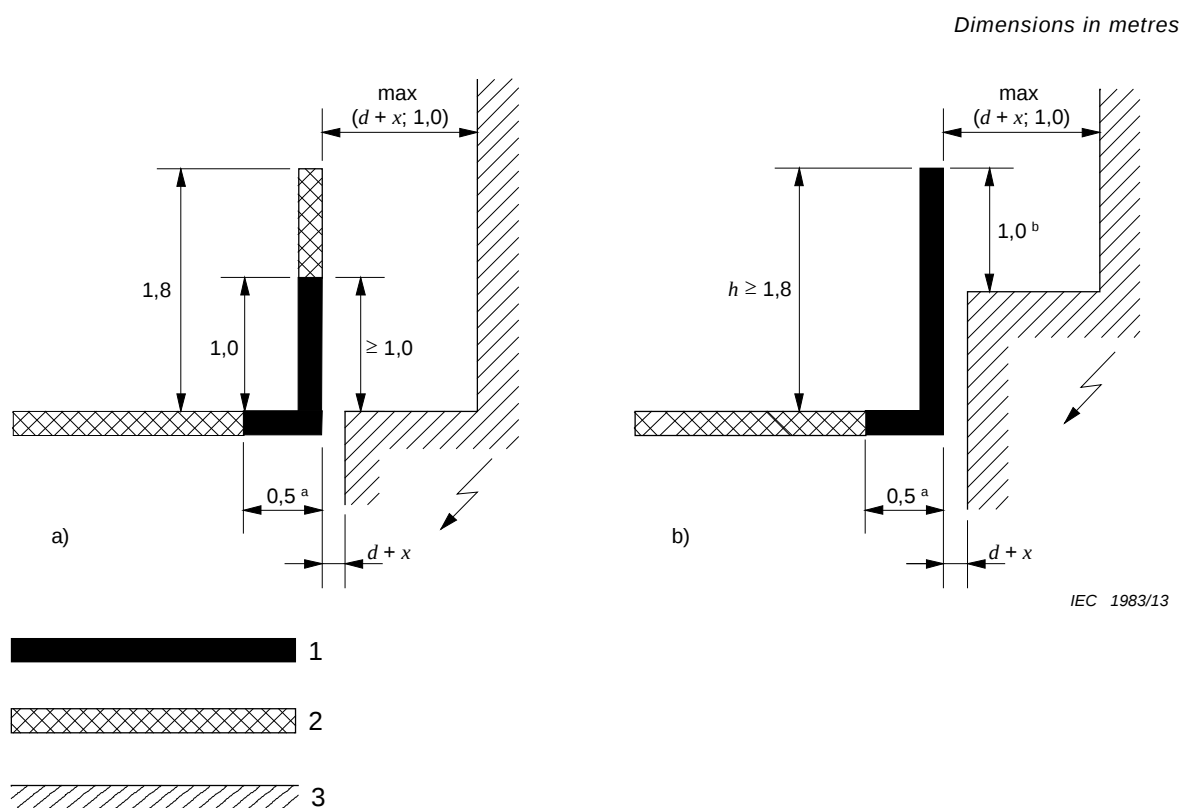
The clearances shown in Figure 3 and Figure 4 shall be provided for standing surfaces to adjacent live parts of the outside of the vehicles or live parts of contact line system. If these clearances are not achieved, then, obstacles shall be provided which shall comply with the following requirements.

If the clearance in height between the top of the obstacle and live parts is at least 1,00 m (see Figure 7 a)) the obstacle shall be of solid-wall design or IP2X according to IEC 60529 for low voltage 1,00 m high, surmounted by a mesh construction with a maximum 1 200 mm² mesh size to an overall height of at least 1,80 m. Such mesh shall be arranged so as to ensure that the obstacle remains unclimbable. If this clearance is not achieved, the obstacle shall be of solid-wall design (or IP2X for low voltage) 1,80 m high (see Figure 7 b)). The dimension *d*

between the obstacle and live parts, shown in Figure 7, shall be determined as described in 5.3.1.

The obstacle shall have no gap to the standing surface.

The top of such obstacles shall be designed so that it is difficult to stand or to walk on them.



Key

- 1 solid-wall design or, for low voltage, obstacle conforming to protection Class IP2X as defined in IEC 60529
 - 2 mesh screen with a maximum 1 200 mm² mesh size (can also be solid-wall design)
 - 3 limit to live parts
 - d is the clearance in air between the obstacle and live parts in accordance with 5.3.1
 - h height
 - x is an additional distance:
 - $x = 0$ for solid wall design
 - $x = 1,0$ for IP2X for low voltage
 - $x = 1,5$ for 1 200 mm² mesh size
 - ^a is based on the requirements given in 5.3.2.2.
 - ^b may be reduced by the same extent as the height h exceeds the value of 1,8.
- $\max(d+x; 1,0)$ means $(d+x)$, but at least 1,0.

Figure 7 – Examples of obstacles for standing surfaces in public areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system

5.3.2.2 Obstacles and standing surfaces above live parts

Standing surfaces above live parts on the outside of vehicles or above live parts of a contact line system shall be of solid-wall design.

The length of the solid-walled standing surface shall correspond to the current collector zone and extend beyond the live parts of a contact line system by at least 0,50 m on each side. In the case of a conductor not being used for current collection (e.g. line feeders, reinforcing feeders, out of running overhead contact lines) there shall be a width of at least 0,50 m on each side of the conductor, taking into account the maximum displacement of the conductor due to dynamic and thermal effects.

Along the sides of these standing surfaces, obstacles shall be provided in order to prevent any direct contact with live parts on the outsides of vehicles and to live parts of the contact line system even where, for example, a rod or liquid jet is utilized. These obstacles shall be provided over a length that corresponds at least to the mandatory length of the standing surface which is in solid-wall design. The obstacles can either be any construction corresponding to Class IP3X according to IEC 60529 or any other construction giving the same level of safety.

In case of horizontal obstacles extending beyond the vertical obstacle by at least:

- 0,50 m for low voltage,
- 1,50 m for high voltage,

then, in respect of the following:

- for low voltage a 1,45 m lateral clearance as shown in Figure 3,
- for high voltage a 2,25 m lateral clearance as shown in Figure 4,

it is acceptable to refer them to the top of the vertical obstacle, instead of referring them to the edge of the standing surface (see Figure A.1 a) for low voltage and Figure A.2 a) for high voltage). The height of the vertical obstacle shall be consequently increased whenever necessary, in order to achieve this clearance. The horizontal obstacle shall be designed so that it is difficult to stand or to walk on them.

To achieve this, the horizontal obstacle should be designed so that it is obviously not a standing surface, or it should be inclined upwards or downwards (see Figure A.1 a) for low voltage and Figure A.2 a) for high voltage).

Whenever this horizontal obstacle is not present, the vertical obstacle shall conform to the requirements of 5.3.2.1 (see Figure A.1 b) for low voltage and Figure A.2 b) for high voltage). The alternative solution (see Figure A.1 c) for low voltage and Figure A.2 c) for high voltage) is also acceptable.

The tops of such obstacles shall be designed so that it is difficult to stand or to walk on them.

Any vertical obstacle shall be of solid wall design, or Class IP2X for low voltage as defined in IEC 60529, and at least to a height of 1,00 m (see Figure A.1 for low voltage and Figure A.2 for high voltage), except in the case of the above said horizontal obstacle, where a railing is sufficient, if the clearances required by Figure 3 and Figure 4 are present.

In addition to the requirements for electrical safety there may be additional requirements for obstacles to provide for security according to national regulations.

5.3.3 Obstacles for standing surfaces in restricted areas

5.3.3.1 Obstacles for standing surfaces adjacent to live parts

With standing surfaces adjacent to live parts on the outside of vehicles or adjacent to live parts of a contact line system, obstacles of mesh screens construction with a maximum 1 200 mm² mesh size and having a height h of at least 1,80 m may be used where the live parts are situated above the standing surface (see Figure 8 a) for low voltage and Figure 9 a) for high voltage).

If the live parts are situated at the same height or lower than the standing surface, the height h of the obstacle shall be such that a clearance of:

- for low voltage 1,35 m,
- for high voltage 1,50 m,

from the top of the obstacle is maintained as shown in Figure 3 (see Figure 8 b) for low voltage) and Figure 4 (see Figure 9 b) for high voltage).

The clearance between the obstacle and the live parts shall be at least:

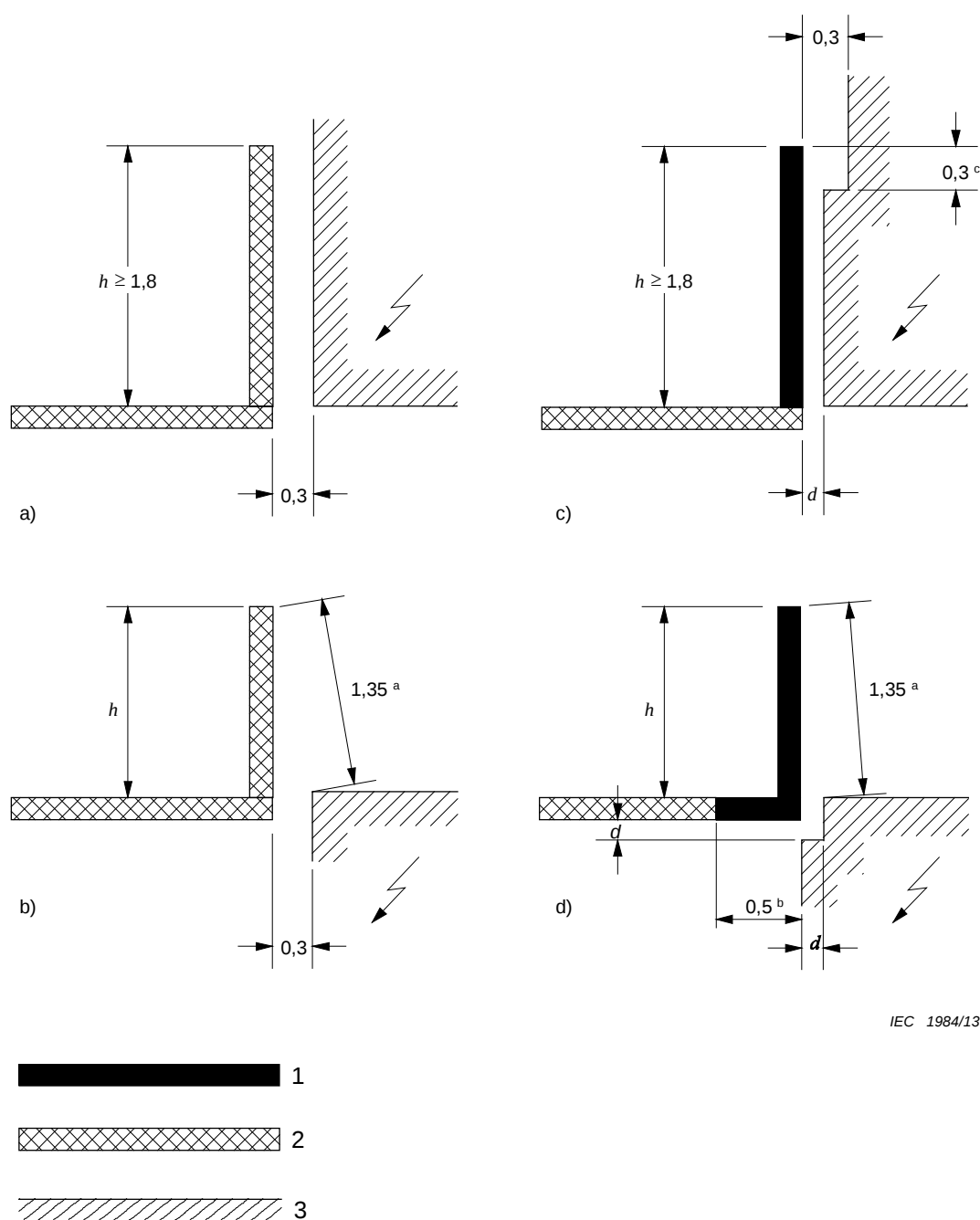
- for low voltage 0,30 m,
- for high voltage 0,60 m.

If this clearance is not maintained, the obstacles shall be designed in accordance with 5.3.4 for low voltage or be of solid-wall design and leave no gap between the obstacle and the standing surface (see Figure 8 c) and Figure 8 d) for low voltage and Figure 9 c) and Figure 9 d) for high voltage). The dimension d between the obstacle and live parts, shown in:

- for low voltage in Figure 8, and
- for high voltage in Figure 9,

shall be determined as described in 5.3.1.

Dimensions in metres are minimum dimensions



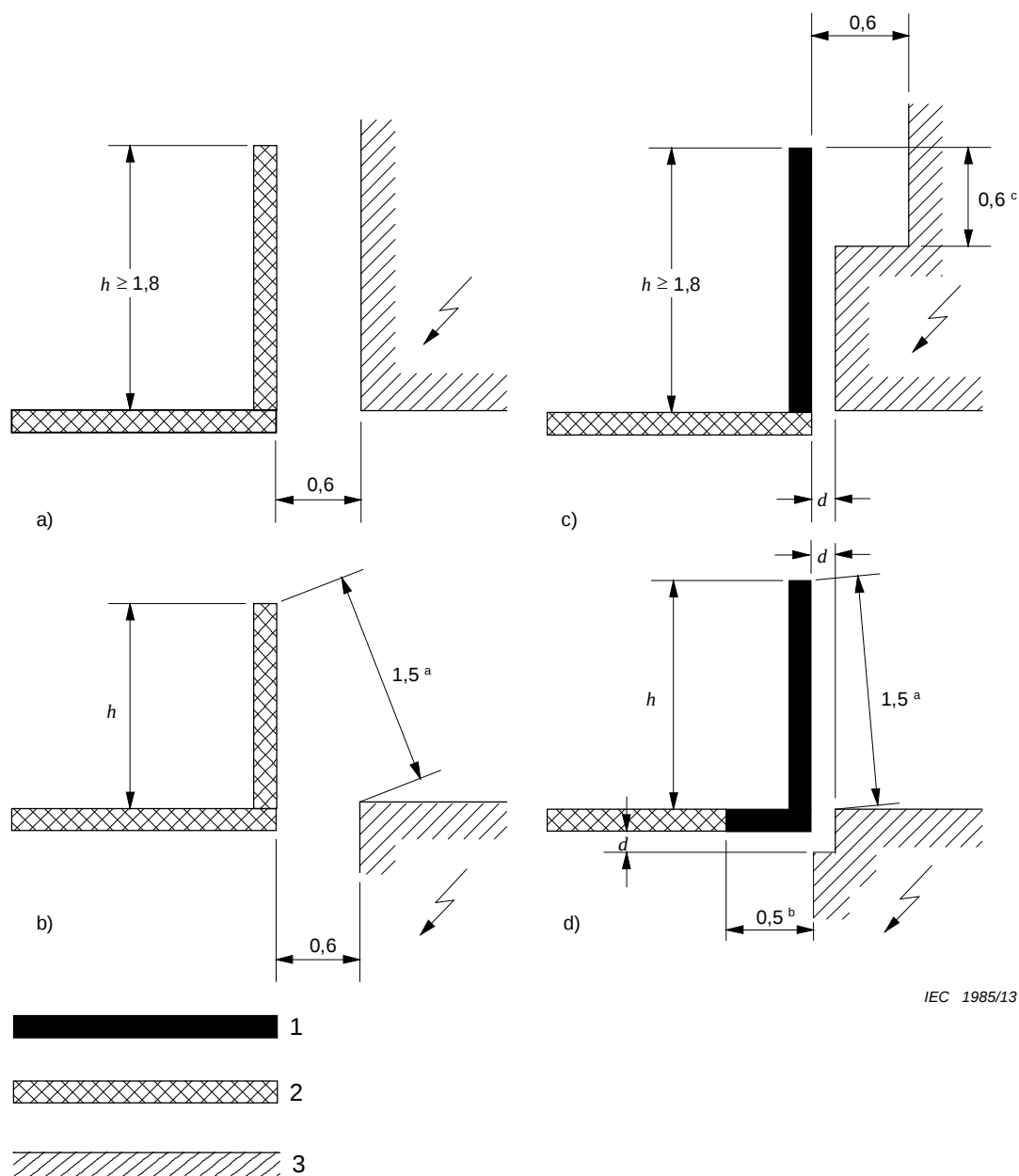
IEC 1984/13

Key

- 1 solid-wall design or obstacle confirming to protection Class IP2X as defined in IEC 60529
- 2 mesh screen with a maximum 1 200 mm² mesh size (can also be solid-wall design)
- 3 limit to live parts
- d is the clearance in air between the obstacle and live parts in accordance with 5.3.1
- h height
- ^a is derived from Figure 3
- ^b is based on the requirements given in 5.3.3.2
- ^c may be reduced by the same extent as the height h exceeds the value of 1,8 m

Figure 8 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system for low voltages

Dimensions in metres are minimum dimensions



Key

- 1 solid-wall design or obstacle
- 2 mesh screen with a maximum 1 200 mm² mesh size (can also be solid-wall design)
- 3 limit to live parts
- d is the clearance in air between the obstacle and live parts in accordance with 5.3.1
- h height
- ^a is derived from Figure 4
- ^b is based on the requirements given in 5.3.3.2
- ^c may be reduced by the same extent as the height h exceeds the value of 1,80 m

Figure 9 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact with adjacent live parts on the outside of vehicles or adjacent live parts of a contact line system for high voltages

5.3.3.2 Obstacles for standing surfaces above live parts

For standing surfaces above live parts on the outside of vehicles or above live parts of a contact line system, the obstacles shall be designed according to 5.3.4 for low voltage or shall be solid-wall design (see Figure 10 a) and Figure 11). If the clearance between the obstacles and the live parts is at least 0,60 m for low voltage, walkways which include a mesh construction with a maximum 1 200 mm² mesh size, may be provided as obstacles (see Figure 10 b)).

The length of the solid-walled or mesh construction standing surface shall correspond to the current collector zone and extend beyond the live parts of a contact line system by at least 0,50 m on each side. In the case of conductors not being used for current collection (e.g. line feeders, reinforcing feeders, out of running overhead contact lines) there shall be a width of at least 0,50 m on each side of the conductor, taking into account the maximum displacement of the conductor due to dynamic and thermal effects.

Obstacles of mesh screen construction with a maximum 1 200 mm² mesh size shall be at least provided at the sides of such standing surfaces. The height h of the obstacles shall be such that a clearance of:

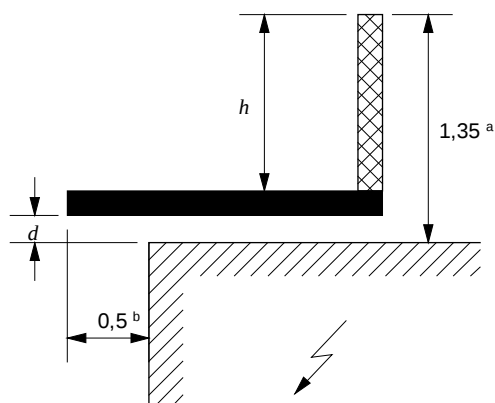
- for low voltage 1,35 m as shown in Figure 3 (see Figure 10 a) and Figure 10 b));
- for high voltage 1,50 m as shown in Figure 4 (see Figure 11);

from the top of the obstacles is maintained. These obstacles shall be at least as long as the length of the standing surface above live parts.

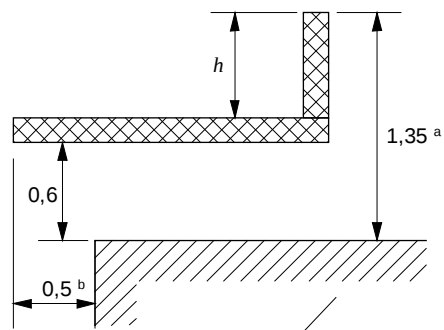
The height of the side obstacles, if necessary, will generally correspond to the height of the necessary safety railing but should have a height of at least 1,00 m.

The dimension d between the obstacle and live parts, shown in Figure 10 and Figure 11, shall be determined as described in 5.3.1.

Dimensions in metres are minimum dimensions

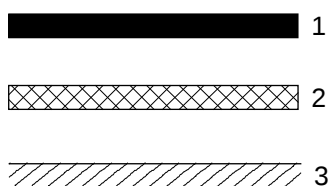


a)



b)

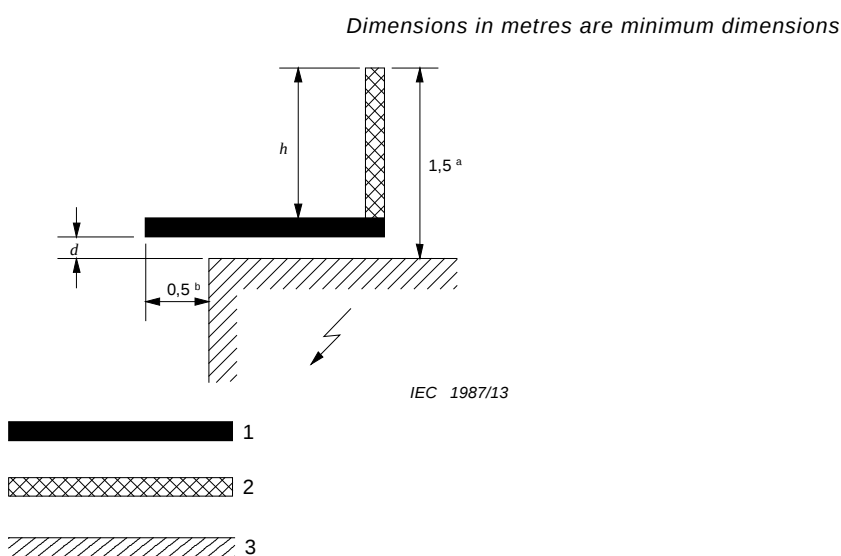
IEC 1986/13



Key

- 1 solid-wall design or obstacle confirming to protection Class IP2X as defined in IEC 60529
- 2 mesh screen with a maximum 1 200 mm² mesh size (can also be solid-wall design)
- 3 limit to live parts
- d is the clearance in air between the obstacle and live parts in accordance with 5.3.1
- h height
- a is derived from Figure 3
- b is based on the requirements given in 5.3.2.2

Figure 10 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact when above live parts on the outside of vehicles or live parts of a contact line system for low voltage

**Key**

- 1 solid-wall design
- 2 mesh screen with a maximum 1 200 mm² mesh size (can also be solid-wall design)
- 3 limit to live parts
- d* is the clearance in air between the obstacle and live parts in accordance with 5.3.1
- h* height
- ^a is derived from Figure 4
- ^b is based on the requirements given in 5.3.3.2.

Figure 11 – Examples of obstacles for standing surfaces in restricted areas for protection against direct contact when above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for high voltage

5.3.4 Protection degree for obstacles for low voltage

For low voltages the obstacles shall meet the requirements for protection degree IP2X according to IEC 60529 with a minimum distance to live parts of 0,50 m or shall be of solid wall design.

5.3.5 Anti-climbing provisions

Anti-climbing provisions are not normally necessary. In justified cases however, anti-climbing provisions can become necessary.

5.4 Protective provisions allowing working under live conditions

5.4.1 General

This standard considers protective provisions for working under live conditions in low voltage systems only.

The electrical installation shall be constructed and installed to ensure that the measures necessary for the protection of persons working in or on electrical installations can be employed. The rules for operation and maintenance of electrical power installations shall also be taken into account in the design. The working procedures shall be agreed on between manufacturer and user and shall satisfy national regulations.

This does not apply to locations for which this requirement is technically impossible, e.g. for section insulators, crossing points of overhead contact lines of tramways and trolleybuses and for trolleybus overhead contact lines.

EXAMPLE This requirement can be met, for example, by installation of additional insulation in the overhead contact line system to achieve neutral sections each at least 0,50 m long, which ensure that simultaneous contact with different potentials in the immediate working area is obviated completely or to a considerable extent.

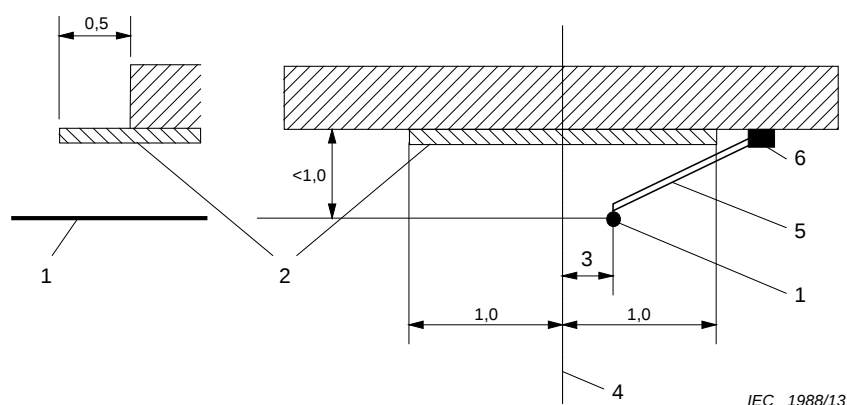
Insulators whose design is such that supporting structures may become live under fault conditions (e.g. saddle insulators or buckle insulators) shall not be utilized for the overhead contact line system where live working shall be undertaken.

5.4.2 Overhead contact lines for railways or tramways beneath structures

In the case of overhead contact lines suspended beneath structures (tunnels, underpasses) where work is to be executed from an insulated working platform whilst the line is energised, insulated obstacles or obstacles insulated with respect to the structure of minimum width 1,00 m shall be provided on both sides of the track centre if the clearance to structural elements connected to earth is less than 1,00 m (see Figure 12). These obstacles shall be 0,50 m longer than the edge of the structure.

In the case of conductors not being used for current collection (e.g. line feeders, reinforcing feeders, out of running overhead contact lines) the measures shall be applied accordingly.

Dimensions in metres



Key

- 1 contact wire/live conductor
- 2 insulated obstacle or obstacle insulated with respect to the structure
- 3 stagger
- 4 track centre
- 5 insulated arm
- 6 support

NOTE The stagger has been taken into consideration within the dimension of 1,00 m.

Figure 12 – Example of an insulated obstacle beneath a structure

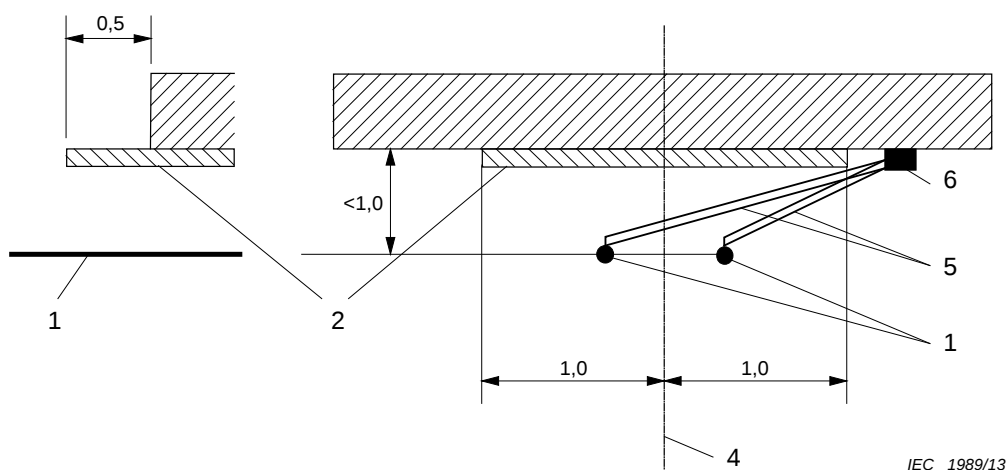
5.4.3 Overhead contact lines for trolley bus systems beneath structures

5.4.3.1 Unearthed systems

In the case of overhead contact lines suspended beneath structures (tunnels, underpasses) where work is to be executed from an insulated platform whilst the line is energised, insulated obstacles or obstacles insulated with respect to the structure of minimum width 1,00 m shall be provided on both sides of the centre line of the contact wires if the clearance to structural

elements connected to earth is less than 1,00 m (see Figure 13). These obstacles shall be 0,50 m longer than the edge of the structure.

Dimensions in metres



Key

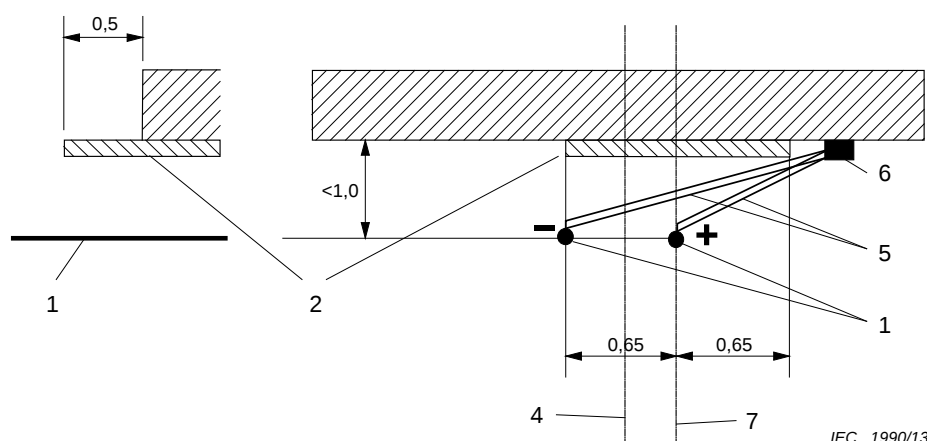
- 1 contact wire
- 2 insulated obstacle
- 4 bifilar centre line
- 5 insulated arm
- 6 support

NOTE According to IEC 60913 the distance between the contact wires is normally 0,60 m or 0,70 m.

Figure 13 – Example of an insulated obstacle beneath a structure for an unearthed trolley bus system

5.4.3.2 Systems in which one of the contact wires is earthed or connected to the return circuit of a tramway system

In the case of overhead contact lines suspended beneath structures (tunnels, underpasses) where work is to be executed from an insulated platform whilst the line is energised, insulated obstacles or obstacles insulated with respect to the structure of minimum width 0,65 m shall be provided on both sides of the unearthed contact wire if the clearance to structural elements connected to earth is less than 1,00 m (see Figure 14). These obstacles shall be 0,50 m longer than the edge of the structure.



IEC 1990/13

Key

- 1 contact wire
- 2 insulated obstacle
- 4 bifilar centre line
- 5 insulated arm
- 6 support
- 7 positive contact wire line

NOTE According to IEC 60913 the distance between the contact wires is normally 0,60 m or 0,70 m.

Figure 14 – Example of an insulated obstacle beneath a structure for a trolley bus system in which the negative contact wire is earthed or connected to the return circuit of a tramway system

Figure 14 also applies in case of earthed positive contact wire, in which case “+” and “-” should be exchanged.

5.5 Specific protective provisions against electric shock in conductor rail systems

5.5.1 Location of conductor rail at platforms

Conductor rails shall be on the side of the track away from the platform wherever practical. This applies to all cases except where a single track lies between two platforms.

5.5.2 Exceptions

The requirements given in 5.3.3 can be waived in case of vehicles with shoe gear for conductor rails if the shoe gear does not extend considerably outside the vehicle gauge. In depots the internal operational ways shall be clearly distinguishable.

5.5.3 Protection provisions in workshops

For workshops where it may be impracticable to place a protective boarding around the conductor rail, a conductor rail system shall not be used. A trolley system or other systems shall be used for supplying the vehicle. In this case, national or locally defined working practices shall ensure safety around any live parts of a vehicle energised in a workshop, such as shoe gear.

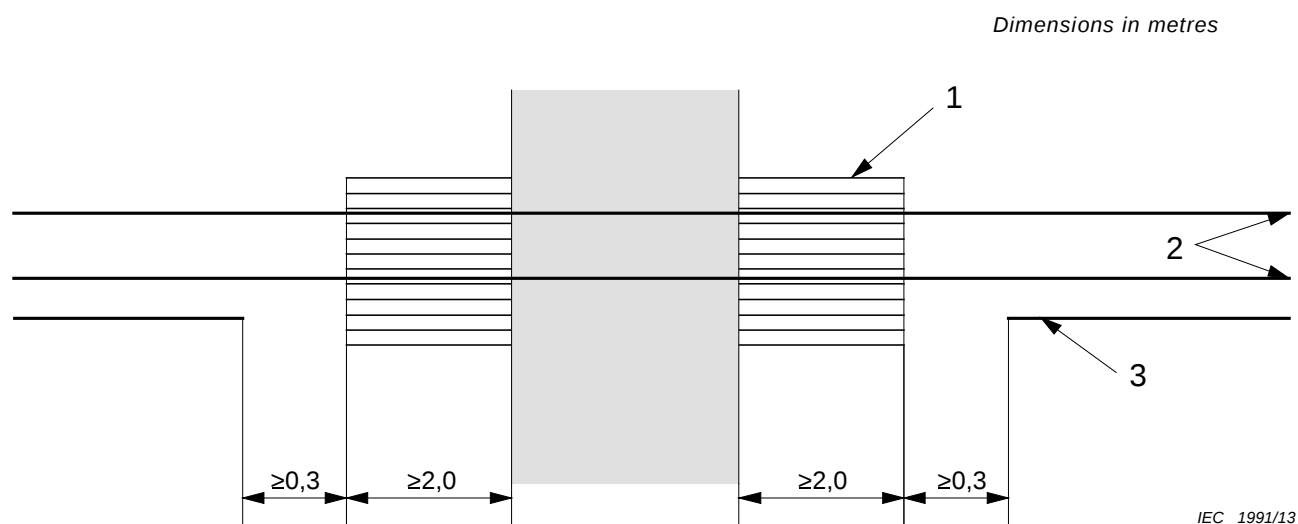
5.5.4 Protective boarding for conductor rails in restricted areas

In the case of bottom-contact conductor rail systems, the surface of the conductor rail not touched by the current collector shall be protected by means of protective boarding.

In the case of side contact conductor rail systems, the top and side surface not touched by the current collector shall be protected by means of protective boarding.

5.5.5 Requirements for top contact conductor rails in public areas

Anti-trespassing guards constructed of non-conductive material shall be installed parallel to the track for a distance of $\geq 2,00$ m when measured along the line of the track, at both public and private level crossings. The conductor rail shall be terminated 0,30 m from the edge of the anti-trespassing guard (see Figure 15).



Key

- 1 anti-trespassing guard
- 2 running rails
- 3 conductor rail

Figure 15 – Public and private level crossings

Anti-trespassing guards shall comprise a surface difficult for persons and animals to walk upon.

At public level crossings provided with gates that are protected in accordance with 5.3.2.1 except for the necessary clearance between the gate and the standing surface and which prevent access to the railway when the road is open, the conductor rail shall be terminated 0,30 m from the edge of the crossing. No anti-trespassing guards or protective boarding are required.

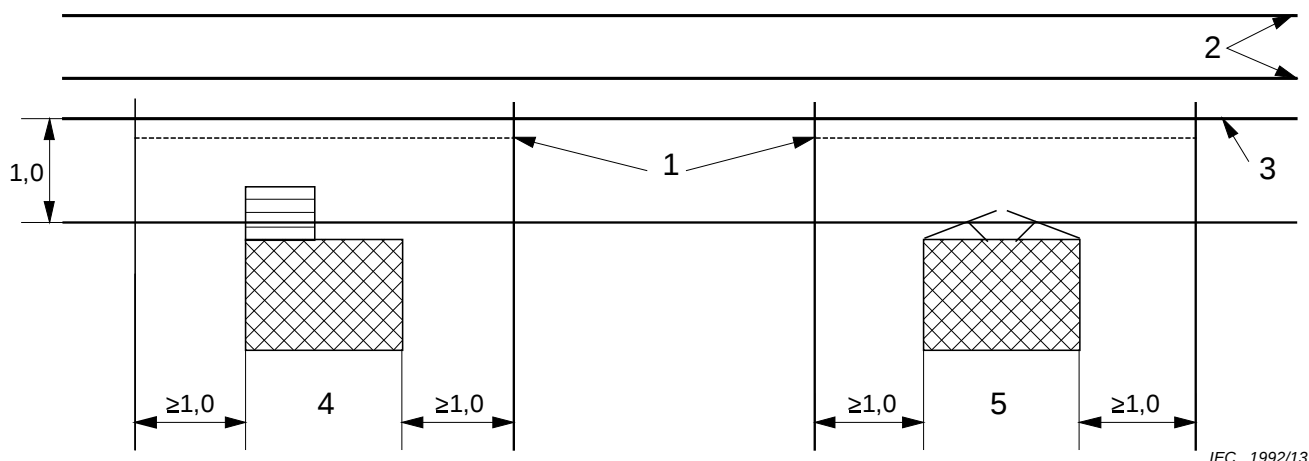
At private level crossings provided with gates in accordance with the paragraph above and which prevent public access to the railway, the conductor rail shall be terminated 0,30 m from the edge of the crossing. Double protective boarding shall be provided for a minimum distance of 2,00 m.

NOTE The different sets of requirements above apply for public and private level crossings because of differences in operational use.

5.5.6 Requirements for top contact conductor rails in restricted areas

For top contact conductor rail systems the following requirements apply:

Where the egress from a building or an equipment location facing towards the track is within 1,00 m of the conductor rail and no physical barrier is provided, then single-sided protective boarding shall be provided on the outside of the conductor rail, extending 1,00 m either side of the location (see Figure 16).

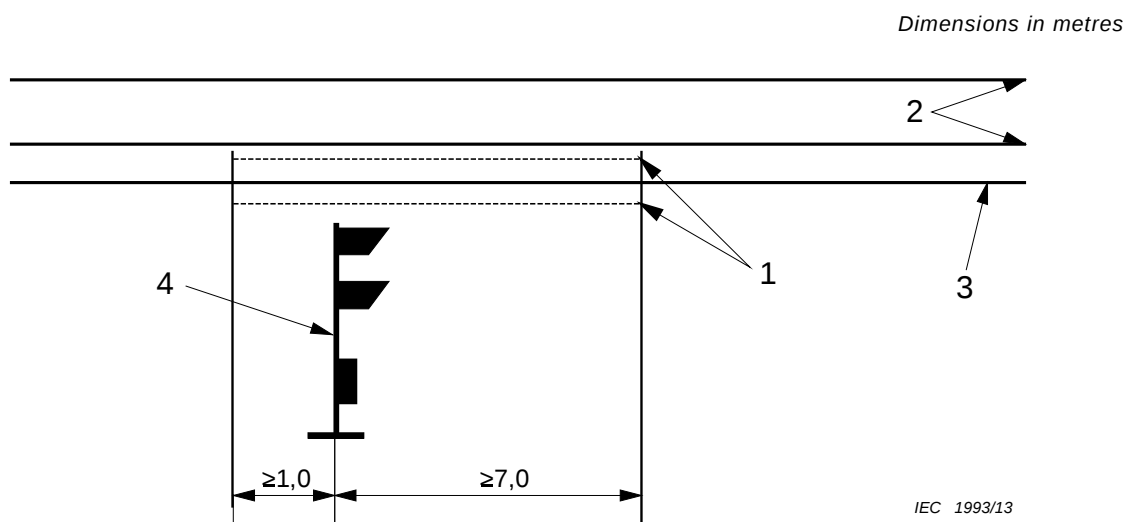


Key

- 1 single sided protective boarding
- 2 running rails
- 3 conductor rail
- 4 cabin and steps
- 5 box and door

Figure 16 – Trackside structures

At signal-post telephone locations double-sided protective boarding shall be provided for a distance of 8,00 m, commencing 7,00 m on the approach side of the signal-post with telephone (see Figure 17).



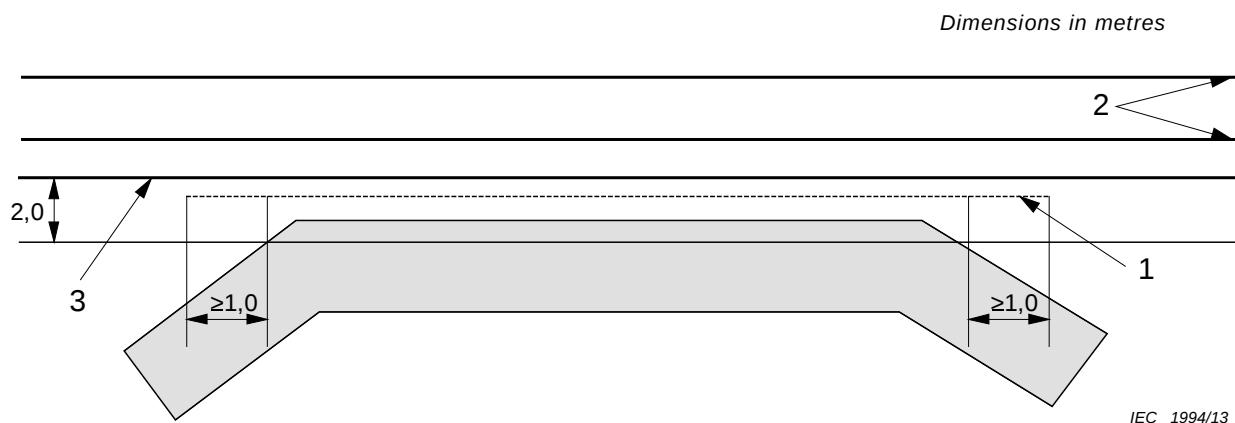
Key

- 1 double protective boarding
- 2 running rails
- 3 conductor rail
- 4 signal with telephone

Figure 17 – Signal-post with telephone

If the telephone and the signal post are not at the same location, the location of the telephone shall be used for the projection of the protective boarding.

Where an authorized trackside walking route is located within 2,00 m of a conductor rail and no physical barrier is provided, then single sided protective boarding shall be provided on the outside of the conductor rail, extending 1,00 m either side of the end of the route (see Figure 18).

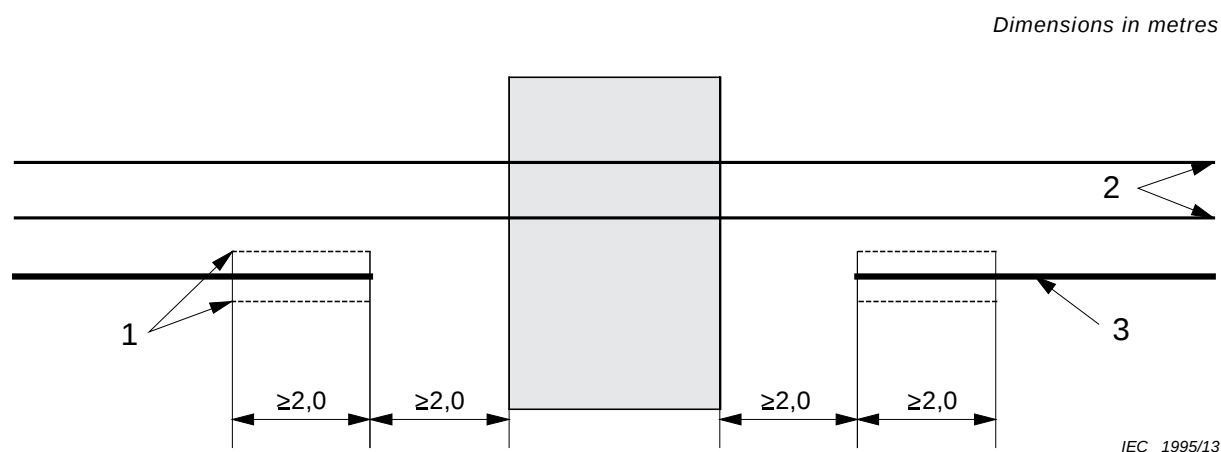


Key

- 1 single-sided protective boarding
- 2 running rails
- 3 conductor rail

Figure 18 – Authorized trackside walking route

For railway controlled crossings the conductor rail shall be terminated 2,00 m from the crossing with double-sided protective boarding provided for a minimum distance of 2,00 m (see Figure 19).



Key

- 1 double-sided protective boarding
- 2 running rails
- 3 conductor rail

Figure 19 – Railway controlled crossing (depots, goods yard, station crossing)

5.6 Specific protective provisions against electric shock in systems in which the wheels of the vehicles are not used for return circuit

5.6.1 General

This subclause applies to systems which employ an insulated conductor for the return circuit so that the traction current does not flow in the running rails in normal conditions. Examples

are “Third and Fourth Rail” d.c. conductor rail systems, and some kinds of three-phase a.c. systems or monorail systems and trolleybuses.

5.6.2 Railway systems

5.6.2.1 Use of the running rails as protective earth connection of vehicles

If the design of the vehicles is such that a fault on a live part of a vehicle equipment can connect a contact line or a return conductor to the running rails, then the substation equipment shall isolate automatically every earth fault which is not isolated by the equipment of the vehicles. See also 10.3.1.

5.6.2.2 Systems in which the vehicles do not require to be connected electrically to the running rails

If the equipment of the vehicles is designed so that no fault on a vehicle will connect a contact line to exposed conductive parts of the vehicle, and a connection from the vehicles to earth via the running rails is not required, 5.6.3.2 shall apply. In addition, earth faults on the contact lines shall be isolated within a sufficiently short time, to reduce to the lowest practical level the risk that multiple earth faults would cause impermissible touch voltages or thermal overload of the bonding conductors and related items.

5.6.3 Trolleybus systems

5.6.3.1 General

The insulation of each contact wire shall be appropriate to the nominal voltage of the system according to IEC 60850.

5.6.3.2 Unearthed systems

Unearthed overhead contact lines shall have an insulation monitoring device for monitoring the state of the insulation between each contact wire and earth.

Whenever a feeding section has to be de-energised both contact wires shall be switched off. Sequential switching is permitted.

5.6.3.3 Earthed systems

In case of one of both contact wires is earthed, the following conditions shall be fulfilled:

- whenever a switching device is installed in the earthed wire, another switch shall be installed in the other wire, and the switching device shall be interlocked so that it cannot be opened before the supply switch is open,
- it shall only be earthed at one point per feeding section which shall be insulated from other feeding sections.

Return cables shall conform to the requirements given in 10.3.1.

5.6.3.4 Trolleybus power supply connected to the power supply of a tramway

In case of a common traction power supply system for a trolleybus system and a tramway system, the following conditions shall be fulfilled:

- one contact wire trolleybus system shall be connected without any disconnection to the return circuit of the tramway system;
- in case a switching device is installed in the wire connected with the tramway return circuit, another switch shall be installed in the other wire, and the switching device shall be interlocked so that it cannot be opened before the supply switch is open;

- the trolleybus return circuit shall be connected at least once to the return circuit of the tramway system.

Feeding sections for trolleybus and tramway should be separated one from the other and supplied by different circuit breakers inside substations.

The additional return current of the tramway system in the return system of the trolleybus system and vice versa shall be considered.

6 Protective provisions against indirect contact

6.1 General

Provisions for protection against indirect contact shall be provided for exposed conductive parts and for components of contact line systems.

In traction systems connection to the return circuit is the preferred method to achieve electrical safety.

NOTE This method uses the return circuit for conduction of the current under fault conditions and causes automatic disconnection of supply.

6.2 Protective provisions for exposed conductive parts within the contact line zone or the current collector zone

6.2.1 AC traction systems

Exposed conductive parts of traction and non-traction power supply which are located within the overhead contact line zone or the current collector zone shall be directly connected to the return circuit.

Connection to the return circuit, i.e. running rails or return conductors is the preferred method to achieve this as shown in Clause I.1.

If it is determined that exposed conductive parts cannot be directly connected to the return circuit, then appropriate alternative measures shall be adopted in order to prevent dangerous touch voltages.

EXAMPLE 1 One possible solution is the use of a voltage-limiting device (minimum functionality VLD-F) to provide a path for the current in the event of these exposed conductive parts becoming live.

EXAMPLE 2 An example of the system in which exposed conductive parts cannot be directly connected to the return circuit is shown in Clause I.2.

6.2.2 DC traction systems

6.2.2.1 General

Exposed conductive parts of traction and non-traction power supply which are located within the overhead contact line zone or the current collector zone and which are not insulated from earth shall not be bonded directly to the return circuit due to the effects of stray current corrosion, see IEC 62128-2. Then an appropriate measure shall be taken to keep the voltage within the limits given in Table 6 or in 9.3.2.3.

Using a voltage-limiting device (minimum functionality VLD-F) is one of the preferred methods to make an open connection from the exposed conductive parts to the return circuit to create a short-circuit path and in consequence to cause the interruption of the current in a short time.

If a voltage-limiting device is used, then it shall be applied in accordance with Annex F.

Where national regulations allow to perform maintenance work on structures adjacent to live parts, provisions in accordance with 5.2.2 shall apply considering that the unearthed supports are also live parts.

6.2.2.2 Exceptions in tunnels

For overhead contact line systems up to and including DC 3 kV, and where permitted by national regulations, an exception to the requirements given in 6.2.2.1 may be allowed for the metallic supports of the overhead contact line suspensions in tunnels outside the zone shown in Figure 4. This exception requires the use of insulators, restoring their dielectric property even after a flashover.

It is permitted, that such metallic parts which are normally inaccessible may not be earthed. This is due to the characteristics of such insulators and to increase maintainability, which is often difficult in tunnels. In this case the clamping of the metallic supports to the tunnel vault shall be achieved by using a grout having a good insulating property.

6.2.3 Exceptions for low voltage traction systems

6.2.3.1 General

The following exceptions to 6.2.2 are permissible, provided that all risks of electric shock are considered and reduced to acceptable levels as defined by national regulations.

6.2.3.2 Double or reinforced insulation of overhead contact line

Supporting structures including masts for overhead contact line systems need not be earthed and need not be connected to the return circuit if the insulation of the overhead contact line has been doubled or reinforced as defined in IEC 61140. The instructions and procedures for maintenance shall ensure, that insulators which are defective or bridged by extraneous objects or materials shall be made good promptly so that no structure will become alive and dangerous due to an ineffective insulator.

6.2.3.3 Bonding of overhead contact line supports to the return circuit

If the supporting structures of a DC railway with low voltage are bonded to the return circuit in contradiction to 6.2.2 the structures shall be insulated from earth. The insulation shall be proved by measurements.

NOTE For the conductance per unit length of the return circuit and structures connected to it see IEC 62128-2.

6.2.3.4 Precautions against the failure of conductor rail insulators

Precautions shall be taken so that no conductor rail will become connected to earth so as to cause impermissible touch voltages on the running rails, or cause a risk of fire or thermal damage to equipment. In particular the risks shall be considered of spurious connections between the conductor rail and the base plates and fixing bolts of the conductor rail insulators. If the base-plates are not open connected in accordance with 6.2.2, other precautions shall be applied in order to limit the risks to acceptable levels in accordance with national regulations, such as:

- regular cleaning of the insulators;
- prompt removal of rubbish, especially conductive rubbish, from the tracks;
- double or reinforced insulators as defined by IEC 61140;
- reliably insulating the base plates and fixing bolts from the earth, for example by mounting them on wooden blocks;
- use of insulating shrouds to protect the base plates against contact with the conductor rails through extraneous objects.

6.2.4 Anchors of non-conductive masts

An insulator shall be installed in the anchor of non-conductive masts external to the zone as shown in Figure 3 and Figure 4 where the supporting structures of the overhead contact line system are not connected to the return circuit.

6.3 Protective provisions for wholly or partly conductive structures

6.3.1 Structures in the overhead contact line zone or the current collector zone

6.3.1.1 Protective provisions by means of connection to the return circuit

The protective provisions of 6.2 shall be applied to metallic structures to ensure that the remaining touch voltage is within the limits given in Clause 9.

EXAMPLE 1 Such metallic structures are e.g.:

- signal gantries and signal posts;
- bridges;
- the awnings of station platforms;
- pipes;
- fences;
- huts and equipment enclosures;
- running rails of non-electric traction systems;
- running rails which are not connected to the return circuit e. g. used for track circuits.

EXAMPLE 2 An example for partly conductive structures is a steel reinforced concrete structure.

The metallic reinforcement of concrete structures shall be treated in the same way as metallic structures except for structures for which both of the following conditions apply:

- the structure is not able to transfer a dangerous potential from the fault-location;
- the probability of contact with a live part is so low that the risk is accepted, that the overhead contact system or the structure may be damaged if the fault is not interrupted in a sufficiently short time.

These protective provisions shall be harmonized with the provisions specified for d.c. traction systems as defined in IEC 62128-2 for reduction of corrosion due to stray currents.

6.3.1.2 Exceptions for small conductive parts

For conductive parts of small dimensions it is not necessary to take any protective provisions provided the following conditions and the conditions in Table 1 are fulfilled:

- the part does not support or contain electrical equipment or it contains only electrical equipment in conformity with Class II, refer to 7.3.2;
- a person approaching it from any direction can see if a live conductor is touching the part.

Table 1 – Maximum dimensions for small conductive parts

Dimensions in metres

Type of conductive parts	Low voltage		High voltage	
	Parallel to track	Horizontal, right angle to track	Parallel to track	Horizontal, right angle to track
wholly conductive	15	2	3	2
partly conductive	15	2	15	2

This excludes items utilized for protective provisions given in 6.2 and 7.3.

EXAMPLE Small conductive parts are for example: gully covers, signal posts, level crossing posts, individual masts, warning labels, trash cans, fences, mesh constructions and metallic structures with maximum length as given in Table 1.

In case of an assembly of several small conductive parts the basic requirements in 6.3.1.1 are valid. In particular, the assembly shall not be able to transfer dangerous potential from the fault location over a distance exceeding the maximum dimensions given in Table 1.

6.3.1.3 Exceptions for temporarily stored parts close to the rails

These protective provisions are not required for conductive materials temporarily stored in the vicinity of the track, e.g. running rails unless required by the operational specifications.

6.3.1.4 Protective provisions by means of obstacles

Instead of the protective provisions given in 6.2 specified for conductive structures or conductive structural components located in the current collector zone or overhead contact line zone, an obstacle may be installed, see Annex A. The obstacle shall be situated between the overhead contact line and the structures or structural components and shall have a width at least equivalent to that of the current collector and overhead contact line zone and should extend by at least 0,50 m beyond the end of the structure or structural component. The obstacle shall fulfil the insulation requirements of protection Class II or shall be connected to return circuit.

In cases when the current collector is guided by the overhead contact line (e.g. trolleybus), the current collector zone width may be reduced by extending the obstacle downwards on both sides of the overhead contact line by at least 0,05 m below the overhead contact line.

6.3.2 Parts in the vicinity of the railways

Conductive parts which are liable to become live due to inductive or capacitive coupling with the voltage of the contact line shall be connected to earth if not directly connected to the return circuit.

This applies to:

- a) metallic fences, sign boards and so on, which are installed along the railway line,
- b) parts in the overhead contact line zone or the current collector zone, when the connection to the return circuit is:
 - 1) exempted because of small dimensions,
 - 2) not direct.

Earthing via the foundations of such parts is usually sufficient, as long as no intentional insulating joints are inserted.

7 Protective provisions for low voltage non-traction power supplies

7.1 General

This clause applies to low voltage non-traction power supplies which are characterized by being able, under particular circumstances, to transfer a dangerous voltage over long distances. Therefore an electrical connection to non-railway earthing systems is not desirable. In case of a connection, an agreement is necessary between the railway side network infrastructure owner and the owner of the other network infrastructure. Care shall be taken to address transferred potentials and overheating of cables (see 10.2).

The following provisions apply to those low voltage power supplies, where parts of such installations or the respective structure (earth) is likely to have connection to the return circuit of the railway system. This shall be assumed for:

- railways where the structure earth or parts of it are connected to the return circuit,
- d.c. railways where the structure earth or parts of it are connected to the return circuit via a voltage-limiting device (VLD),
- d.c. railways where stray currents in the structure earth or parts of it are likely,
- electrical installation within overhead contact line zone and/or current collector zone.

EXAMPLE 1 Following installations are endangered for example:

- consumer installations,
- railway signalling, communication or traffic lights installations,
- lighting systems,
- low voltage non-traction power supplies,
- remote control equipment.

EXAMPLE 2 The above installations could be endangered by:

- a broken overhead contact line or a broken or dewired current collector which can transfer the overhead contact line voltage in these installations when they are located in the overhead contact line zone or the current collector zone, or when they have conductive connections to installations which are located in these zones,
- traction return currents, which can overload protective conductors, PEN-conductors, or which can impair protective provisions where exposed conductive parts are intentionally and functionally connected to the return circuit.

According to IEC 60364-4-41 protection against indirect contact for nominal voltages up to AC 50 V/DC 120 V shall be provided unless the relevant requirements as defined in IEC 60364-4-41:2005, 411.1 are met.

Conductive parts carrying electrical equipment (excluding protection Class II) within the overhead contact line and current collector zone shall not be considered as parts of small dimension as given in 6.3.1.2.

Where lightning protection is provided, see the IEC 62305 series of standards for the earthing and the equipotential bonding.

7.2 Related provisions

The following protective provisions as given in 7.3 and 7.4 shall apply for stationary electrical installations as given in 7.1 in addition to provisions required by other relevant standards. These protective provisions shall be harmonized with the provisions specified for d.c. traction systems as defined in IEC 62128-2 for reduction of effects due to stray currents.

7.3 Protective provisions for electrical installations in the overhead contact line zone or the current collector zone

7.3.1 Exposed conductive parts

Exposed conductive parts within the overhead contact line zone or the current collector zone shall be connected directly or via a voltage limiting device (VLD-F, see Annex F) to the return circuit, or otherwise be protected by a robust obstacle. If the obstacle is not made of insulating material, it shall be connected to the return circuit. In d.c. traction systems such obstacles shall conform to the requirements as defined in IEC 62128-2.

The PE conductors of the electrical installation shall be of sufficient cross-sectional area, so that they will not be overheated by the portion of the current in the return circuit which can flow in them. The design of the return circuit and the equipotential bonding shall be coordinated with the insulation levels of the power supply cables and communications cables connected to electrical equipment which is in the overhead contact line zone or the current collector zone, or is for other reasons bonded to the return circuit, so that the cables and installations will not be damaged if there is an earth fault on the contact line system.

7.3.2 Equipment of protection Class II

If electrical equipment of protection Class II in accordance with IEC 61140 is utilized then its enduring temporary overvoltage shall correspond to the nominal voltage of the contact line.

NOTE 1 IEC 60664-1:2007, 4.3 defines temporary overvoltages for low voltage equipment.

Such equipment shall not be connected to a PE conductor.

For small conductive parts, carrying protection Class II equipment, the exceptions of 6.3.1.2 still apply.

In case of the use of protection Class II equipment of which the protective provisions do not correspond with the nominal contact line voltage then the requirements for exposed conductive parts within overhead contact line zone and current collector zone shall be fulfilled.

NOTE 2 Protection Class II equipment for high voltage systems is not practical due to economical reasons.

7.4 Protective provisions for installations which are endangered by the traction power supply return circuit

7.4.1 Design of auxiliary power supply

Protection against indirect contact for equipment or installations which are not protection Class II shall be realized by automatic disconnection of supply as described in IEC 60364-4-41.

Exposed conductive parts shall be connected to a protective conductor.

NOTE IEC 60364-4-41 distinguishes installations by the kind of earth connection. For railway applications, fixed installations the TN-system and the TT-system are usual.

Auxiliary supplies are usually fed by high voltage grid, public low voltage grid or by the traction power supply. Table 2 shows different kinds of auxiliary supplies and their characteristic connection to earth on railway side. Additionally the applicable low voltage distribution system on railway side with the respective precondition is indicated.

Table 2 – Kinds of auxiliary supplies

Supplier side		Railway side	
Kind of supply	Characteristic	Applicable system	Precondition
Public low voltage	Earth and/or neutral from non-railway earthing installations	TT system	RCD
		TN system	Separate winding transformer
High voltage	Earth and/or neutral from non-railway earthing installations	TN system	Auxiliary high voltage transformer located on railway owned structure earth
		TT system	Auxiliary high voltage transformer not located on railway owned structure earth and RCD
Traction power supply	Neutral connected to return circuit or railway owned structure earth	TN system	Auxiliary transformer located on railway owned structure earth or d.c./a.c. converter

Other kinds of design, e.g. IT system, are allowed.

7.4.2 Low voltage power supply by TT system

All exposed conductive parts collectively protected by the same protective device shall be connected, together with the protective conductors, to an earthing system common to all those parts.

The supply may come from public LV supply without isolating transformer.

The incoming neutral conductor (PEN as well as N and PE separate) of the supplying non-railway system is connected to remote earth. In the railway distribution panel this neutral shall be applied as N only. The incoming PE shall be terminated at an insulated busbar and shall not be used on the railway side. The PE is derived from the MEB, which is connected to railway owned structure earth.

The resistance to earth R_A measured at the MEB shall fulfil the following requirement

$$R_A \leq U / I_a$$

where

U is in general the nominal line-to-earth voltage U_0 and in case of protection by RCD it is 50 V according to IEC 60364-4-41;

I_a is the current, which leads to the automatic tripping of the protective device within 0,4 s.

EXAMPLE For circuit breaker this current depends on the tripping characteristic whereby for characteristic A the tripping current $I_a = 3 \times I_N$ (nominal current), for characteristic B: $I_a = 5 \times I_N$; for characteristic C: $I_a = 10 \times I_N$; for characteristic D: $I_a = 20 \times I_N$ (see IEC 60364-4-41 and IEC 60898-1); e.g. for a circuit breaker with B characteristic and a nominal current of 16 A, a maximum earth resistance of $230 \text{ V} / (16 \text{ A} \times 5) = 2,88 \Omega$ is required.

When the protective device is a residual current protective device, I_a is the rated residual operating current $I_{\Delta n}$ (see IEC 60364-4-41).

Exceptions are possible for electric circuits with permanently installed equipment only.

The installation of RCDs is basically recommended. If the resistance to earth of the MEB is not low enough, RCDs shall be applied.

If the equipment is outside the overhead contact line zone and outside the current collector zone and if it has a connection to the main equipotential busbar, then the PE conductor incorporated in the power supply cable needs not be connected to the exposed conductive part of the equipment.

7.4.3 Low voltage power supply by TN system

All exposed conductive parts of the installation shall be connected to the earth connection point of the LV-transformer windings by protective conductors which shall be earthed at or near each relevant transformer or generator.

In order to prevent the transfer of dangerous voltages or currents, separations between public earth and the railway owned structure earth are preferred. In case of separation, transformers with separate windings are required for the application of the TN system.

The supply may come from:

- public LV supply via transformer with separate windings;
- HV supply via auxiliary transformer.

The incoming non-railway earth shall be terminated at an insulated busbar and shall not be used on the railway side. The star point on the secondary winding of the transformer and its frame (exposed conductive part) shall be connected to the MEB.

In special cases it can be necessary to connect the frame to the public earth via the PE conductor or screens of incoming cables. Then an insulation between transformer frame and the railway owned structure earth is necessary.

For auxiliary transformers, whose primary windings are fed from traction voltage, the neutral points on primary and secondary side shall be connected to the railway owned structure earth.

The low voltage protection system shall be a TN-S system. RCDs are recommended in the final circuits of distribution. Overcurrent protective devices shall be applied according to IEC 60364-4-41. The maximum disconnecting times for TN-systems shall be kept.

If the equipment is outside the overhead contact line zone and outside the current collector zone and if it has a connection to the main equipotential busbar, then the PE conductor incorporated in the power supply cable shall not be connected to the exposed conductive part of the equipment.

7.4.4 Special provisions

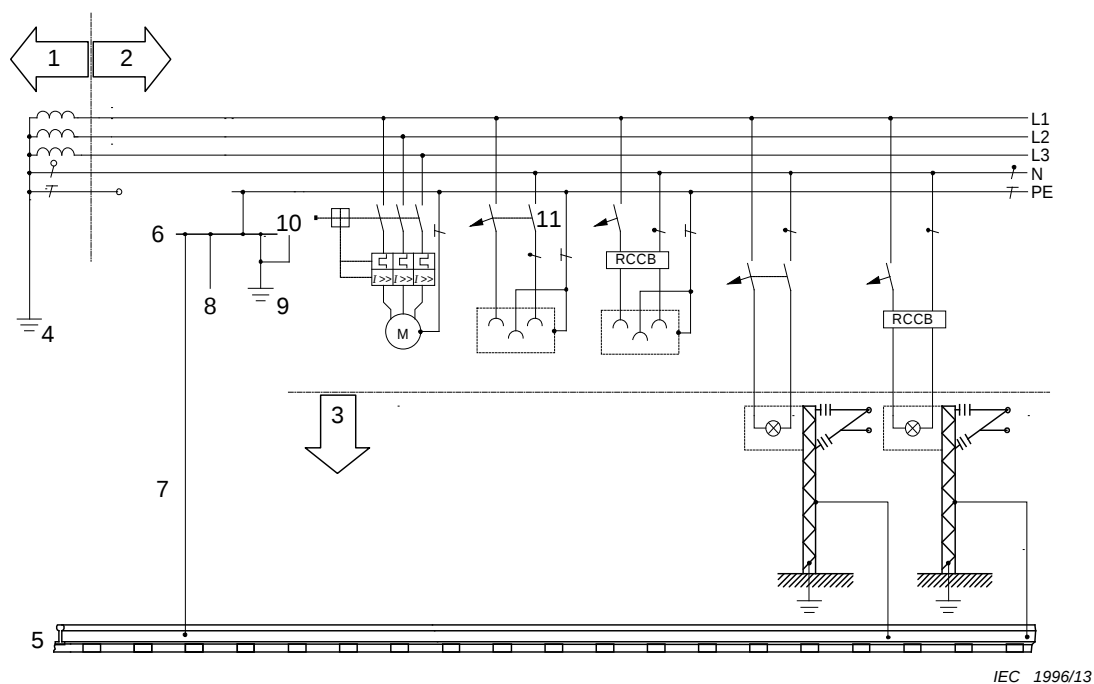
7.4.4.1 AC railways

In the case that the running rails of a.c. railways are connected to the structure earth consisting of mast foundations, slabtrack reinforcement and foundations of other wayside structures like tunnels and viaducts the running rails and main equipotential busbar of the auxiliary power supply system shall be connected together. Due to signalling constraints the connection can contain e.g. impedance bonds. For equipment within the overhead contact line zone and current collector zone the PE conductor shall be able to carry the maximum short-circuit current. If this is not possible a direct connection to the return circuit shall be carried out. In this case the PE conductor shall not be connected to the exposed conductive part of the equipment.

The equipotential bonding shall be designed so that the permissible touch voltages are not exceeded in the presence of the traction return current and traction short-circuit currents.

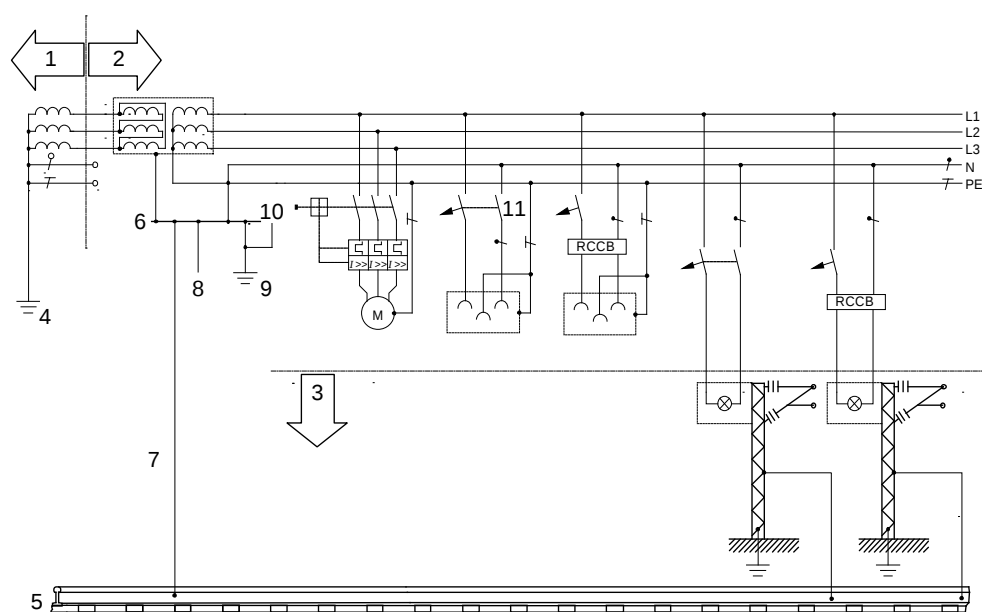
Overcurrent protective devices shall also be applied in the neutral conductor for electric circuits without RCD, i.e. circuit breaker with two- or four-protected poles according to IEC 60898-1, if the rail potential is > 50 V. In case of a tripping, all conductors shall be switched-off simultaneously. Fuses shall not be used.

Figure 20 shows the provisions for a TT system and Figure 21 for a TN system applied in an a.c. railway system where the return circuit is connected to earth.

**Key**

- | | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | LV electricity supply network from public area | 6 | MEB |
| 2 | area of railway network | 7 | connection of the return circuit with MEB |
| 3 | overhead contact line and current collector zone | 8 | water and gas pipes, heating |
| 4 | public earth | 9 | railway structure earth |
| 5 | return circuit with running rails | 10 | lightning protection installations |
| | | 11 | over-current protective device, all-pole protected if rail potential > 50 V |

Figure 20 – TT system for a.c. railways



IEC 1997/13

Key

- | | |
|--|--|
| 1 LV electricity supply network from public area | 6 MEB |
| 2 area of railway network | 7 connection of the return circuit with MEB |
| 3 overhead contact line and current collector zone | 8 water and gas pipes, heating |
| 4 public earth | 9 railway structure earth |
| 5 return circuit with running rails | 10 lightning protection installations |
| | 11 over-current protective device, all-pole protected if rail potential > 50 V |

NOTE The earthing symbol at masts does not indicate that each mast needs an additional earthing electrode.

Figure 21 – TN system for a.c. railways

It is also possible to use a RCBO (IEC 60050-442-05-04) instead of circuit breaker in combination with RCCB.

NOTE For connection to the return circuit (key 7 in Figure 21) see Annex I.

7.4.4.2 DC railways

The running rails of d.c. railways are not connected to structure earth and earth. The running rails and the MEB of the auxiliary power supply system are normally not connected directly for stray current reasons. For equipment within the overhead contact line zone or within the current collector zone, the PE conductor shall be able to carry the relevant traction fault current. Voltage limiting devices (VLD) shall provide a connection between MEB and return circuit in case of an earth fault of the contact line system.

If such equipment is mounted on a mast a connection between the equipment and the return circuit via VLD-F shall be installed.

The PE conductor shall not be connected to the exposed conductive parts of the equipment.

The exposed conductive parts may alternatively be connected to the PE conductor of the supply cable via an appropriate device such as a capacitor. A discharge resistor shall be connected in parallel to the appropriate device.

The dimensioning of the capacitor shall guarantee the tripping current to fulfil the permissible touch voltage.

NOTE The appropriate device prevents traction return currents flowing via the protective conductor.

If electrical equipment of protection Class II is used (see 7.3.2) the provisions for parts of small dimension may be applied.

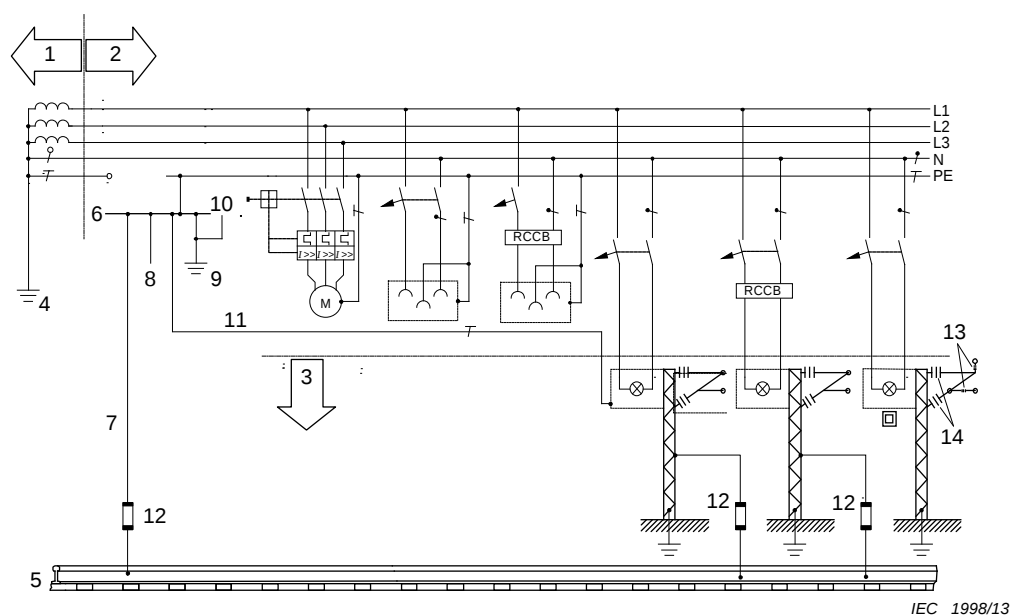
Low voltage equipment mounted on traction power equipment or parts which is protected by a frame fault protection device may not be connected to the PE conductor of low voltage supply cable. The device shall be equipotentially bonded to the traction power equipment frame.

If work is carried out on vehicles, on running rails, or on conductive parts which are connected to the return circuit, using protection Class I electrical equipment which is plugged into sockets supplied from the railway network, these wall sockets shall be connected to the railway network by residual-current protective devices or by transformers with separate windings. If residual-current protective devices are used, the protective conductor shall be connected to PE conductor via an appropriate device such as a capacitor. A discharge resistor shall be connected in parallel with a capacitor.

Overcurrent protective devices shall also be applied in the neutral conductor for electric circuits without RCD, i.e. circuit breaker with two- or four-protected poles according to IEC 60898-1. In case of a tripping, all conductors shall be switched-off simultaneously. Fuses shall not be used.

Figure 22 shows the provisions for a TT system and Figure 23 for a TN system applied in a d.c. railway system.

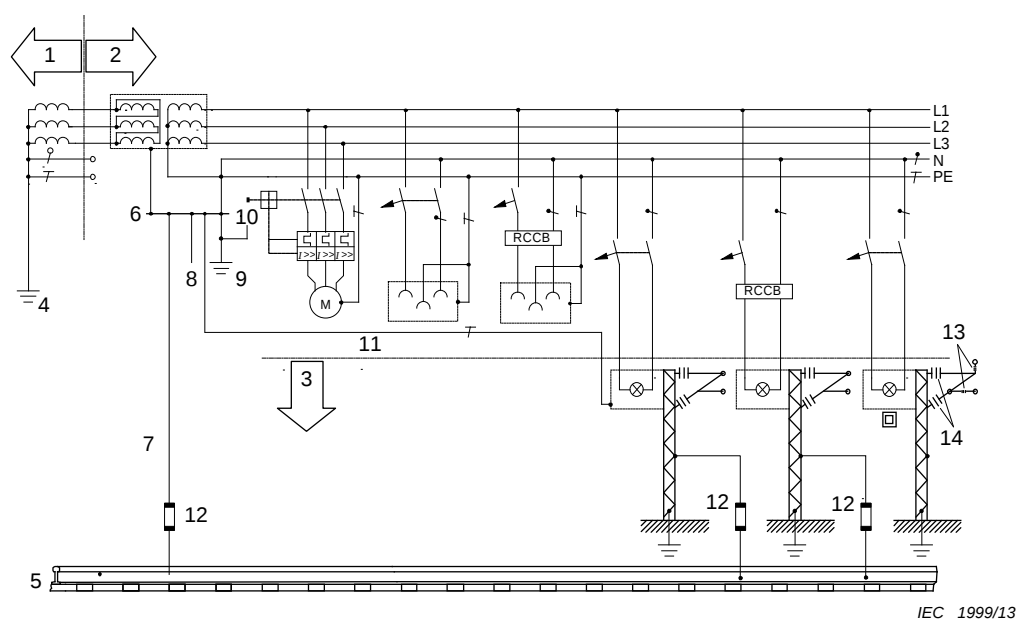
In workshops and similar locations where the running rails are insulated from the main line MEB and running rails may be directly connected in order to reduce the effect of touch voltage.



Key

- | | |
|---|--|
| 1 LV electricity supply network from public area | 8 water and gas pipes, heating |
| 2 area of railway network | 9 railway structure earth |
| 3 overhead contact line and current collector zone | 10 lightning protection installations |
| 4 public earth | 11 direct connection of exposed conductive parts to MEB |
| 5 return circuit with running rails | 12 Voltage limiting device VLD |
| 6 MEB | 13 1 st insulation |
| 7 connection of the return circuit with MEB via VLD | 14 2 nd insulation (only for LV traction systems) |

Figure 22 – TT system for d.c. railways

**Key**

- | | |
|---|---|
| 1 LV electricity supply network from public area | 8 water and gas pipes, heating |
| 2 area of railway network | 9 railway structure earth |
| 3 overhead contact line and current collector zone | 10 lightning protection installations |
| 4 public earth | 11 direct connection of exposed conductive parts to MEB |
| 5 return circuit with running rails | 12 Voltage limiting device VLD |
| 6 MEB | 13 1st insulation |
| 7 connection of the return circuit with MEB via VLD | 14 2nd insulation (only for LV traction systems) |

NOTE The earthing symbol at masts does not indicate that each mast needs an additional earthing electrode.

Figure 23 – TN system for d.c. railways

It is also possible to use a RCBO (IEC 60050-442-05-04) instead of circuit breaker in combination with RCCB.

8 Protective provisions where track systems, which are utilized for carrying traction return current, or/and contact line systems pass through hazardous zones

8.1 General

The requirements given in 8.2 to 8.6 shall apply to installations where protective provisions against explosion due to sparking are prescribed by other standards if a dangerous inductive, conductive or capacitive influence from the railway cannot be excluded.

NOTE Hazardous zones are defined in national safety regulations.

EXAMPLE 1 Explosion due to sparking can, for example, result from:

- contact with a contact line;
- rupture of a contact wire;
- voltage between running rails utilized for carrying traction return current and earth (rail potential);
- discharge of static electricity to the return circuit;
- disconnecting of a conductive part carrying a part of the return current.

EXAMPLE 2 Examples of such installations are loading installations or parts of refineries or chemical firms or tank depots.

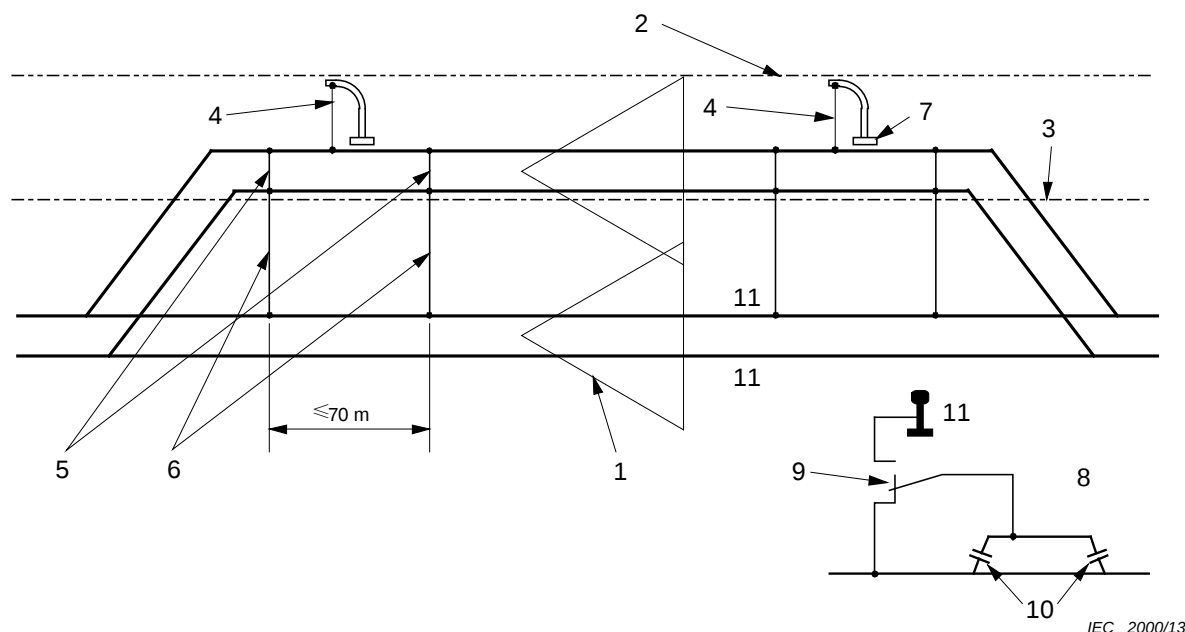
8.2 Equipotential bonding

Each charging nozzle shall be connected directly to the return circuit.

Cross-bonds shall be provided at intervals not exceeding 70 m between:

- the rails of a track;
- neighbouring tracks (see Figure 24).

Tracks and adjacent conductive installations shall be conductively interconnected.



Key

- | | | | |
|---|--|----|--------------------------------------|
| 1 | overhead contact line zone according to Figure 1 | 6 | track-to-track cross-bonds |
| 2 | border of the overhead contact line zone | 7 | charging nozzle |
| 3 | border of the hazardous zone | 8 | overhead contact line wiring diagram |
| 4 | connection to the return circuit and equipotential bonding | 9 | switch with contact to earth |
| 5 | rail-to-rail cross-bonds | 10 | section insulators |
| | | 11 | return circuit (running rails) |

Figure 24 – Disposition of rail-to-rail cross-bonds and track-to-track cross-bonds (double-rail illustration) and connection of the contact line in case of the loading siding having a contact line

The methods of track bonding (key 6 of figure 24) shall take consideration of signalling requirements outside the hazardous zone.

8.3 Parallel pipework

A pipework carrying explosive liquids or gases shall not be used intentionally as a parallel return conductor.

A common pipework inside the contact line or pantograph zone feeding several charging nozzles shall be insulated between each charging nozzle.

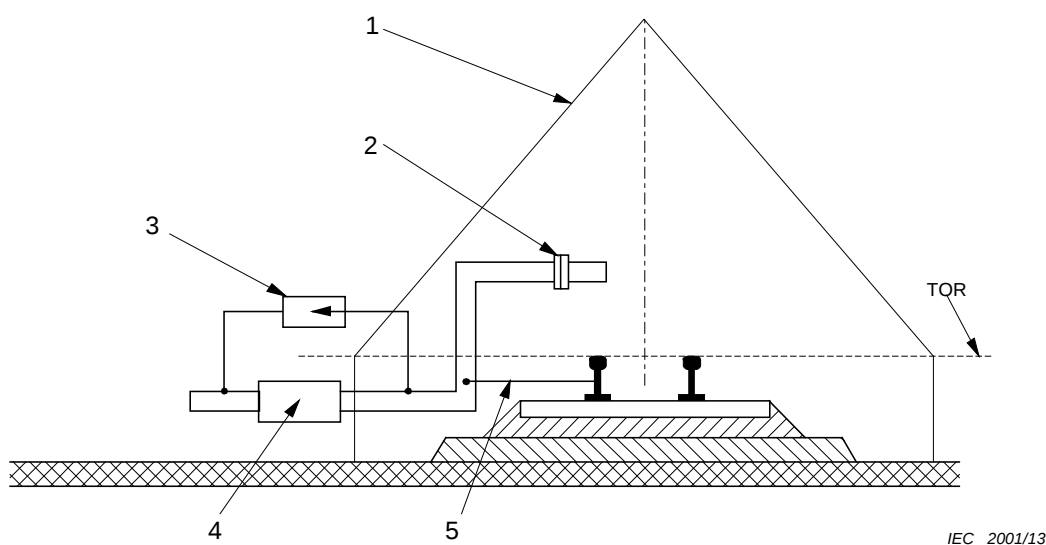
Each conductive part which is connected to the return circuit shall be insulated from earth. This applies both to a.c. railways and to d.c. railways as well.

8.4 Insulating joints

Conductive pipework carrying explosive liquids or gases leaving the contact line or pantograph zone shall be insulated outside of the contact line or pantograph zone (see Figure 24). The insulating joint shall withstand the voltage of the contact line. If the voltage over the insulating joint is bridgeable by a person, the voltage shall not exceed the limits given in Clause 9.

8.5 Surge arrester

If flashover or voltage breakdown of the insulating pieces is likely due to lightning strike, the insulating pieces shall be bridged by means of surge arresters (see Figure 25). Surge arresters used in hazardous zones shall be of flameproof design. Care shall be taken to ensure that accidental bridging of isolation pieces or surge arresters (e.g. by tools) is prevented.



Key

- 1 overhead contact line zone according to Figure 1
- 2 charging nozzle
- 3 surge arrester
- 4 insulating piece
- 5 connection to the return circuit and equipotential bonding
- TOR top of rail

Figure 25 – Location of a surge arrester outside the overhead contact line zone of a loading siding if there is a possibility of flashovers of the insulating pieces through lightning strikes

8.6 Contact line of loading sidings

The contact line of the loading siding shall be interruptible and shall be connectable to the return circuit by a means which ensures that the loading procedure is not initiated unless the contact line is connected with the return circuit (see Figure 24).

9 Limits for touch voltage and protective provisions against the danger of rail potential

9.1 General

9.1.1 Rail potential

In order to protect persons from the danger of rail potential, the electric traction system shall be designed and constructed so that the touch voltage does not exceed the levels specified in 9.2 and 9.3, or there shall be measures in place so that persons cannot easily approach to the rails or conductive parts connected to the rails.

NOTE For a.c. systems see Annex I.

The local and time-dependent rail potential is the main reason for touch voltages under operating and fault conditions. In the cases for which there are no national regulations, the limits of touch voltages shall comply with 9.2 and 9.3. The permissible touch voltage therefore is subdivided in long-term values for operation and short-term values for fault conditions including specific short-term operational situations.

For voltages which vary significantly, particular care shall be given to the choice of the time interval so as to ensure that the most unfavourable condition has been considered.

The values given in the tables of Clause 9 are based on the assumption, that the current path through the human body is from hand to both feet. This includes the current path hand to hand, see Annex D. For maintenance purposes it can be necessary to consider more dangerous currents paths through the human body. Additional protective provisions can then be necessary.

9.1.2 Body voltage and touch voltage

The values for the touch voltage and body voltage given in Clause 9 shall be the maximum values considered acceptable. All voltages (including d.c. voltages) given in Clause 9 are r.m.s. values, over the considered interval in accordance with IEC 60050-101-14-15.

The resistance of the standing surface, according to IEC 61936-1, may be taken into account additionally at any time interval.

NOTE The calculation methods for the values in the following tables are shown in Annex D.

Measurement methods for effective/prospective touch voltages are given in Annex E.

For all tables of Clause 9 the values for intermediate durations may be calculated by linear interpolation.

9.1.3 Touch voltage at vehicles

Attention is directed to the problem that can occur, if a vehicle is touched in case of a fault to or in the vehicle. The voltage acting as the source voltage in the touching circuit is caused by the voltage drop over the vehicle impedance to the running rail and the whole or a part of the rail potential. For impedance values between the vehicle body and rail see IEC 61991:2000, 6.4.3. According to IEC 61991:2000, 6.4.4 the voltage drop over the vehicle including the relevant part of the rail potential shall not exceed the values given in Clause 9.

NOTE If the fault current is unknown, short-circuit currents according to EN 50388:2008, Table 7 may be used in European countries for worst case calculations.

9.1.4 Fault duration condition

For the evaluation of the relevant fault duration in order to assess the permissible touch voltage, the correct operation of the protection devices and switches shall be assumed. Multiple simultaneously occurring faults do not need to be considered.

9.1.5 Voltage limits and time duration aspects

For any moment in time and any time interval at that moment, the maximum r.m.s voltage value over the time interval shall not surpass the voltage given for the applicable time interval as specified in Table 3 and Table 4 for a.c. systems and in Table 5 and Table 6 for d.c. systems.

NOTE Long-term conditions are associated with operation conditions and short-term conditions are associated with fault conditions or for example switching operations.

9.2 Touch voltage limits in a.c. traction systems

9.2.1 General

In order to determine whether an impermissible high touch voltage can occur, the rail potential at the relevant point shall be evaluated both for operation and for fault conditions.

If the rail potential is determined by calculation, such calculation shall employ the maximum operating current and short-circuit current and also the initial short-circuit current.

NOTE Guiding values for the normalized rail potential gradient can be found in Clause C.1.

9.2.2 AC voltage limits for the safety of persons

9.2.2.1 Basic values of the body voltage U_b

The body voltages U_b shall not exceed the values shown in Table 3 for the corresponding time durations.

Table 3 – Maximum permissible body voltages $U_{b, \max}$ in a.c. traction systems as a function of time duration

t s	$U_{b, \max}$ V
> 300	60
300	65
1	75
0,9	80
0,8	85
0,7	90
0,6	100
0,5	120
0,4	150
0,3	230
0,2	295
0,1	345
0,05	360
0,02	370
t : time duration	
$U_{b, \max}$: maximum permissible body voltage	

9.2.2.2 Effective touch voltage limits

For long-term conditions $t \geq 0,7$ s, the effective touch voltage shall not exceed the values shown in Table 4.

For short-term conditions, $t < 0,7$ s, the permissible body voltages are considered to be complied with, if the values for the effective touch voltage in Table 4 are not exceeded.

NOTE 1 An additional resistance of $1\,000\ \Omega$ for old wet shoes is included in the values, see Clause D.1.

Table 4 – Maximum permissible effective touch voltages $U_{te, max}$ in a.c. traction systems as a function of time duration

t s	$U_{te, max}$ long-term V	$U_{te, max}$ short-term V
> 300	60	–
300	65	–
1	75	–
0,9	80	–
0,8	85	–
0,7	90	–
< 0,7	–	155
0,6	–	180
0,5	–	220
0,4	–	295
0,3	–	480
0,2	–	645
0,1	–	785
0,05	–	835
0,02	–	865
t : time duration $U_{te, max}$: maximum permissible effective touch voltage		

Residual touch voltages caused by different tripping times shall be switched off within the corresponding duration time according to Table 4.

NOTE 2 Different tripping times are caused for example by relay coordination, different types of relays and different opening times.

9.2.2.3 Workshops and similar locations

In workshops and similar locations the effective touch voltage shall not exceed the 25 V limit of let go. For short-term conditions 9.2.2.2 shall apply.

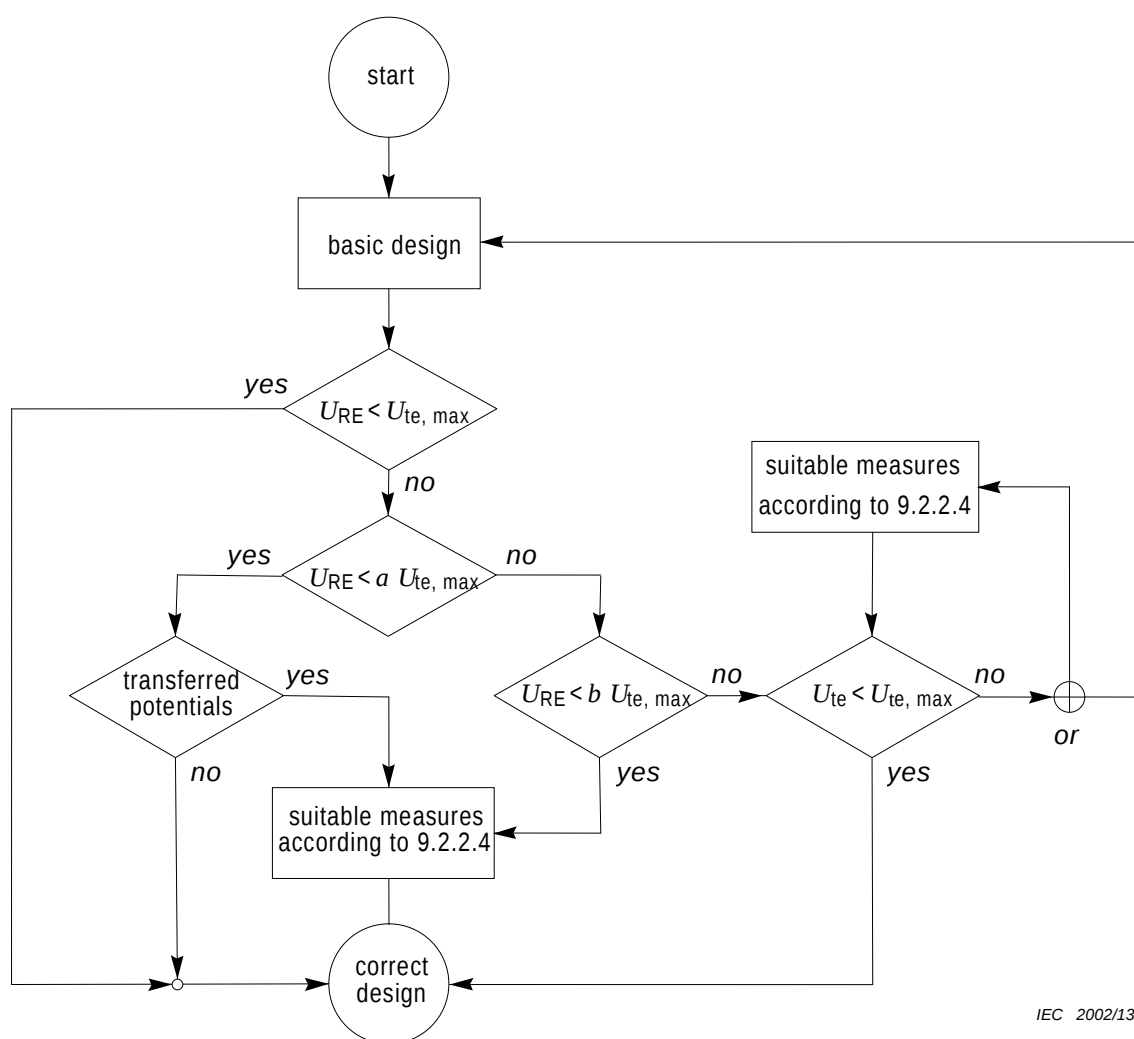
NOTE The reduced level for touch voltages in workshops has been chosen considering the high risk of injury for persons due to uncontrolled reactions caused by touch voltages during work. Injuries through the direct effect of electrical voltage and current are not expected on this level.

9.2.2.4 Measures to reduce the risks from touch voltages

If the limits given in 9.2.2.2 or in 9.2.2.3 are exceeded, the following provisions with help of Figure 26 shall be considered to reduce the risks from touch voltages directly, or by means of a rail potential reduction, or by management.

The following list contains some examples of measures:

- reduction of the rail to earth resistance, e.g. by means of improved or additional earth electrodes;
- equipotential bonding;
- improvement of the return circuit taking electromagnetic coupling into account;
- insulation of the standing surface;
- potential grading by means of appropriate surface earth electrodes;
- obstacles or insulated accessible parts;
- access restrictions (fences) for protection against contact with the voltage on the return circuit;
- prohibition to approach the running rails and the trains except in accordance with procedures for maintenance staff which shall comply with national regulations concerning the safety of instructed persons;
- reduction of fault and/or operation currents;
- voltage-limiting device;
- reduction of the tripping time needed to interrupt the short-circuit current.



Key

U_{RE}	rail potential
U_{te}	effective touch voltage
$U_{te, max}$	maximum permissible effective touch voltage
$a = 2$	factor for 50 % potential decrease, see Figure C.1
$b = 3,3$	factor for 30 % potential decrease, see Figure C.1

Figure 26 – Design of return circuit, with regard to permissible effective touch voltage by checking the rail potential or the effective touch voltage

9.3 Touch voltage limits in d.c. traction systems

9.3.1 General

In order to determine whether an impermissible high touch voltage can occur, the rail potential at the relevant point shall be evaluated both for normal operation and for fault conditions on the basis of the voltage drop in the return circuit.

If the rail potential is determined by calculation, such calculation shall employ the maximum operating current flowing in the running rails. For short-circuits the maximum current during the disconnection time of the fault shall be taken into account (see also Clause C.2).

9.3.2 DC voltage limits for the safety of persons

9.3.2.1 Basic values of the body voltage

Table 5 – Maximum permissible body voltages $U_{b, \max}$ in d.c. traction systems as a function of time duration

t s	$U_{b, \max}$ V
> 300	120
300	150
1	160
0,9	165
0,8	170
0,7	175
0,6	180
0,5	190
0,4	205
0,3	220
0,2	245
0,1	285
0,05	325
0,02	370
t : time duration $U_{b, \max}$: maximum permissible body voltage	

9.3.2.2 Effective touch voltage limits

For long-term conditions $t \geq 0,7$ s the effective touch voltage shall not exceed the values for the body voltage shown in Table 6.

For short-term conditions, $t < 0,7$ s, the body voltages are considered to be satisfied, if the values for the effective touch voltage in Table 6 are not exceeded.

NOTE An additional resistance of 1 000 Ω for old wet shoes is included in the values, see Clause D.1.

Table 6 – Maximum permissible effective touch voltages $U_{te, max}$ in d.c. traction systems as a function of time duration

t s	$U_{te, max}$ long-term V	$U_{te, max}$ short-term V
> 300	120	—
300	150	—
1	160	—
0,9	165	—
0,8	170	—
0,7	175	—
< 0,7	—	350
0,6	—	360
0,5	—	385
0,4	—	420
0,3	—	460
0,2	—	520
0,1	—	625
0,05	—	735
0,02	—	870
t : time duration $U_{te, max}$: maximum permissible effective touch voltage		

9.3.2.3 Workshops and similar locations

In workshops and similar locations the effective touch voltage shall not exceed 60 V. For short-term conditions 9.3.2.2 shall apply.

NOTE The reduced level for touch voltages in workshops has been chosen considering the high risk of injury for persons due to uncontrolled reactions caused by touch voltages during work. Injuries through the direct effect of electrical voltage and current are not expected on this level.

9.3.2.4 Measures to reduce the risks from touch voltages

If the limits given in 9.3.2.2 or 9.3.2.3 are exceeded, the following provisions shall be considered to reduce the risks from touch voltages directly, or by means of a rail potential reduction, or by management. The following list contains some examples:

- reduced length of feeding section;
- increasing of conductance of the return circuit;
- insulation of the standing surface;
- reduction of the tripping time needed to interrupt the short-circuit current;
- installation of voltage-limiting devices (minimum functionality VLD-O, see Annex F) e. g. in passenger stations to achieve equipotential bonding between return circuit and earth;
- direct earthing of running rails at special locations.

NOTE If at special locations like depots, workshops, industrial d.c. railway systems (e. g. surface coal mining) protection against impermissible touch voltage can only be achieved by direct earthing of the running rails, increased stray currents occur.

For stray current provisions see IEC 62128-2.

9.4 Access control

In case there are measures in place, so that persons cannot easily approach to the rails or conductive parts connected to the rails, the requirements shall be satisfied as follows;

- the general public shall be protected against contact with the voltage on the return circuit,
- employees shall not be permitted to approach the running rails and trains except in accordance with procedures which shall comply with national regulations concerning the safety of instructed persons.

10 Additional protective provisions

10.1 Traction substations and traction switching stations

Substations and switching stations shall conform to IEC 61936-1 for all matters concerning electrical safety and earthing. This shall apply also with respect to the presence of a.c. or d.c. electric systems relating to electrical traction, with the following additional requirements:

- the effective touch voltages caused by the traction system shall not exceed values given in 9.2.2 and 9.3.2;
- in a.c. traction systems a direct connection shall be made between the return circuit and the earthing system of the substation or the switching station except for the case which continuous or permanent earthing of the return circuit is not indented, see 9.4;
- in d.c. traction systems connections between return circuit and earthing system of the substation shall be designed in accordance with IEC 62128-2, except where safety considerations require direct earthing (e.g. workshops and depots);
- for insulation co-ordination of equipment connected to the contact line system, IEC 62497-1 shall apply;
- switchgear shall have sufficient performance to clear any fault current on the contact line system.

10.2 Cables

10.2.1 General requirements

Multiple connection of metallic sheaths, armour or shields of cables to the return circuit is permissible only where an impermissible temperature rise cannot occur as a result of such connections. If multiple connection of metallic sheaths, armour or shields of cable to the return circuit is necessary, it shall be ensured that the metallic sheaths, armour or shields of cables do not carry impermissible high traction return currents.

10.2.2 Cables in a.c. traction power supply systems

The metallic sheaths, armour or shields of single-phase a.c. feeder cables shall be connected to the return circuit. Where necessary, special provisions shall be adopted to ensure that an impermissible temperature rise does not occur in the metallic sheaths, armour or shields due to induction with the supply current as a result of earthing at both ends or an impermissible high voltage as a result of earthing at one end only.

10.2.3 Cables in d.c. traction power supply systems

The metallic sheaths, armour or shields of d.c. feeder cables shall be insulated with respect to earth if they are connected to the return circuit. If any metallic sheaths, armour or shields of d.c. feeder cables are not insulated with respect to earth, then measures shall be applied, to protect persons against impermissible high touch voltages. Measures shall be applied, to avoid excessive heating of the metallic sheaths, armour or shields of d.c. feeder cables by the current which flows in them.

10.3 Return circuit connections and earthing conductors

10.3.1 General requirements

The return current busbar of the substation shall be connected to the running rails, return conductors or return conductor rails by at least two return cables, either directly or via the midpoint of impedance bonds. The return cables shall be sufficient for the maximum load current. The number of connecting cables to the running rails shall take into account that one cable connection can be interrupted. The return circuit shall not include fuses, non-lockable switches and joint straps which can be released without a tool.

All conductors shall be designed in such a way that they satisfy the thermal loads which can be produced by the traction return current as well in normal operations and during short-circuits. For mechanical reasons conductors directly connected to rails shall have a minimum cross-section of 50 mm². For d.c. railways insulated conductors shall be used.

All earthing conductors and earthing electrodes, which are not connected to and not a part of the return circuit, shall be designed and constructed as required in IEC 61936-1. This applies in particular to materials choice and to dimensioning, in consideration of mechanical strength, and thermal effects and corrosion.

In d.c. traction systems the thermal dimensioning of such conductors shall be based on the value of the expected prospective short-circuit current and the maximum time to clear it at the location.

Whenever a switching device is installed in the track return system, another switch shall be installed in the supply circuit, and the switching device shall be interlocked so that it cannot be opened before the supply switch is open. For trolleybuses see 5.6.3.2. For railway systems in which the traction current is confined within conductors insulated with respect to earth the same solution shall be used.

For d.c. railways see also IEC 62128-2.

10.3.2 Continuity of the return circuit

Rail joints in running rails used for carrying traction return current shall be provided with rail joint bonds. This also applies to the components of crossings and points. In the case of high voltage a.c. traction systems, the tight joint fish-plates generally provide an adequate conducting bridge.

In the case of track circuits for which rail joint bonds are impossible for technical reasons, the traction return current shall, where necessary, be returned by means of impedance bonds.

At interruptions in tracks, for example at movable bridges or track weighbridges, conductors shall be arranged so as to ensure that the return circuit is continuous.

10.3.3 Cross-bonding of the return circuit

Track-to-track cross-bonding shall be provided at suitable intervals in order to ensure the continuity of the traction return current path and the proper distribution of the traction return currents, so that the touch voltages will not exceed the permissible levels, under both operating and fault conditions.

The specific arrangements for connections of track-to-track cross-bonding shall take account of the track-circuiting arrangements in use and the overall traction power supply system design.

In areas without track circuits only, the running rails of each track shall be connected by rail-to-rail cross-bonds, as required for electrical safety.

Steel sleepers or riveted or screwed rail tie bars between the running rails provide sufficient transverse connection if the running rails are fixed to them without any intermediate insulating layers.

10.3.4 Railway systems in which the traction current is confined within insulated conductors

If the running rails are not used by the traction return current in normal operation, at least one running rail of each track shall nevertheless be electrically continuous as in 10.3.1 to 10.3.3 in order to simplify the detection and localisation of earth faults on the contact lines.

10.4 Removing of decommissioned overhead contact lines

For a track which is permanently decommissioned, the overhead contact line and associated feeders shall be removed.

10.5 Means of achieving safe isolation between sections

10.5.1 Section insulators

If section insulators are used as isolating gaps in overhead contact lines to isolate feeding sections, the minimum clearance in air may be reduced compared with the requirements given in IEC 60913 and IEC 62497-1. A smaller clearance than the normal minimum clearance in air is allowable. The reduced clearances shall not be less than the dynamic electrical clearance defined in IEC 60913.

Section insulators which are inserted in the contact wires have contact with the current collector. Therefore their mechanical design should comply with the current collection requirements of IEC 60913. These requirements impose limits concerning the possible clearances between different live parts, between live parts and earthed parts and the size and the weight. Because of that, it is necessary to allow these smaller distances.

10.5.2 Isolating gaps

Isolating gaps between overhead contact line sections may be bridged by insulators without provisions against leakage currents if regulations impose that maintenance work shall be performed only on overhead contact line sections which are connected to the return circuit (running rails).

10.6 Lightning protection

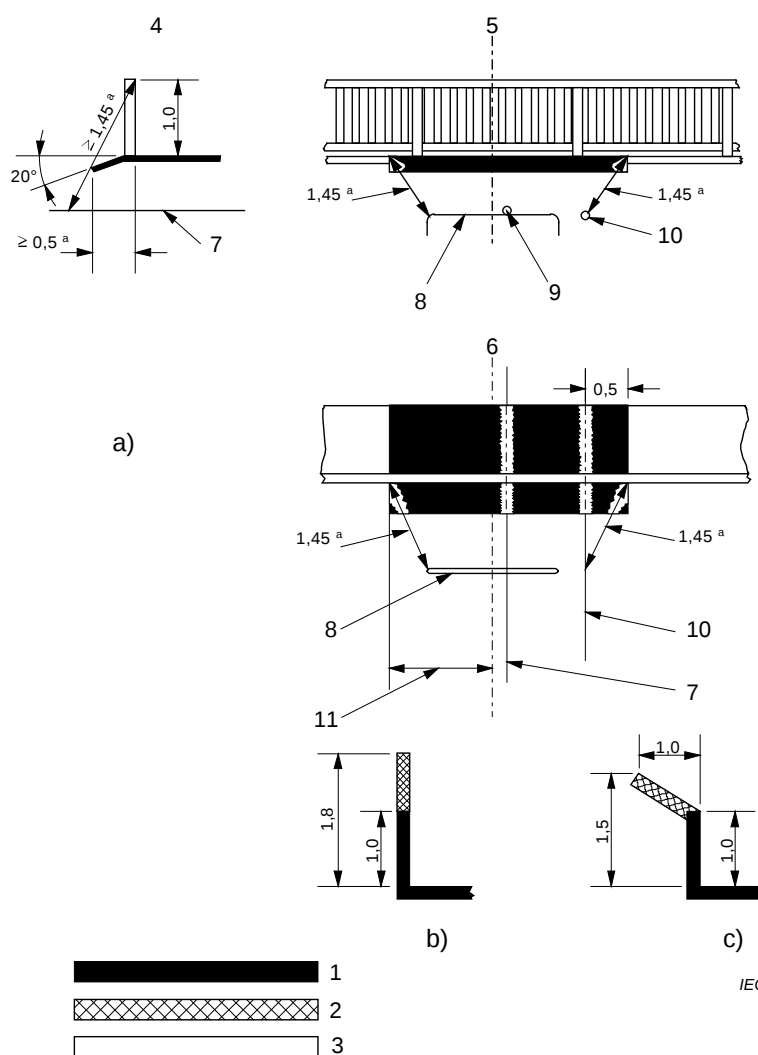
The earthing system of the railway may also be used for the connection of the lightning protection system. In this case, principles according to IEC 62305 series shall be applied, in particular for buildings of traction substations and passenger stations and for elevated structures.

Special care shall be taken for d.c. railways because the return circuit is not connected to earth.

Annex A (informative)

Typical obstacles

Dimensions in metres



IEC 2003/13

Key

- | | | | |
|---|---|----|--------------------------------------|
| 1 | solid-wall design or obstacle conforming to degree of protection IP3X as defined in IEC 60529 | 6 | plan view |
| 2 | mesh screen with a maximum 1 200 mm ² mesh size (can also be solid-wall design) | 7 | contact wire, catenary line feeder |
| 3 | railing, mesh construction (can also be solid-wall design) | 8 | pantograph |
| 4 | side view | 9 | contact wire |
| 5 | front view | 10 | line feeder |
| | | 11 | half pantograph zone |
| | | a | the dimension is taken from Figure 3 |

Figure A.1 – Examples of obstacles along the sides of standing surfaces in public areas for protection against direct contact when they are above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for low voltages (see 5.3.2.2)

Dimensions in metres

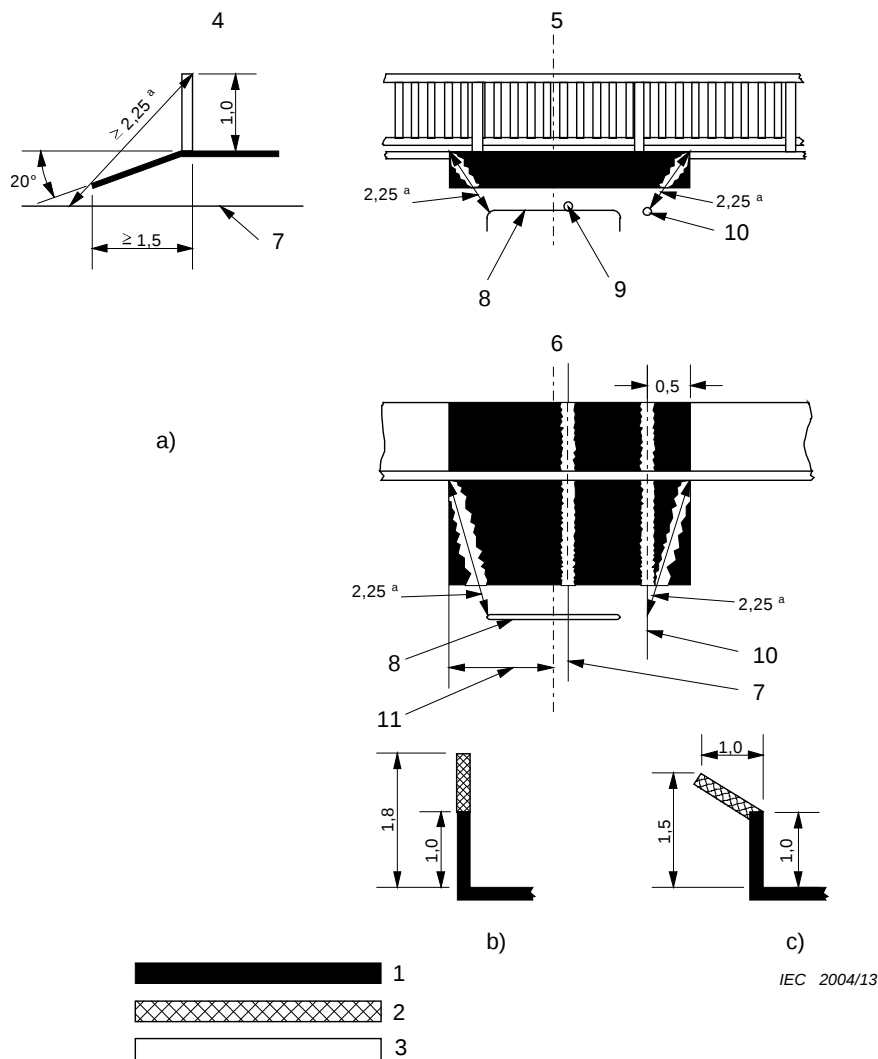
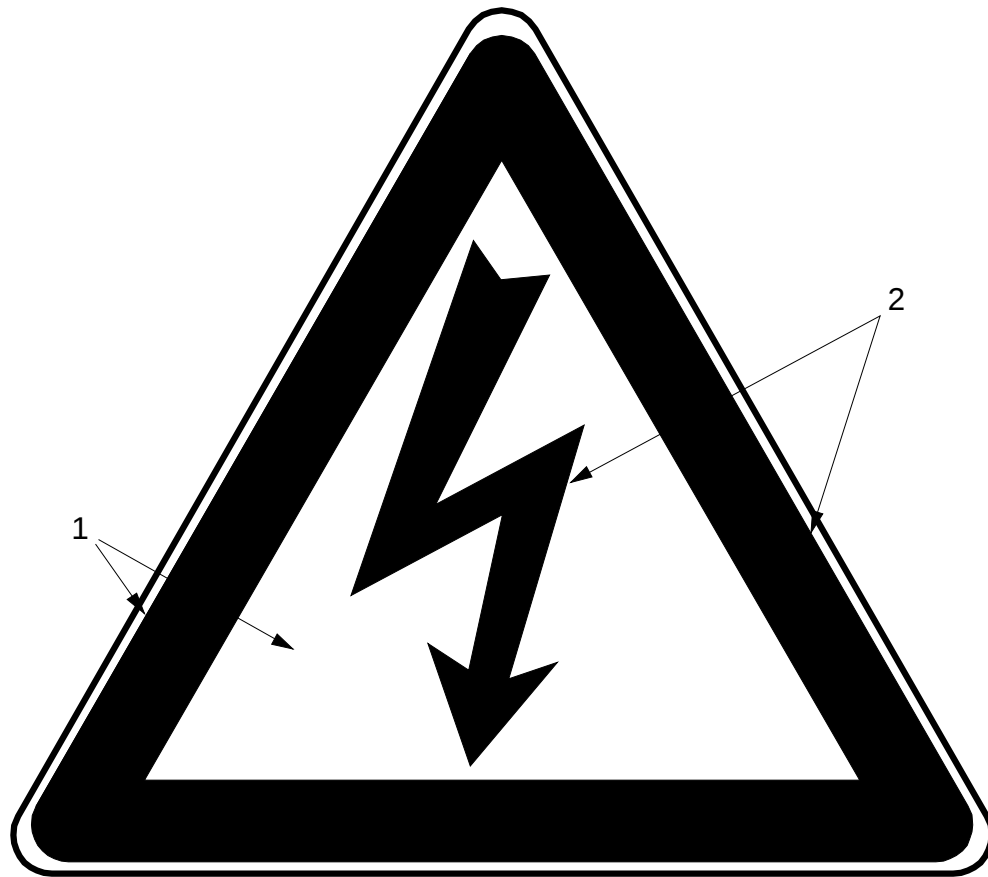


Figure A.2 – Examples of obstacles along the sides of standing surfaces in public areas for protection against direct contact when they are above live parts on the outside of vehicles or live parts of an overhead contact line system for high voltages (see 5.3.2.2)

Annex B
(normative)

Warning sign

Figure B.1 shows the warning sign, the broken arrow, as given in ISO 3864-1:2002 and ISO 7010:2003 + A1:2006, which means "Caution, risk of electric shock".



Key

- 1 reflective yellow
- 2 black

IEC 2005/13

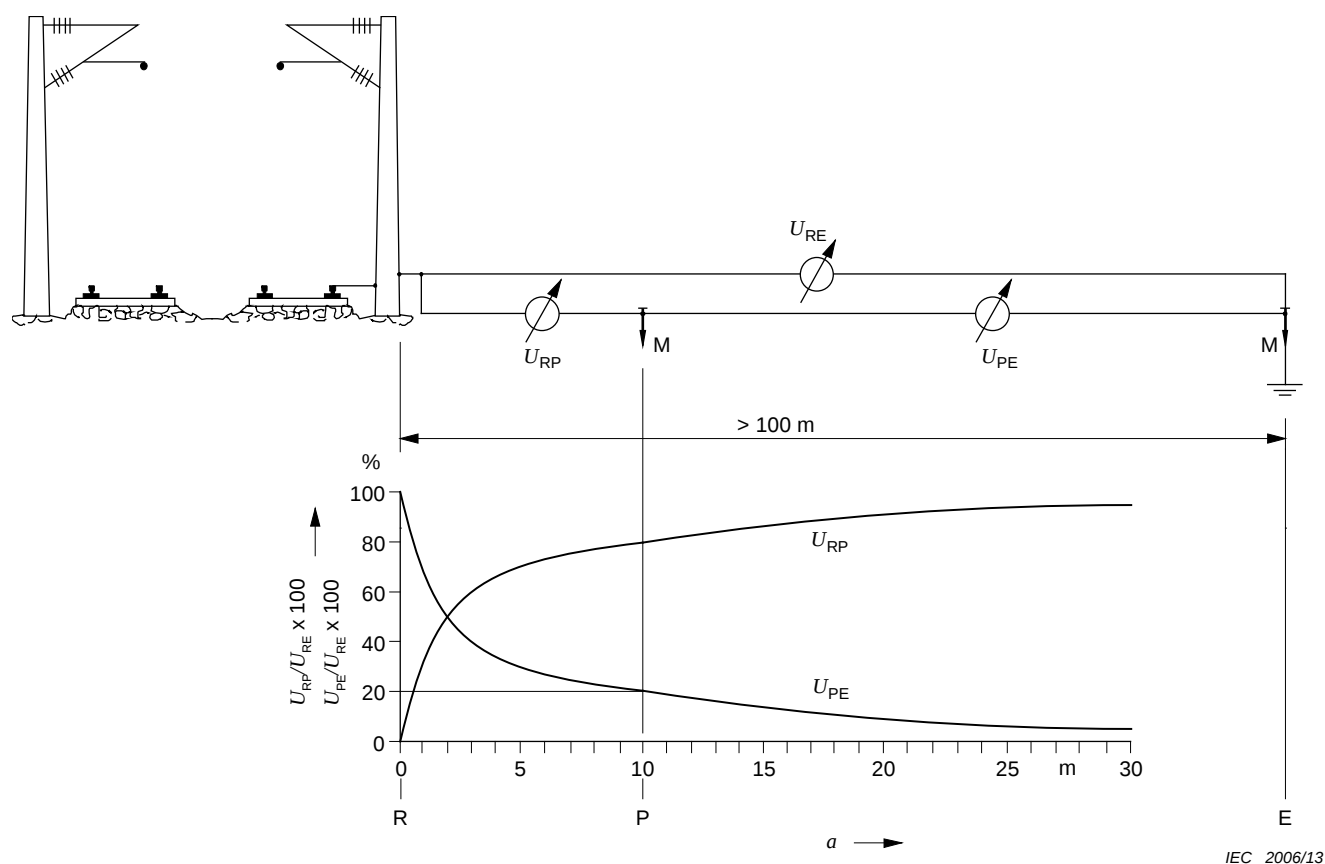
Figure B.1 – Warning sign

Annex C (informative)

Guiding values for rail potential gradient

C.1 AC traction systems

The value at which the rail potential for a.c. traction systems, given in 9.2 can act as a touch voltage should be investigated. Guiding values for the rail potential gradient measured at right angle away from the track of a.c. traction systems, where the running rails are directly earthed, are given in Figure C.1 and Table C.1 for homogenous soil resistivity.



Key

- a distance between running rail (mast) and measuring point
- E earth
- M measuring electrode
- P measuring point
- R rail
- U_{RE} rail potential
- U_{RP} voltage between running rail (mast) and measuring point
- U_{PE} voltage between measuring point and earth

Figure C.1 – Guidance values for the rail potential gradient measured at the mast in a right angle to the track in an a.c. traction system

Table C.1 – Guidance values for the rail potential gradient
(see Figure C.1)

a m	$U_{PE}/U_{RE} \times 100$ %	$U_{RP}/U_{RE} \times 100$ %
1	70	30
2	50	50
5	30	70
10	20	80
20	10	90
50	5	95
100	0	100
a : distance between running rail (mast) and measuring point U_{RE} : rail potential U_{RP} : voltage between running rail (mast) and measuring point U_{PE} : voltage between measuring point and earth		

C.2 DC traction systems

Due to the fact that running rails are insulated with respect to soil, the rail voltage gradient can be very steep. Therefore the whole rail potential can act as a touch voltage.

Annex D (informative)

Effective touch voltage and body voltage with respect to the body current

D.1 Preconditions for calculation

All voltages and currents in Annex D are r.m.s. values in accordance with IEC 60050-101-14-15.

The calculation of the values for the permissible effective touch voltage and body voltage in 9.2 and 9.3 are based on:

- IEC/TS 60479-1:2005;
- IEC 61936-1.

Following assumptions are made:

- current path: one hand to both feet;
- body impedance for large surface areas of contact in dry conditions;
- 50 % probability of body impedance higher than assumed value;
- 0 % probability of ventricular fibrillation (see IEC/TS 60479-1:2005, curve c_1);
- additional resistance $R_a = 1\,000\ \Omega$ for old wet shoes for short-term conditions.

NOTE Proceeding on the assumption that in most cases there is an additional resistance to the total body resistance because of shoes and moreover that the probability of danger is very small within time intervals of less than 1 s, an additional resistance of $1\,000\ \Omega$, to the values of U_{c1} (curve c_1) is taken into account for the calculation of the effective touch voltage for short-term conditions. This value of old wet shoes corresponds to IEC 61936-1.

The resistance of the standing surface, according to IEC 61936-1, may be taken into account additionally at any time interval.

Regarding the risk of heart fibrillation the current path hand to hand is less restrictive than the current path hand to feet, even when an additional resistance of $1\,000\ \Omega$ is included for old wet shoes.

For the limit of let go in workshops hand to hand is the more restrictive current path considering the presence of shoes for employees (workers at site).

D.2 Impedances

D.2.1 Body impedance for a.c. and d.c. voltages

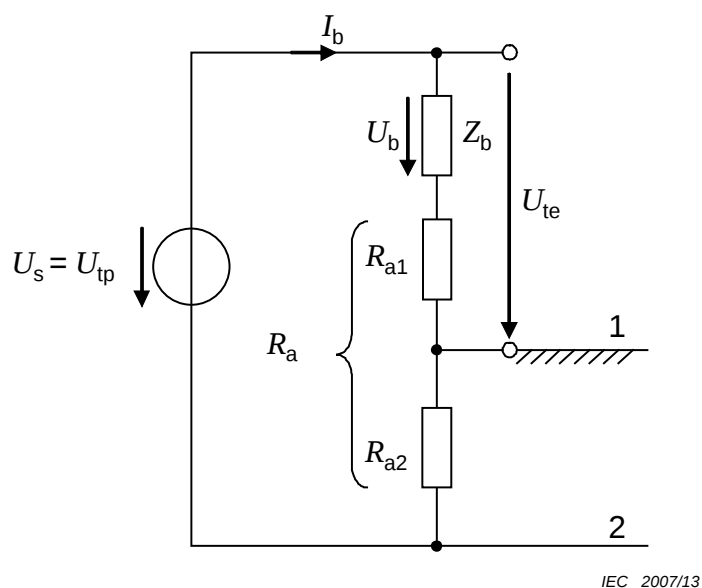
The total human body impedance at 50 % probability is indicated in IEC/TS 60479-1:2005, Table 1, relating hand to hand current path. By applying the reduction factor $r = 0,75$ (IEC/TS 60479-1:2005, Figure 3) for the hand to feet current path, Table D.1 is obtained.

Table D.1 – Body impedance Z_b and body current I_b

	a.c. system $r = 0,75$			d.c. system $r = 0,75$		
U_b V	$Z_b(100)$ Ω	$Z_b(75)$ Ω	$I_b(75)$ mA	$R_b(100)$ Ω	$R_b(75)$ Ω	$I_b(75)$ mA
25	3 250	2 438	10	3 875	2 906	9
50	2 500	1 875	27	2 900	2 175	23
75	2 000	1 500	50	2 275	1 706	44
100	1 725	1 294	77	1 900	1 425	70
125	1 550	1 163	108	1 675	1 256	100
150	1 400	1 050	143	1 475	1 106	136
175	1 325	994	176	1 350	1 013	173
200	1 275	956	209	1 275	956	209
225	1 225	919	245	1 225	919	245
400	950	713	561	950	713	561
500	850	638	784	850	638	784
700	775	581	1 204	775	581	1 204
1 000	775	581	1 720	775	581	1 720
$I_b(75) = U_b/Z_b(75) \times 10^3$ or $I_b(75) = U_b/R_b(75) \times 10^3$ body current in milliamperes U_b : body voltage $I_b(75)$: body current relating to $Z_b(75)$ $Z_b(100)$: total body impedance $Z_b(75)$: 75 % of the total body impedance $R_b(100)$: total body resistance $R_b(75)$: 75 % of the total body resistance r : reduction factor						

D.2.2 Additional resistances

Taking into account additional resistances, leads to Figure D.1.



Key

1 standing surface

2 earth

U_s source voltage

U_{tp} prospective touch voltage

U_{te} effective touch voltage

U_b body voltage

I_b body current

Z_b total body impedance

R_{a1} additional resistance for shoes

R_{a2} additional resistance of standing surface

$R_{a2} = \rho_s \times 1,5 \text{ m}^{-1}$

ρ_s soil resistivity at the standing surface in ohm metres (Ωm)

$U_{tp, \max}(t) = U_{te, \max}(t) + I_b(t) \times R_{a2}$

Figure D.1 – Equivalent circuit for the calculation of the permissible touch voltage

In case of a.c. railway lines, U_{tp} corresponds to U_{RP} of Figure C.1.

Table D.2 provides an example for $R_{a2} = 150 \Omega$ of the standing surface and $R_{a1} = 1\,000 \Omega$ for old wet shoes and short-term conditions.

Table D.2 – Example of the maximum permissible prospective touch voltage for a.c. railways for short-term conditions and $R_a = 1\,150\ \Omega$

t s	$U_{tp, \max}$ V
0,7	165
0,6	190
0,5	235
0,4	320
0,3	520
0,2	695
0,1	850
0,05	905
0,02	940
t : time duration $U_{tp, \max}$: maximum permissible prospective touch voltage	

D.3 Body current and related body voltage

D.3.1 General

The values in Table D.3 and Table D.4 are based on:

- current versus time curve c_1 shown in IEC/TS 60479-1:2005;
- body voltage $U_b = f(I_b)$ obtained from the values in Table D.1.

D.3.2 AC traction systems**Table D.3 – Body currents, body voltages and touch voltages as function of time duration in a.c. traction systems**

t	I_{c1}	U_{c1}	$U_{b, \max}$	$U_{te, \max}$ long-term	$U_{te, \max}$ short-term
s	mA	V	V	V	V
> 300	37	62	60	60	-
300	38	64	65	65	-
1,0	50	75	75	75	-
0,9	52	77	80	80	-
0,8	58	83	85	85	-
0,7	66	91	90	90	-
< 0,7	66	91	90	-	155
0,6	78	101	100	-	180
0,5	100	119	120	-	220
0,4	145	152	155	-	295
0,3	252	230	230	-	480
0,2	350	293	295	-	645
0,1	440	343	345	-	785
0,05	475	361	360	-	835
0,02	495	370	370	-	865

NOTE Columns t and I_{c1} are applied from IEC/TS 60479-1. Column U_{c1} is a result of iterative calculations with column I_{c1} and Table D.1. Column $U_{b, \max}$ is gained by good experience and differs slightly from the calculated ones from U_{c1} . Column $U_{te, \max}$ short-term indicates the relevant touch voltages for short-term conditions considering an additional resistance for old wet shoes. Column $U_{te, \max}$ long-term indicates the relevant touch voltages for long-term conditions.

$U_{te, \max} = U_{c1} + R_{a1} \times I_{c1} \times 10^{-3}$ (short-term)

t : time duration of current flow

I_{c1} : body current which corresponds to curve c_1 in IEC/TS 60479-1:2005

R_{a1} : resistance for old wet shoes ($R_{a1} = 1\,000\ \Omega$)

U_{c1} : body voltage, corresponds to I_{c1}

$U_{b, \max}$: maximum body voltage

$U_{te, \max}$: maximum permissible effective touch voltage

D.3.3 DC traction systems**Table D.4 – Body currents, body voltages and touch voltages as function of time duration in d.c. traction systems**

t	I_{c1}	U_{c1}	$U_{b, \max}$	$U_{te, \max}$ long-term	$U_{te, \max}$ short-term
s	mA	V	V	V	V
> 300	140	153	120	120	-
300	140	153	150	150	-
1,0	150	160	160	160	-
0,9	160	167	165	165	-
0,8	165	170	170	170	-
0,7	175	177	175	175	-
< 0,7	175	177	175	-	350
0,6	180	180	180	-	360
0,5	195	191	190	-	385
0,4	215	204	205	-	420
0,3	240	222	220	-	460
0,2	275	246	245	-	520
0,1	340	287	285	-	625
0,05	410	327	325	-	735
0,02	500	372	370	-	870

NOTE Columns t and I_{c1} are applied from IEC/TS 60479-1. Column U_{c1} is a result of iterative calculations with column I_{c1} and Table D.1. Column $U_{b, \max}$ is gained by good experience and differs slightly from the calculated ones from U_{c1} . Column $U_{te, \max}$ short-term indicates the relevant touch voltages for short-term conditions considering an additional resistance for old wet shoes. Column $U_{te, \max}$ long-term indicates the relevant touch voltages for long-term conditions.

$U_{te, \max} = U_{c1} + R_{a1} \times I_{c1} \times 10^{-3}$ (short-term)

t : time duration of current flow

I_{c1} : body current which corresponds to curve c_1 in IEC/TS 60479-1:2005

R_{a1} : resistance for old wet shoes ($R_{a1} = 1\,000\ \Omega$)

U_{c1} : body voltage, corresponds to I_{c1}

$U_{te, \max}$: permissible effective touch voltage

Annex E (normative)

Measurement methods for effective touch voltages

The measurement of the effective touch voltage shall be carried out as follows:

The effective touch voltage shall be measured over a resistance which corresponds to the human body resistance Z_b and to the additional resistance R_{a1} , see Figure D.1. It shall be at least:

- $Z_b + R_{a1} = 1\,000\ \Omega + 1\,000\ \Omega = 2\,000\ \Omega$ for short-term conditions;
- $Z_b + R_{a1} = 2\,200\ \Omega + 0\ \Omega = 2\,200\ \Omega$ for long-term conditions;

For practical applications a value of $2\,200\ \Omega$ may be used for all conditions.

The measuring electrode, for the simulation of feet, shall have a total area of 400 cm^2 and shall be pressed to the earth with a minimum force of 500 N . Alternatively, a measuring electrode with 2 cm diameter and 30 cm length may be used. This corresponds to an earth electrode with $2,2\ \Omega/\Omega\text{m}$.

To measure the effective touch voltage for concrete or dried up soil a wet cloth or water film shall be placed between the foot electrodes and earth. The foot electrodes shall be placed at a distance not less than 1 m from the exposed conductive part.

A measuring electrode, e.g. a tip electrode, shall be used for simulation of a hand. In this case paint coatings (but not insulation) shall be pierced reliably.

One clamp of the voltmeter shall be connected to the hand-electrode, the other clamp shall be connected to the feet electrode. It is sufficient to carry out such measurements by random checks of an installation.

The effective touch voltage is always lower than the prospective touch voltage. Therefore a simple assessment is possible by using a simple measurement of the prospective touch voltage by a voltmeter with a high internal resistance and an appropriate earth electrode.

At measuring points where the resistance to earth of the measuring electrode for the simulation of feet does not exceed several hundred ohms, a measurement with and without parallel resistance is recommended. The resistance represents the human body resistance Z_b and the additional resistance R_{a1} . If the voltage breaks down when using the parallel resistance, it can be concluded that effective touch voltage is considerably lower than the prospective touch voltage, e.g. the rail potential.

Annex F (normative)

The use of voltage-limiting devices

F.1 General

A voltage-limiting device (VLD) has a high resistance when the applied voltage is less than a specified level and becomes conductive, when the specified level is exceeded. It can remain as non-permanent or permanent connection when the voltage decreases below the specified value.

F.2 Types

VLDs protect against impermissible touch voltages in case of faults and in case of operation. The requirements are fulfilled by VLD-F or VLD-O types, where also one device can fulfill both requirements.

Type 1 (VLD-F):

- For the case of a fault with a connection between a live part of the traction power supply system and a conductive part not intentionally bonded to the return circuit, the VLD-F protects against an impermissible touch voltage by becoming conductive and causing tripping of the power supply. The VLD-F is normally connected between the part to be protected and the return circuit.

EXAMPLE This includes:

- objects in overhead contact line zone or current collector zone, which can be hit by wire or dewired current collector;
- mast, which can become live due to insulation failure.

Type 2 (VLD-O):

- The VLD-O protects against impermissible voltage caused by rail potential in case of operation and short-circuits. In case of short-circuits the current path is identical to the operational one. The VLD-O acts as an equipotential bonding device in order to limit the touch voltage. Only a part of the return current flows through it. The permissible touch voltage according to 9.2 and 9.3 shall not be exceeded. Tripping of the line circuit breakers caused by the VLD-O is not intended. The VLD-O is normally connected between the return circuit and structure earth, e.g. in passenger stations or substations.

F.3 Technical requirements

Each VLD shall be able to conduct the levels of current which will flow in it.

A VLD shall not open unless the levels of current flowing in it are lower than the levels which the device can interrupt safely.

The VLD shall be reset automatically or renewed before significant damage like e.g. stray current corrosion is caused by the current which flows through it.

If the VLD has operated and is not reset automatically a procedure or systems shall be put in place to note and rectify the cause of such event rapidly.

For some kinds of systems a closed VLD may be reset automatically after a defined time considering acceleration times and auto-reclose cycles of protection.

A guide value for the maximum reset time of VLD-O is 60 s, which may be adapted on the typical traffic circumstances.

If maintenance for VLDs is required, then their electrical connections shall be arranged so that it is possible to bypass the VLD in order to protect the workers against hazards of touch voltages or arcing.

Annex G (normative)

Special national conditions

Special national condition: National characteristic or practice which cannot be changed even over a long period, e.g. climatic conditions, electrical earthing conditions. If it affects harmonization, it forms part of this standard or Harmonization Document.

For the countries in which the relevant special national conditions apply these provisions are normative, for other countries they are informative.

Clause Special national conditions

4.1 Denmark

In Denmark the parameters X , Y and Z , which define the dimensions of the overhead contact line and current collector zones according to 4.1, Figure 1, are set to be the following:

- $X = 5,0$ m,
- $Y = 2,5$ m,
- $Z = 2,5$ m.

Furthermore, the overhead contact line zone is expanded at platforms, workshops and similar locations as shown in the figure below.

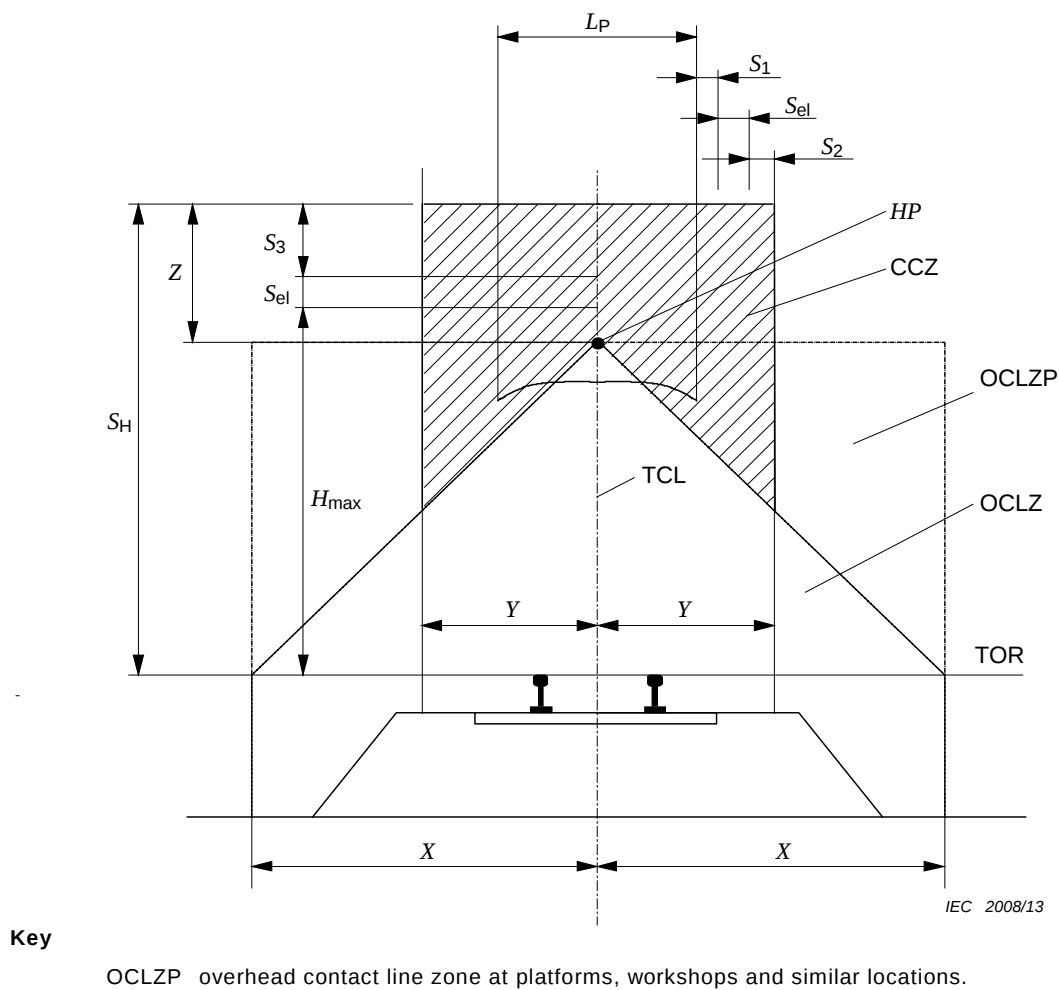


Figure G.1 – Overhead contact line zone at platforms, workshops and similar locations

4.1 France

The overhead contact line and current collector zone according to 4.1, Figure 1 has to be defined by the infrastructure owner.

In absence of such a definition the following values shall be applied:

- $X = 4,0$ m;
- $Y = 2,0$ m;
- $Z = 2,0$ m in the limit of $S_H = 8,0$ m.

Annex H (normative)

A-deviations

Clause

9.2 Switzerland

In Switzerland the maximum permissible touch voltage for a.c. railway systems given in Table 4 shall be replaced by the ones defined in the Regulation SR 734.2 (Directive on the Electrical Power Installations) Articles 54 and 55.

9.3 Switzerland

In Switzerland the maximum permissible touch voltage for d.c. railway systems given in Table 6 shall be replaced by the ones defined in the Regulation SR 734.2 (Directive on the Electrical Power Installations) Articles 54 and 55.

Annex I (informative)

Principles for the return circuit of a.c. railways

I.1 Electrical safety by limited touch voltage

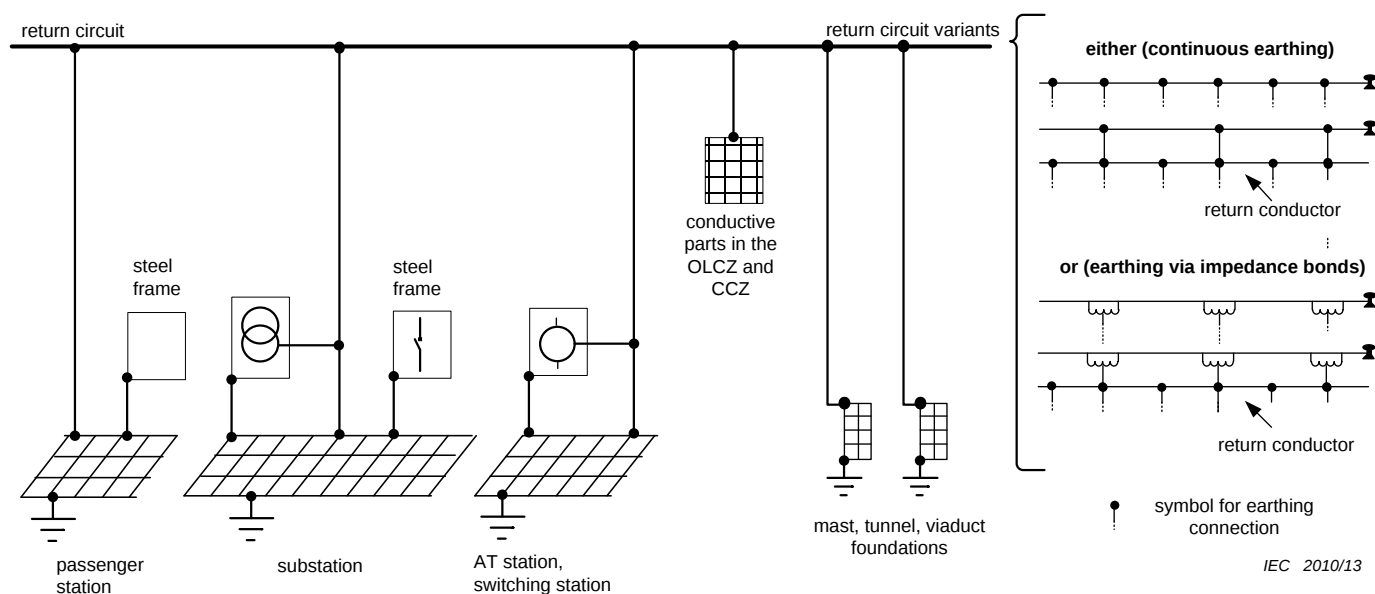
Figure I.1 indicates the return circuit, consisting also of several tracks in parallel, and possible connections to it, depending on signalling system allowing direct connections to earth or via impedance bonds.

If the return circuit and the earthing systems along the line are connected together, the combination can be called railway integrated earthing system, see Figure I.1.

In some cases, return conductors in parallel to the running rails interconnect the earthing installations along the line and form a continuous earthing system. Such conductors can be return conductors on the masts, buried earth wires or the longitudinally interconnected structures of viaducts or tunnels themselves.

Figure I.1 indicates the connections to the return circuit and to the earthing installations and can be applied for all kind of feeding arrangements like 1AC 15 kV or 25 kV, 1AC 25 kV with BT, 2AC 25 kV with AT.

The return circuit is connected to earthing installations as far as possible in order to achieve a low resistance to earth. So the rail potential can be limited to permissible values given in Clause 9 by appropriate system design and implementation.



**Figure I.1 – Principle for limited touch voltage by earthing the return circuit
(railway integrated earthing system)**

I.2 Electrical safety by limited access

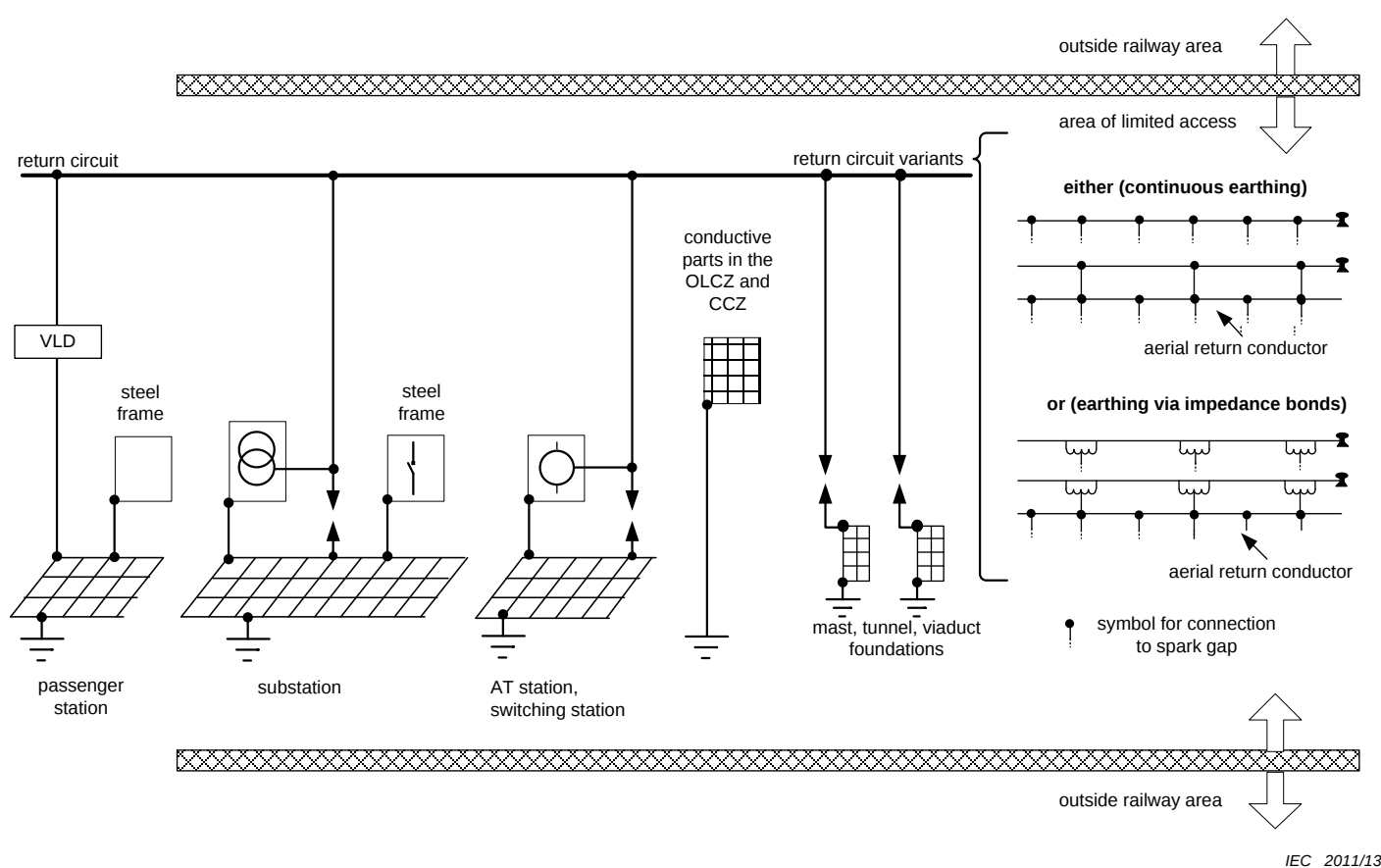
Figure I.2 indicates the return circuit and possible connections to it, allowing indirect connections e.g. via spark gaps to earth.

Figure I.2 indicates the connections to the return circuit and to the earthing installations e.g. via spark gaps, and can be applied for all kind of electric traction systems, as there are 1AC 15 kV or 25 kV, 1AC 25 kV with BT, 2AC 25 kV with AT.

As there are for certain reasons no direct connections to earth such sections are restricted areas. Therefore the rail potential outside the passenger stations may exceed the permissible values given in Clause 9. For the limitation of overvoltage in these restricted areas, connections to earth e.g. via spark gaps are installed.

In order to avoid that persons can access conductive parts with impermissible high voltage, access is limited by barriers, like fences along the line.

In stations Voltage Limiting Devices VLD are installed for a kind of equipotential bonding in order to limit there the touch voltage to permissible values.



IEC 2011/13

Figure I.2 – Principle for limited access

Bibliography

IEC 60050-111, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 111: Physics and chemistry*

IEC 60050-191, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

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

IEC 60050-442, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 442: Electrical accessories*

IEC 60050-551, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 551: Power electronics*

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60050-821, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 821: Signalling and security apparatus for railways*

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 826: Electrical installations*

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

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

EN 50122-3, *Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 3: Mutual interaction of a.c. and d.c. traction systems*

EN 50388:2008, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability*

EN 60721 (all parts), *Classification of environmental conditions (IEC 60721 series)*

EN 61219, *Live working – Earthing or earthing and short-circuiting equipment using lances as short-circuiting device – Lance earthing (IEC 61219)*

EN 61558-2-6, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers (IEC 61558-2-6)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	95
1 Domaine d'application	97
2 Références normatives	97
3 Termes et définitions	99
3.1 Sécurité et dangers électriques	99
3.2 Mise à la terre et liaison équipotentielle	101
3.3 Circuit de retour	102
3.4 Système de traction électrique	104
3.5 Ligne de contact	105
3.6 Corrosion et protection contre la corrosion	107
3.7 Captage de courant	108
3.8 Dispositifs (de coupure) différentiels, dispositifs (à courant) différentiels résiduels	108
3.9 Termes généraux	109
4 Zone de ligne de contact et zone de captage du courant	109
4.1 Systèmes de lignes aériennes de contact	109
4.2 Systèmes de rails de contact	112
4.3 Réseaux de trolleybus	112
5 Mesures de protection contre les contacts directs	113
5.1 Généralités	113
5.2 Protection par isolement	114
5.2.1 Aire de passage	114
5.2.2 Exceptions pour les travailleurs	116
5.2.3 Signaux d'avertissement	116
5.2.4 Hauteur minimale des lignes aériennes de contact au-dessus des routes	116
5.2.5 Lignes d'alimentation situées au-dessus d'aires de chargement	117
5.2.6 Distance d'isolement entre les parties sous tension des systèmes de lignes aériennes de contact et les arbres	117
5.3 Protection par obstacles de protection	117
5.3.1 Généralités	117
5.3.2 Obstacles pour les aires de passage dans les zones accessibles au public	119
5.3.3 Obstacles pour les aires de passage dans les zones non accessibles au public	121
5.3.4 Degré de protection pour des obstacles en basse tension	127
5.3.5 Protections contre l'escalade	127
5.4 Mesures de protection pour un travail sous tension	127
5.4.1 Généralités	127
5.4.2 Lignes aériennes de contact pour chemins de fer ou tramways situées au-dessous de structures	128
5.4.3 Lignes aériennes de contact pour des trolleybus situées au-dessous de structures	129
5.5 Mesures de protection spécifiques contre les chocs électriques au niveau des rails de contact	130
5.5.1 Emplacement du rail de contact sur les quais	130
5.5.2 Exceptions	130
5.5.3 Mesures de protection dans les ateliers	130

5.5.4	Capot de protection des rails de contact dans les zones non accessibles au public.....	131
5.5.5	Exigences concernant les rails de contact avec captage du courant par le dessus dans les zones accessibles au public.....	131
5.5.6	Exigences concernant les rails de contact avec captage du courant par le dessus dans les zones non accessibles au public.....	132
5.6	Mesures de protection spécifiques contre les chocs électriques dans les systèmes où les roues des matériels roulants ne sont pas utilisées comme circuit de retour	134
5.6.1	Généralités.....	134
5.6.2	Réseaux ferroviaires.....	134
5.6.3	Réseaux de trolleybus	135
6	Mesures de protection contre les contacts indirects.....	135
6.1	Généralités.....	135
6.2	Mesures de protection pour les parties conductrices accessibles dans la zone de la ligne de contact ou la zone de captage de courant	136
6.2.1	Systèmes de traction en courant alternatif	136
6.2.2	Réseaux de traction en courant continu	136
6.2.3	Exceptions pour les systèmes de traction à basse tension.....	137
6.2.4	Ancrage des mâts non conducteurs	137
6.3	Mesures de protection des structures entièrement ou partiellement conductrices.....	138
6.3.1	Structures situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage de courant	138
6.3.2	Structures à proximité des chemins de fer	139
7	Mesures de protection pour les alimentations électriques basse tension non destinées à la traction	139
7.1	Généralités.....	139
7.2	Mesures afférentes.....	140
7.3	Mesures de protection des installations électriques situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant	141
7.3.1	Parties conductrices accessibles	141
7.3.2	Appareil de protection de classe II.....	141
7.4	Mesures de protection pour les installations mises en danger par le circuit de retour d'alimentation de traction	141
7.4.1	Conception de l'alimentation auxiliaire	141
7.4.2	Alimentation en basse tension par un schéma TT	142
7.4.3	Alimentation en basse tension par un schéma TN.....	143
7.4.4	Mesures particulières	143
8	Mesures de protection lorsque des voies écouant du courant de retour de traction et/ou des lignes de contact traversent des zones dangereuses.....	148
8.1	Généralités.....	148
8.2	Liaison équipotentielle.....	149
8.3	Conduite parallèle	149
8.4	Joints d'isolation.....	150
8.5	Parafoudre	150
8.6	Ligne de contact des voies de débord	150
9	Limites pour la tension de contact et mesures de protection contre les dangers liés à la tension rail/sol	151
9.1	Généralités.....	151
9.1.1	Tension rail/sol.....	151

9.1.2	Tension à travers le corps et tension de contact	151
9.1.3	Tension de contact sur les matériels roulants	151
9.1.4	Durée du défaut.....	152
9.1.5	Limites de tension et durée.....	152
9.2	Limites de la tension de contact dans les réseaux de traction en courant alternatif.....	152
9.2.1	Généralités.....	152
9.2.2	Limites de tension en courant alternatif pour la sécurité des personnes	152
9.3	Limites de la tension de contact dans les réseaux de traction en courant continu	157
9.3.1	Généralités.....	157
9.3.2	Limites de tension en courant continu pour la sécurité des personnes	157
9.4	Contrôle d'accès.....	159
10	Mesures de protection complémentaires.....	159
10.1	Sous-stations et postes de sectionnement de traction	159
10.2	Câbles.....	159
10.2.1	Exigences générales	159
10.2.2	Câbles dans les systèmes d'alimentation de traction en courant alternatif	159
10.2.3	Câbles dans les systèmes d'alimentation de traction en courant continu	159
10.3	Liaisons du circuit de retour et conducteurs de terre.....	160
10.3.1	Exigences générales	160
10.3.2	Continuité du circuit de retour.....	160
10.3.3	Liaisons transversales du circuit de retour	161
10.3.4	Réseaux ferroviaires dans lesquels le courant de traction est confiné dans des conducteurs isolés.....	161
10.4	Dépose des lignes aériennes de contact mises hors service.....	161
10.5	Dispositions particulières pour assurer l'isolation en toute sécurité entre les sections.....	161
10.5.1	Isolateurs de section	161
10.5.2	Sectionnements.....	161
10.6	Protection contre la foudre	162
Annexe A (informative)	Obstacles typiques	163
Annexe B (normative)	Signal d'avertissement	165
Annexe C (informative)	Valeurs guide pour le gradient de tension rail/sol	166
Annexe D (informative)	Tension de contact effective et tension à travers le corps en fonction du courant à travers le corps	168
Annexe E (normative)	Méthodes de mesure des tensions de contact effectives	174
Annexe F (normative)	Utilisation des limiteurs de tension	175
Annexe G (normative)	Conditions nationales particulières.....	177
Annexe H (normative)	Divergences-A	179
Annexe I (informative)	Principes du circuit de retour d'un réseau ferroviaire en courant alternatif	180
Bibliographie.....		183
Figure 1 – Zone de la ligne aérienne de contact et zone de captage de courant.....		111

Figure 2 – Zone de la ligne aérienne de contact et zone de captage de courant pour les réseaux de trolleybus	113
Figure 3 – Distances d'isolement minimales par rapport aux parties sous tension accessibles à l'extérieur des matériels roulants, ainsi que par rapport aux parties sous tension de systèmes de lignes aériennes de contact, à partir des aires de passage accessibles aux personnes pour des basses tensions.....	115
Figure 4 – Distances d'isolement minimales par rapport aux parties sous tension accessibles à l'extérieur des matériels roulants, ainsi que par rapport aux parties sous tension de systèmes de lignes aériennes de contact, à partir des aires de passages accessibles aux personnes pour des hautes tensions	115
Figure 5 – Aires de passage permettant l'accès des personnes à des parties sous tension extérieures aux matériels roulants et à des systèmes de lignes aériennes de contact.....	118
Figure 6 – Aires de passage permettant l'accès des personnes à des parties sous tension extérieures aux matériels roulants et à des systèmes à rail de contact	118
Figure 7 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact	120
Figure 8 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact en basse tension	123
Figure 9 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact en haute tension	124
Figure 10 – Exemples d'obstacles pour des aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre les contacts directs lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne de contact en basse tension	126
Figure 11 – Exemples d'obstacles pour des aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre les contacts directs lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact en haute tension	127
Figure 12 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous une structure	128
Figure 13 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous un ouvrage pour un réseau de trolleybus non relié à la terre	129
Figure 14 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous un ouvrage pour un réseau de trolleybus dans lequel le fil de contact négatif est relié à la terre ou connecté au circuit de retour d'un réseau de tramway.....	130
Figure 15 – Passages à niveau publics et privés.....	131
Figure 16 – Construction en bord de voie.....	132
Figure 17 – Mât de signaux et/ou téléphones.....	133
Figure 18 – Chemin latéral autorisé	133
Figure 19 – Passage à niveau situé dans les emprises ferroviaires (dépôts, gare à marchandises, traversée en gare).....	134
Figure 20 – Schéma TT pour des réseaux ferroviaires en courant alternatif	144
Figure 21 – Schéma TN pour réseaux ferroviaires en courant alternatif	145
Figure 22 – Schéma TT pour des réseaux ferroviaires en courant continu.....	147

Figure 23 – Schéma TN pour des réseaux ferroviaires en courant continu	148
Figure 24 – Disposition des liaisons transversales de rail à rail et de voie à voie (exemple d'une double voie) et du schéma d'alimentation de la ligne de contact dans le cas d'une voie de débord avec ligne de contact	149
Figure 25 – Emplacement du parafoudre en dehors de la zone de la ligne aérienne de contact d'une voie de débord si la foudre est susceptible de provoquer l'amorçage des pièces isolantes	150
Figure 26 – Conception du circuit de retour, compte tenu de la tension de contact effective admissible, par vérification de la tension rail/sol ou de la tension de contact effective	156
Figure A.1 – Exemples d'obstacles le long des aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre le contact direct lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact en basse tension (voir 5.3.2.2)	163
Figure A.2 – Exemples d'obstacles le long des aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre le contact direct lorsque ces aires se situent au-dessus de parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus de parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact pour les hautes tensions (voir 5.3.2.2)	164
Figure B.1 – Signal d'avertissement	165
Figure C.1 – Valeurs-guides pour le gradient de tension rail/sol mesuré au niveau du poteau perpendiculairement à la voie dans un réseau de traction en courant alternatif	166
Figure D.1 – Circuit équivalent pour le calcul de la tension de contact admissible	170
Figure G.1 – Zone de la ligne aérienne de contact sur les quais, les ateliers et emplacements analogues	178
Figure I.1 – Principes de la tension de contact limitée par mise à la terre du circuit de retour circuit (système de mise à la terre intégré au réseau ferroviaire)	181
Figure I.2 – Principes de l'accès limité	182
Tableau 1 – Dimensions maximales des petits éléments conducteurs	138
Tableau 2 – Types d'alimentations auxiliaires	142
Tableau 3 – Tensions à travers le corps maximales admissibles $U_{b, \max}$ dans les systèmes de traction en courant alternatif en fonction de la durée	153
Tableau 4 – Tensions de contact effectives maximales admissibles $U_{te, \max}$ dans les systèmes de traction en courant alternatif en fonction de la durée	154
Tableau 5 – Tensions à travers le corps maximales admissibles $U_{b, \max}$ dans les systèmes de traction en courant continu en fonction de la durée	157
Tableau 6 – Tensions de contact effectives maximales admissibles $U_{te, \max}$ dans les systèmes de traction en courant continu en fonction de la durée	158
Tableau C.1 – Valeurs-guides pour le gradient de tension rail/sol (voir Figure C.1)	167
Tableau D.1 – Impédance du corps Z_b et courant à travers le corps I_b	169
Tableau D.2 – Exemple de tension de contact présumée maximale admissible pour des réseaux ferroviaires en courant alternatif pour des conditions de courte durée et $R_a = 1\ 150\ \Omega$	171
Tableau D.3 – Courants et tensions à travers le corps, et tensions de contact en fonction de la durée pour des systèmes de traction en courant alternatif	172
Tableau D.4 – Courants et tensions à travers le corps, et tensions de contact en fonction de la durée pour des systèmes de traction en courant continu	173

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
INSTALLATIONS FIXES –
SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE, MISE À LA TERRE ET CIRCUIT DE RETOUR –****Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques****AVANT-PROPOS**

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

La Norme internationale CEI 62128-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2003, dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente résultent de la révision de la norme Européenne correspondante, l'EN 50122-1. Les modifications majeures consistent en la restructuration de tous les articles et les modifications de limites de tensions de contact.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1803/FDIS	9/1837/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62128, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE, MISE À LA TERRE ET CIRCUIT DE RETOUR –

Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62128 spécifie les exigences relatives aux mesures de protection concernant la sécurité électrique dans les installations fixes associées à des systèmes de traction en courant alternatif et/ou continu et dans toutes les installations susceptibles d'être affectées par le système d'alimentation de traction.

Elle s'applique également à toutes les installations fixes qui sont nécessaires pour garantir la sécurité électrique lors des travaux de maintenance réalisés sur des systèmes de traction électrique.

La présente norme s'applique aux systèmes de traction électriques suivants pour toutes les lignes nouvelles et pour toutes les lignes existantes profondément remaniées:

- a) chemins de fer;
- b) réseaux de transport en commun guidés tels que
 - 1) tramways,
 - 2) chemins de fer aériens et souterrains,
 - 3) chemins de fer de montagne,
 - 4) trolleybus, et
 - 5) systèmes à sustentation magnétique, qui utilisent un système de ligne aérienne de contact,
- c) systèmes de transport de matériaux.

La présente norme ne s'applique pas aux:

- d) systèmes de traction des mines souterraines,
- e) grues, plates-formes transportables et matériels de transport similaires sur rails, structures temporaires (par exemple, dans les foires et expositions) dans la mesure où ils ne sont pas alimentés par les lignes aériennes de contact, directement ou par des transformateurs, ni affectés par le système d'alimentation de traction,
- f) téléphériques, télécabines,
- g) funiculaires.

La présente norme ne spécifie pas les règles de travail pour la maintenance.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

NOTE Les références normatives sont constituées de normes CEI. Pour certaines références, les normes CEI n'existent pas. Dans ce cas, il est fait référence aux normes européennes qui sont normatives pour l'Europe.

S'agissant des pays en dehors de l'Europe, ces références sont uniquement informatives et de ce fait figurent dans la Bibliographie.

CEI 60050-101, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 101: Mathématiques*

CEI 60364-4-41:2005, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

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

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*
Amendement 1:1999

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 60898-1:2002, *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues – Partie 1: Disjoncteurs pour le fonctionnement en courant alternatif*

CEI 60913:2013, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*
Amendement 1:2004

CEI 61936-1:2010, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

CEI 61991:2000, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Dispositions de protection contre les dangers électriques*

CEI 62128-2, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu*

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

CEI 62497-1:2010, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

IEC 62724:– *Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Montages mettant en oeuvre des câbles synthétiques pour le support des lignes aériennes de contact*¹

ISO 3864-1:2011, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Partie 1: Principes de conception pour les signaux de sécurité et les marquages de sécurité*

ISO 7010:2011, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

¹ A publier.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Sécurité et dangers électriques

3.1.1

sécurité électrique

protection contre tout risque inadmissible de dommage dû aux systèmes électriques

3.1.2

chocs électriques

effet pathophysiologique résultant du passage d'un courant électrique à travers le corps humain ou à travers celui d'un animal

[SOURCE: CEI 60050-604:1987, 604-04-16]

3.1.3

tension de contact (effective)

U_{te}

tension entre des parties conductrices touchées simultanément par une personne ou un animal

Note 1 à l'article: La valeur de la tension de contact effective peut être sensiblement influencée par l'impédance de la personne ou de l'animal en contact électrique avec ces parties conductrices.

Note 2 à l'article: Le chemin conducteur à travers le corps s'établit par convention entre la main et les deux pieds (distance horizontale de 1 m) ou d'une main à l'autre.

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-05-11]

3.1.4

tension de contact présumée

U_{tp}

tension apparaissant entre des parties conductrices simultanément accessibles quand ces parties conductrices ne sont pas touchées par une personne ou un animal

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-05-09]

3.1.5

tension à travers le corps

U_b

produit du courant à travers le corps et l'impédance du corps

3.1.6

aire de passage

tout point d'une aire où des personnes peuvent se tenir ou se déplacer sans effort particulier

3.1.7

capot de protection

barrière non conductrice destinée à empêcher les personnes d'être en contact direct avec un rail de contact sous tension

3.1.8

obstacle de protection (électrique)

élément empêchant un contact direct fortuit, mais ne s'opposant pas à un contact direct par une action délibérée

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-16]

3.1.9

barrière de protection (électrique)

partie assurant la protection contre les contacts directs dans toute direction habituelle d'accès

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-15]

3.1.10

protection d'accès

matériel destiné à empêcher qu'une personne non autorisée n'ait accès à une zone, une structure ou un bâtiment non accessibles au public

3.1.11

partie conductrice

partie capable de conduire un courant électrique

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-01-06]

3.1.12

partie conductrice accessible

partie conductrice d'un appareil électrique susceptible d'être touchée, qui n'est pas normalement sous tension, mais qui peut le devenir lorsque l'isolation principale connaît une défaillance

Note 1 à l'article: Une partie conductrice d'un appareil électrique qui ne peut être mise sous tension que par contact avec une partie conductrice accessible qui a été mise sous tension n'est pas considérée comme étant elle-même une partie conductrice accessible.

[SOURCE: CEI 60050-442:1998, 442-01-21]

3.1.13

partie sous tension

conducteur ou partie conductrice destiné(e) à être sous tension en service normal. Par convention, ceci n'inclut pas les rails de roulement et les parties qui leur sont reliées

3.1.14

contact direct

contact direct de personnes ou d'animaux avec des parties sous tension

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-03]

3.1.15

contact indirect

contact électrique de personnes ou d'animaux avec des parties conductrices accessibles mises sous tension à la suite d'un défaut

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-12-04]

3.1.16

conducteur de neutre

conducteur relié électriquement au point neutre et pouvant contribuer à la distribution de l'énergie électrique

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-14-07]

3.1.17

conducteur de protection

PE

conducteur requis dans certaines mesures de protection contre les chocs électriques et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- parties conductrices accessibles,
- éléments conducteurs étrangers,
- borne principale de terre,
- prise de terre,
- point de l'alimentation relié à la terre ou point neutre artificiel

3.1.18**conducteur PEN**

conducteur assurant à la fois les fonctions de conducteur de mise à la terre de protection et de conducteur de neutre

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-13-25]

3.1.19**écran plein**

toute construction en béton, acier ou tout autre matériau sans aucun trou ni espace

3.1.20**limiteur de tension****VLD**

dispositif de protection dont la fonction consiste à empêcher l'existence de toute tension de contact élevée inadmissible

3.2 Mise à la terre et liaison équipotentielle**3.2.1****terre**

masse conductrice de la terre, dont le potentiel électrique en chaque point est, par convention, égal à zéro

3.2.2**mise à la terre**

liaison de parties conductrices avec une prise de terre appropriée

3.2.3**prise de terre**

conducteur ou ensemble de conducteurs groupés, en contact intime avec le sol, destinés à établir une liaison électrique avec celui-ci

[SOURCE: CEI 60050-461:2008, 461-06-18]

3.2.4**terre de structure**

construction constituée de parties métalliques ou construction incluant des parties structurelles métalliques interconnectées, qui peuvent être utilisées comme prise de terre

Note 1 à l'article: Des exemples en sont des structures de renfort ferroviaires telles que ponts, viaducs, tunnels, fondations de poteaux et dalle de voie renforcée.

3.2.5**résistance rail-sol**

résistance électrique entre les rails de roulement et la terre ou la terre de structure

3.2.6**liaison équipotentielle**

mise en œuvre de liaisons électriques entre parties conductrices pour réaliser l'équipotentialité

[SOURCE: CEI 60050-826:2004, 826-13-19]

3.2.7

barre omnibus équipotentielle principale

MEB

barre omnibus assurant la connexion électrique des conducteurs équipotentiels

3.2.8

liaison transversale

toute connexion électrique destinée à relier en parallèle les conducteurs du circuit de retour

3.2.9

liaison transversale de rail à rail

liaison électrique entre les rails de roulement de la même voie

3.2.10

liaison transversale de voie à voie

liaison électrique qui relie des voies

3.2.11

connexion électrique de rails

conducteur ayant pour but d'assurer la continuité électrique des rails au droit d'un joint

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-35-07]

3.2.12

liaison ouverte

liaison entre des parties conductrices et le circuit de retour, établie à travers un limiteur de tension et qui établit une connexion conductrice qui peut être temporaire ou permanente si la valeur limite de la tension est dépassée

3.2.13

bâtiment commun

bâtiment ou structure contenant ou soutenant un réseau ferroviaire en courant alternatif et continu, par ailleurs, bâtiment ou structure au sein duquel/de laquelle certaines parties conductrices de la structure se situent dans la zone de la ligne de contact ou la zone de captage de courant du réseau ferroviaire en courant alternatif et certaines parties conductrices de la structure se situent dans la zone de la ligne de contact ou la zone de captage de courant du réseau ferroviaire en courant continu

Note 1 à l'article: Même une connexion fortuite des parties conductrices de différentes structures forme un bâtiment commun, par exemple, via des armatures, du câblage, des tuyaux, etc.

3.3 Circuit de retour

3.3.1

circuit de retour

ensemble des conducteurs destinés à écouler le courant de retour de traction

EXEMPLE Les conducteurs sont les suivants:

- rails de roulement,
- rails de retour de courant,
- conducteurs de retour,
- câbles de retour.

3.3.2

système à retour par la voie

système dans lequel les rails de roulement de la voie constituent une partie du circuit de retour du courant de traction

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-35-02]

3.3.3

conducteur de retour

conducteur parallèle au système à retour par la voie, et connecté aux rails de roulement à intervalles réguliers

3.3.4

rail de retour de courant

rail de contact utilisé pour le retour de courant, en lieu et place des rails de roulement

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-34-10]

3.3.5

câble de retour

conducteur reliant les rails de roulement ou les autres parties du circuit de retour à la sous-station

Note 1 à l'article: Analogue à la CEI 60050-811-35-04.

3.3.6

courant de retour de traction

somme des courants retournant à la source d'alimentation, à la sous-station ou au matériel roulant à freinage par récupération

3.3.7

tension rail/sol

U_{RE}

tension existant entre les rails de roulement et la terre

3.3.8

plate-forme fermée

lieu où le sommet des rails de roulement est au même niveau que la surface environnante

3.3.9

plate-forme ouverte

lieu où les rails de roulement sont posés au-dessus de la surface environnante

3.3.10

conductance linéique

G'_{RE}

valeur inverse de la résistance rail-sol par unité de longueur (S/km)

3.3.11

joint isolant

joint mécanique des rails qui les sépare électriquement dans le sens longitudinal

3.3.12

circuit de voie

circuit électrique dont font partie les rails d'une section de voie, comportant habituellement une source de courant à une extrémité et un dispositif de détection à l'autre et permettant de contrôler la libération ou l'occupation de cette section de voie par un véhicule

Note 1 à l'article: Dans un système de signalisation continue, le circuit de voie peut être utilisé pour transmettre des informations entre le sol et le train.

[SOURCE: CEI 60050-821:1998, 821-03-01]

3.3.13

plan de roulement

TOR (top of rail level)

tangente commune de niveau du rail

3.4 **Système de traction électrique**

3.4.1

système de traction électrique

réseau de distribution électrique destiné à l'alimentation en énergie du matériel roulant ferroviaire

Note 1 à l'article: Le système mécanique comprend:

- des systèmes de ligne de contact,
- un circuit de retour des réseaux de traction électrique,
- des rails de roulement de réseaux de traction autres qu'électriques, qui sont placés au voisinage et électriquement reliés aux rails de roulement d'un réseau de traction électrique,
- des installations électriques alimentées par les lignes de contact soit directement, soit par un transformateur,
- des installations électriques dans les sous-stations utilisées uniquement pour la distribution d'énergie directement aux lignes de contact,
- des installations électriques de postes de sectionnement.

3.4.2

sous-station

sous-station de traction

installation destinée à alimenter un système de lignes de contact, et pour laquelle la tension du système d'alimentation primaire, et dans certains cas la fréquence, sont transformées en tension et fréquence de la ligne de contact

3.4.3

station de commutation (traction)

installation à partir de laquelle l'énergie électrique peut être distribuée à différentes sections d'alimentation ou à partir de laquelle ces sections peuvent être alimentées, mises hors tension ou interconnectées

3.4.4

section d'alimentation

section électrique de l'itinéraire alimentée par des disjoncteurs individuels du circuit de voie à l'intérieur de la zone alimentée par la sous-station

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.3.2]

3.4.5

condition de défaillance

condition non intentionnelle causée par un court-circuit. Sa durée s'achève avec le fonctionnement correct des dispositifs de protection et des disjoncteurs

Note 1 à l'article: Pour la durée du défaut à considérer, il est tenu compte du bon fonctionnement des dispositifs de protection et des disjoncteurs.

3.4.6

court-circuit

chemin conducteur accidentel ou intentionnel entre deux ou plusieurs parties conductrices forçant les différences de potentiel électriques entre ces parties conductrices à être nulles ou proches de zéro

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-04-11]

3.4.7**haute tension**

tension nominale supérieure à 1 000 V en courant alternatif ou à 1 500 V en courant continu

3.4.8**basse tension**

tension nominale jusqu'à et y compris 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu

3.4.9**zone d'interaction mutuelle**

zone dans laquelle une interférence mutuelle entre réseaux ferroviaires en courant alternatif et en courant continu doit être prise en considération

3.4.10**courant de court-circuit présumé attendu**

courant de court-circuit attendu dans les systèmes de traction en courant continu en cas de non-interruption du défaut

3.5 Ligne de contact**3.5.1****système de ligne de contact**

réseau de support destiné à alimenter des unités motrices en énergie électrique à partir des sous-stations. Il couvre des systèmes de ligne aérienne de contact et des systèmes de rails de contact; les limites électriques du système sont le point d'alimentation et le point de contact de l'organe de captage du courant

Note 1 à l'article: Le système mécanique comprend:

- la ligne de contact,
- des structures et fondations,
- des supports et tous composants soutenant ou positionnant les conducteurs,
- des suspensions transversales,
- des équipements tendeurs,
- des lignes d'alimentation, des lignes de renforcement et d'autres lignes comme des câbles de terre et des conducteurs de retour de courant dans la mesure où ils sont soutenus par les structures du système de ligne de contact,
- tout autre matériel nécessaire au fonctionnement de la ligne de contact,
- des conducteurs reliés en permanence à la ligne de contact pour alimenter d'autres appareils électriques tels que l'éclairage, la signalisation,
- le contrôle, le chauffage.

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.1]

3.5.2**ligne de contact**

ligne électrique destinée à alimenter des unités motrices en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de captage du courant

Note 1 à l'article: Cela comprend tous les conducteurs pour le captage du courant, les barres conductrices et rails de contact, y compris:

- les lignes de renforcement,
- les lignes transversales de voie,
- les sectionneurs,
- les isolateurs de sections,
- les dispositifs de protection en cas de surtension,
- les supports qui ne sont pas isolés des conducteurs,

- les isolateurs reliés aux parties sous tension,

Ne sont pas compris:

- les lignes d'alimentation,
- les câbles de terre et les conducteurs de retour de courant.

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.2]

3.5.3

systèmes de ligne aérienne de contact

système de ligne de contact utilisant une ligne aérienne de contact pour alimenter en courant des unités motrices

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.3]

3.5.4

systèmes de ligne aérienne de contact

ligne de contact placée au-dessus (ou à côté) de la limite supérieure du gabarit des unités motrices et alimentant des unités motrices en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de captage de courant montés sur le toit

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-33-02]

3.5.5

ligne aérienne de contact hors roulement

partie de la ligne aérienne de contact, non destinée à être directement utilisée pour le captage du courant, par exemple afin d'atteindre un point terminal sur un poteau ou sur une structure

3.5.6

système de rail de contact

système de ligne de contact utilisant un rail de contact pour le captage du courant

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.5]

3.5.7

rail de contact

ligne de contact faite d'une section métallique rigide ou d'un rail, installée sur des isolateurs situés près des rails de roulement

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.7]

3.5.8

rail aérien de contact

ligne aérienne de contact rigide, constituée d'une section élémentaire ou composée, installée au-dessus ou à côté de la limite supérieure du gabarit des matériels roulants et alimentant des unités motrices en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de captage de courant montés sur le toit

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.1.6]

3.5.9

zone de la ligne aérienne de contact

OCLZ (*overhead contact line zone*)

zone dont les limites ne sont généralement pas franchies par un fil de contact aérien ou un caténaire rompu

3.5.10**zone de captage de courant****CCZ (current collector zone)**

zone dont les limites ne sont généralement pas franchies par un organe sous tension de captage du courant qui n'est plus en contact avec la ligne de contact ou un organe de captage brisé et ses débris

3.5.11**fil de contact**

conducteur électrique d'une ligne aérienne de contact sur lequel appuie l'organe de captage de courant

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-33-15]

3.5.12**désaxement**

disposition en zigzag horizontal prévue au montage des fils de contact, pour éviter une usure localisée sur les bandes de frottement des pantographes

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-33-21, modifiée]

3.5.13**ligne ou câble d'alimentation**

conducteur électrique, tel qu'un câble ou une ligne aérienne entre la ligne de contact et une sous-station ou un poste de traction, qui est alimenté par un disjoncteur

3.5.14**ligne de renforcement**

conducteur aérien monté à proximité de la ligne aérienne de contact et directement relié à celle-ci à des intervalles fréquents de manière à en augmenter la section effective

[SOURCE: CEI 60913:2013, 3.2.2]

3.5.15**isolateur de section**

point de sectionnement comportant des isolateurs insérés dans une suite continue de lignes de contact, et comprenant des patins ou des dispositifs analogues destinés à maintenir un contact électrique continu avec l'organe de captage de courant

3.5.16**double insulation**

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-06-08]

3.6 Corrosion et protection contre la corrosion**3.6.1****corrosion**

réaction électrochimique d'un métal avec son environnement, provoquant sa dégradation progressive ou sa destruction

Note 1 à l'article: La présente norme traite de la corrosion provoquée par des courants vagabonds.

3.6.2**courant de fuite**

courant qui, en l'absence de défaut, s'écoule à la terre ou à travers des éléments conducteurs étrangers d'un circuit

3.6.3

courant vagabond

I_s

partie du courant provenant d'un réseau de traction en courant continu qui suit des trajets autres que le circuit de retour

3.6.4

protection cathodique

immunité électrochimique réalisée par une polarisation cathodique appropriée

[SOURCE: CEI 60050-111:1996, 111-15-40]

3.7 Captage de courant

3.7.1

captage de courant

transmission de courant d'une ligne de contact à un matériel roulant

3.7.2

organe de captage du courant

appareil porté par le matériel roulant et destiné à capter le courant sur le fil ou sur le rail de contact

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-32-01]

3.7.3

pantographe

organe de captage du courant sur le ou les fils de contact, constitué par un système articulé prévu pour permettre une translation verticale de l'archet de pantographe

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-32-02]

3.7.4

frotteur

ensemble de pièces permettant le captage du courant sur le rail de contact

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-32-19]

3.7.5

trolley

organe de captage du courant sur un fil de contact par une roulette à gorge ou par une cuillère de contact montée sur une perche mobile en tous sens

[SOURCE: CEI 60050-811:1991, 811-32-08]

3.8 Dispositifs (de coupure) différentiels, dispositifs (à courant) différentiels résiduels

3.8.1

dispositifs (de coupure) différentiels

dispositifs (à courant) différentiels résiduels RCD (*residual current device*)

dispositif mécanique de coupure destiné à établir, supporter et couper des courants dans les conditions de service normales et à provoquer l'ouverture des contacts quand le courant différentiel atteint, dans des conditions spécifiées, une valeur donnée

Note 1 à l'article: Un dispositif de coupure différentiel peut être une combinaison de divers éléments séparés conçus pour détecter et mesurer le courant différentiel et pour établir ou interrompre le courant.

[SOURCE: CEI 60050-442:1998, 442-05-02]

3.8.2

disjoncteur différentiel résiduel sans protection incorporée contre les surintensités RCCB (*residual current operated circuit-breaker without integral overcurrent protection*)

dispositif de coupure différentiel non conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

[SOURCE: CEI 60050-442:1998, 442-05-03]

3.8.3

disjoncteur différentiel résiduel avec protection incorporée contre les surintensités RCBO (*residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection*)

dispositif de coupure différentiel conçu pour réaliser les fonctions de protection contre les surcharges et/ou les courts-circuits

[SOURCE: CEI 60050-442:1998, 442-05-04]

3.9 Termes généraux

3.9.1

personne avertie en électricité personne avertie

personne suffisamment informée ou surveillée par des personnes qualifiées en électricité pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: CEI 60050-195:1998, 195-04-02]

3.9.2

chemin latéral autorisé

cheminement sécurisé le long de la voie pouvant être emprunté uniquement par les personnes autorisées

3.9.3

surveillance supervision

ensemble des opérations manuelles ou automatiques destinées à observer l'état d'une entité

Note 1 à l'article: La surveillance automatique d'une entité peut être effectuée à l'intérieur ou à l'extérieur de celle-ci.

[SOURCE: CEI 60050-191:1990, 191-07-26]

3.9.4

zone accessible au public

zone à laquelle le public a accès sans restrictions

3.9.5

zone non accessible au public

zone à laquelle peuvent accéder les seules personnes autorisées

4 Zone de ligne de contact et zone de captage du courant

4.1 Systèmes de lignes aériennes de contact

Ces zones sont définies pour des mesures de protection spécifiées conformément à 6.2 et 6.3 et dont les limites ne sont en général pas franchies par un fil de contact aérien ou caténaire

rompu ou par un organe sous tension de captage de courant déraillé ou brisé et par ses débris.

Un fil de contact aérien ou caténaire sous tension rompue ou des parties sous tension d'un organe de captage de courant brisé ou déraillé peuvent mettre accidentellement en contact des structures et des équipements qui deviennent alors sous tension. La Figure 1 définit les zones dans lesquelles un tel contact peut se produire.

NOTE 1 Un impact mécanique est à l'origine de la rupture d'un fil aérien de contact, d'un caténaire et du déraillement d'un organe de captage du courant.

NOTE 2 Un organe de captage de courant déraillé d'une ligne aérienne de contact à cause d'un incident peut néanmoins être sous tension si un train comporte plusieurs organes de captage du courant connectés électriquement ou si le train est en cours de freinage par récupération.

Les paramètres X , Y , Z illustrés à la Figure 1 doivent être définis par les réglementations nationales.

S'il n'existe pas de réglementation nationale, les valeurs recommandées de X , Y et Z , basées sur l'expérience sont les suivantes; $X = 4$ m; $Y = 2$ m; $Z = 2$ m.

La dimension de X tient compte du désaxement.

Si l'organe de captage du courant est un pantographe, la largeur de la zone de l'organe de captage du courant Y est le résultat:

- de la moitié de la largeur du pantographe $L_P/2$,
- du mouvement transversal du pantographe S_1 ,
- de la distance d'isolement électrique S_{el} conformément à la CEI 60913, et
- une distance de sécurité S_2 pour la rupture ou le déboîtement d'un pantographe.

$$Y = L_P/2 + S_1 + S_{el} + S_2$$

La hauteur de la zone Z de l'organe de captage de courant dépend:

- de la hauteur maximale de l'organe de captage de courant complètement levé H_{max} mesurée à partir du plan de roulement,
- de la distance d'isolement électrique S_{el} conformément à la CEI 60913,
- de la distance de sécurité en hauteur S_3 pour la rupture d'un pantographe.

$$Z = H_{max} + S_{el} + S_3 - HP$$

Le point HP est la position du conducteur le plus élevé de la ligne aérienne de contact dans toutes les conditions de fonctionnement considérées dans l'axe de la voie. Les limites de la zone de la ligne aérienne de contact au-dessous du plan de roulement s'étendent verticalement vers le bas jusqu'à la surface du sol.

Il n'est pas nécessaire d'étendre ces limites au-dessous de la surface supérieure du tablier lorsque la voie ferrée passe sur un pont.

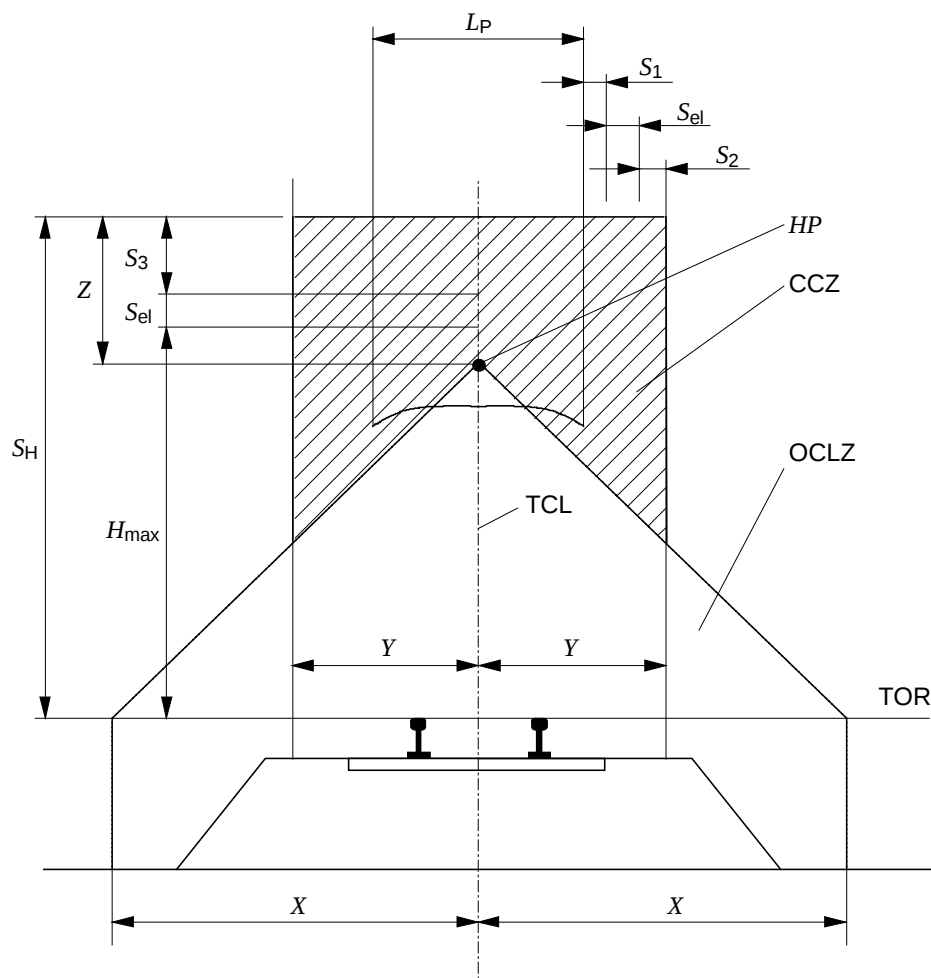
Dans le cas où les lignes aériennes de contact quittent l'axe de la voie (lignes aériennes de contact hors roulement), la zone de la ligne aérienne de contact doit être étendue en conséquence.

NOTE 3 L'attention est attirée sur le revêtement du tunnel des lignes aériennes de contact hors roulement.

Lorsqu'il peut être démontré qu'il est peu vraisemblable qu'un rail de contact aérien se brise et mette en danger la zone environnante, il n'est alors pas nécessaire de définir une zone de rail aérien de contact, une zone de captage du courant se révélant toutefois nécessaire. La

limite la plus basse de cette zone doit être à 3 m au-dessus du TOR (*Top of Rail level*: plan de roulement).

La zone de captage de courant applicable aux trolleys doit être spécifiée dans les réglementations nationales.



IEC 1977/13

Légende

- TOR plan de roulement (TOR: *Top of Rail level*)
- HP point le plus haut du caténaire ou du fil de contact au-dessus du TOR (HP: *highest point*)
- OCLZ zone de la ligne aérienne de contact
- CCZ zone de captage de courant
- TCL axe de la voie (TCL: *track centre line*)
- X longueur maximale de la demi-base de OCLZ projetée horizontalement sur le plan de roulement
- Y longueur maximale de la demi-base de CCZ projetée horizontalement
- Z différence entre la hauteur de HP et de S_H
- S_1 largeur du mouvement transversal de l'organe de captage de courant
- S_2 distance de sécurité latérale pour l'organe de captage de courant brisé ou décroché
- S_3 distance de sécurité verticale pour l'organe de captage de courant brisé ou décroché
- S_{el} distance d'isolement électrique conformément à la CEI 60913
- S_H hauteur maximale de la zone de captage de courant
- L_P largeur de l'organe de captage de courant (la forme et la hauteur de l'organe de captage de courant sont fournies à titre d'exemple uniquement)
- H_{max} hauteur maximale de l'organe de captage de courant complètement levé

Figure 1 – Zone de la ligne aérienne de contact et zone de captage de courant

4.2 Systèmes de rails de contact

Dans le cas d'un rail de contact proche des rails de roulement, une zone de ligne de contact n'est pas exigée.

Le risque de rupture d'un rail de contact peut être négligé.

Pour les mesures de protection contre des contacts directs, voir 5.5. Les limites de la zone de captage de courant doivent être stipulées selon chaque cas spécifique par le responsable de l'infrastructure.

4.3 Réseaux de trolleybus

Cette zone est définie pour des mesures de protection spécifiées conformément à 5.6.3 et dont les limites ne sont en général pas franchies par l'un et/ou l'autre des deux fils aériens de contact rompus ou par un trolley sous tension décroché ou brisé et par ses débris.

Un fil aérien de contact sous tension rompue ou des parties sous tension d'un trolley décroché ou brisé peuvent mettre accidentellement en contact des structures et des équipements qui deviennent alors sous tension. La Figure 2 définit les zones dans lesquelles un tel contact peut se produire.

Les paramètres X , Y , Z illustrés à la Figure 2 doivent être définis par les réglementations nationales.

Une valeur guide spécifie 4 m pour le paramètre X , 0,6 m pour le paramètre Y et 1 m pour le paramètre Z .

Dans le cas de trolleybus, le trolley et la tête de l'organe de captage de courant sont guidés par le fil de contact: les paramètres L_P et S_1 sont donc égaux à zéro.

La largeur de la zone de l'organe de captage de courant Y est le résultat de:

- de la distance d'isolement électrique S_{el} conformément à la CEI 60913, et
- une distance de sécurité S_2 pour la rupture ou le décrochage du trolley.

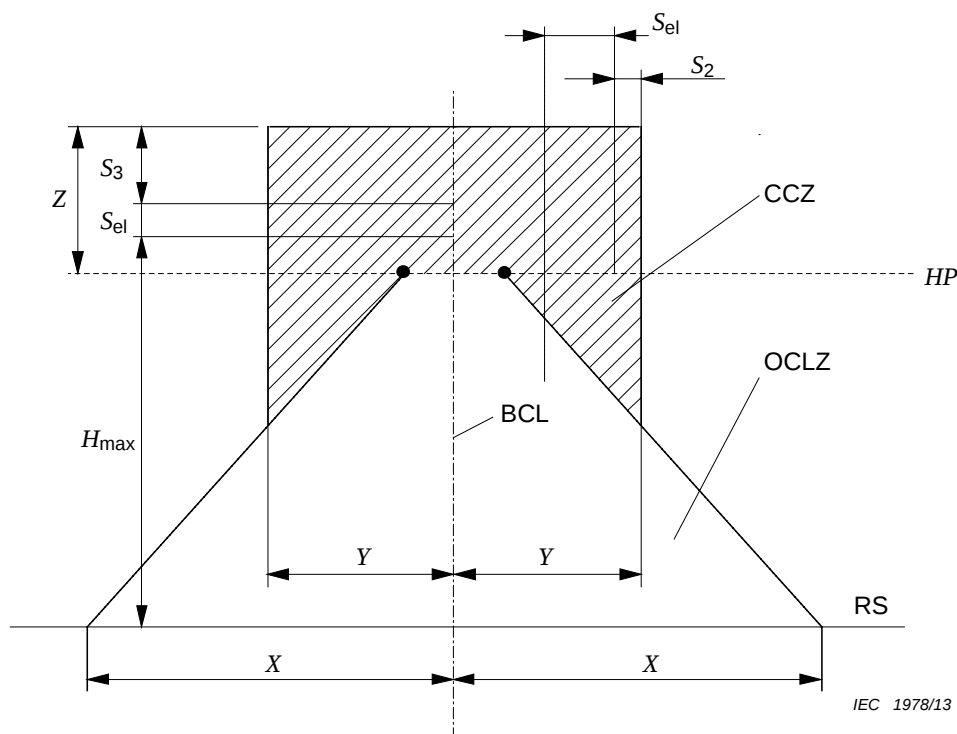
$$Y = S_{el} + S_2$$

La hauteur de la zone Z de l'organe de captage de courant dépend de:

- la hauteur maximale H_{max} du trolley complètement levé mesurée à partir de la surface de la route,
- la distance d'isolement électrique S_{el} conformément à la CEI 60913,
- la distance de sécurité en hauteur S_3 pour la rupture d'un organe de captage de courant.

$$Z = H_{max} + S_{el} + S_3 - HP$$

Le point HP est la position du conducteur le plus élevé de la ligne aérienne de contact dans toutes les conditions de fonctionnement. Il n'est pas nécessaire d'étendre les limites de la zone de la ligne aérienne de contact au-delà de la surface supérieure du tablier lorsque la ligne de trolleybus passe sur un pont.



IEC 1978/13

Légende

HP	point le plus haut de la ligne aérienne de contact (HP: highest point)
RS	surface de la route (RS: road surface)
OCLZ	zone de la ligne aérienne de contact
CCZ	zone de captage de courant
BCL	axe de la ligne bifilaire (BCL: bifilar centre line)
X	longueur maximale de la demi-base de OCLZ projetée horizontalement sur la surface de la route
Y	longueur maximale de la demi-base de CCZ projetée horizontalement
Z	différence entre la hauteur de HP et de S_H
S_2	distance de sécurité latérale pour l'organe de captage de courant brisé ou décroché
S_3	distance de sécurité verticale pour l'organe de captage de courant brisé ou décroché
S_{el}	distance d'isolement électrique conformément à la CEI 60913
S_H	hauteur maximale de la zone de captage de courant
H_{max}	hauteur maximale de l'organe de captage de courant complètement levé

Figure 2 – Zone de la ligne aérienne de contact et zone de captage de courant pour les réseaux de trolleybus

5 Mesures de protection contre les contacts directs

5.1 Généralités

Conformément à la CEI 60364-4-41, aucune protection contre les contacts directs n'est exigée pour les circuits de tension nominale jusqu'à et y compris 25 V en courant alternatif ou 60 V en courant continu. Cependant, cela ne doit pas s'appliquer si le circuit en question est connecté au circuit de retour traction.

Dans les systèmes de lignes aériennes de contact, l'une des mesures de protection suivantes doit être utilisée pour la protection contre les contacts directs:

- protection par isolement,
- protection par obstacles.

Dans la présente norme, tous les isolateurs reliés directement à une partie sous tension doivent être considérés comme étant eux-mêmes des parties sous tension en ce qui concerne les distances d'isolement. Les parties de câbles synthétiques éloignées de plus de 1 m des parties sous tension que la ligne de fuite constituent des exceptions conformément à la CEI 62724.

5.2 Protection par isolement

5.2.1 Aire de passage

Pour les aires de passage accessibles aux personnes, la distance d'isolement en ligne droite illustrée aux Figures 3 et 4 doit être prévue contre les contacts directs avec des parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact, ainsi qu'avec des parties sous tension à l'extérieur d'un matériel roulant (par exemple, organes de captage de courant, conducteurs en toiture, résistances). Ceci ne s'applique pas aux systèmes de rails de contact proches des rails de roulement (voir 5.5).

Les distances d'isolement indiquées aux Figures 3 et 4 sont des valeurs minimales qui doivent être maintenues quelles que soient les températures et dans toute la plage des charges électriques et mécaniques des conducteurs. En raison des pratiques nationales ou régionales en vigueur, le responsable de l'infrastructure approprié peut exiger des distances d'isolement supérieures ou des grillages aux mailles plus fines.

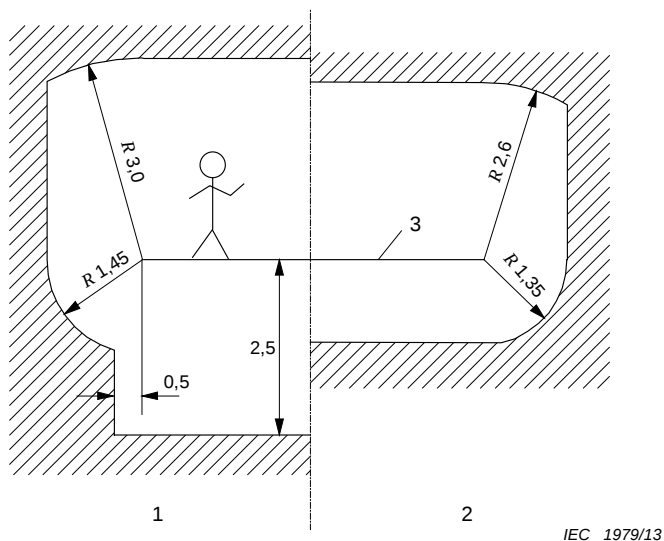
Cette protection n'est pas obligatoire si, bien que le contact soit possible avec des parties sous tension, d'autres mesures ont été prises pour garantir l'isolement par rapport à la source.

NOTE 1 La distance d'isolement en ligne droite suppose que les parties sous tension sont accessibles par une personne se tenant sur une aire de passage sans utiliser d'objets.

Les Figures 3 et 4 supposent que l'aire de passage ne permet pas une protection contre les contacts avec des parties sous tension situées dessous ou latéralement. Selon son mode de construction, il se peut qu'en pratique cette aire soit conforme à l'exigence concernant la présence d'obstacles. Dans ce cas, on peut utiliser les distances d'isolement plus faibles applicables aux obstacles.

NOTE 2 Ces distances d'isolement ont été déterminées sur la base de l'accessibilité au toucher telle que définie dans la CEI 60364-4-41 à laquelle a été ajoutée une marge de sécurité. Cette marge de sécurité a été déterminée en fonction de la tension du système de ligne de contact, de l'expérience et de la localisation de l'aire de passage, dans une zone accessible ou non au public.

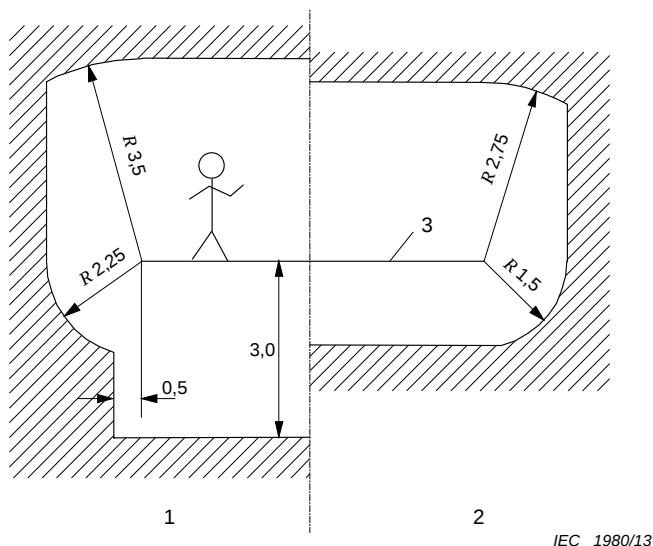
Dimensions en mètres

**Légende**

- 1 zones accessibles au public
- 2 zones non accessibles au public
- 3 aire de passage

Figure 3 – Distances d'isolement minimales par rapport aux parties sous tension accessibles à l'extérieur des matériels roulants, ainsi que par rapport aux parties sous tension de systèmes de lignes aériennes de contact, à partir des aires de passage accessibles aux personnes pour des basses tensions

Dimensions en mètres

**Légende**

- 1 zones accessibles au public
- 2 zones non accessibles au public
- 3 aire de passage

Figure 4 – Distances d'isolement minimales par rapport aux parties sous tension accessibles à l'extérieur des matériels roulants, ainsi que par rapport aux parties sous tension de systèmes de lignes aériennes de contact, à partir des aires de passages accessibles aux personnes pour des hautes tensions

5.2.2 Exceptions pour les travailleurs

Les distances d'isolement à observer pour les personnes travaillant au voisinage de systèmes de lignes de contact sous tension doivent être définies dans les procédures d'exploitation. En l'absence de celles-ci, les distances d'isolement indiquées aux Figures 3 et 4 ou les distances d'isolement aux obstacles conformes à 5.3 doivent être utilisées.

Les aires de passage ou les quais utilisés pour la seule exécution de travaux sur ou au voisinage du système de ligne de contact ne sont pas inclus.

EXEMPLE Citons comme exemples les marquises de gare, plates-formes de travail et longrines au niveau des passerelles de signalisation, plates-formes de travail des signaux individuels, échelles de maintenance, nacelles hydrauliques et plates-formes de travail des wagons à plate-forme mobile.

5.2.3 Signaux d'avertissement

Ces signaux doivent être placés dans les zones où il existe un risque sérieux pour les personnes de franchir les limites d'accès aux parties sous tension d'un système de ligne de contact indiquées en 5.2.1. Ces signaux d'avertissement doivent être placés en évidence et être aisément visibles depuis le point d'accès. Les signaux doivent être conformes à l'ISO 3864 (voir Annexe B) ou exigence nationale. Si nécessaire, un signal supplémentaire approprié peut être mis en place.

5.2.4 Hauteur minimale des lignes aériennes de contact au-dessus des routes

Lorsqu'une route ouverte au trafic normal des véhicules est surplombée par la ligne aérienne de contact d'un chemin de fer électrifié, d'un tramway ou d'un trolleybus et qu'aucune restriction de trafic n'est spécifiée, il doit être maintenu, sauf stipulation contraire dans la législation nationale, une distance d'isolement verticale minimale telle que spécifiée ci-dessous entre le niveau de la chaussée et le point le plus bas de la ligne aérienne de contact et des câbles d'alimentation associés.

La distance d'isolement verticale minimale entre le niveau de la chaussée et la ligne aérienne de contact doit être

- de 4,70 m pour les basses tensions,
- de 5,50 m pour les hautes tensions.

Dans le cas où la distance d'isolement minimale exigée ne peut pas être respectée et sauf spécification contraire dans la législation nationale, la hauteur maximale des véhicules routiers autorisés à circuler sous la ligne aérienne de contact doit être limitée de façon à garantir les distances d'isolement verticales minimales suivantes entre le point le plus haut du véhicule routier (chargement compris) et les parties sous tension:

a) pour les basses tensions:

- 1) 0,50 m, lorsque seuls des signaux routiers indiquent la hauteur maximale admissible des véhicules,
- 2) 0,30 m, lorsque des obstacles fixes complémentaires (par exemple, un obstacle rigide ou un fil métallique fixé solidement et rendu visible par un signal d'avertissement suspendu) sont implantés de chaque côté de la traversée et délimitent matériellement cette hauteur de véhicule, et

b) pour les hautes tensions:

- 1) 1,00 m, lorsque seuls des signaux routiers indiquent la hauteur maximale admissible des véhicules,
- 2) 0,50 m, lorsque des obstacles fixes complémentaires (par exemple, un obstacle rigide ou un fil métallique fixé solidement et rendu visible par un signal d'avertissement suspendu) sont implantés de chaque côté de la traversée et délimitent matériellement cette hauteur de véhicule.

5.2.5 Lignes d'alimentation situées au-dessus d'aires de chargement

Il convient que les lignes ou câbles d'alimentation dans les réseaux à haute tension ne soient pas situés au-dessus d'aires de chargement ou de voies de débord. Lorsque cette disposition ne peut être évitée, une distance verticale minimale de 12,00 m doit être prévue entre les surfaces de la plate-forme de chargement (rampes) et les lignes d'alimentation.

5.2.6 Distance d'isolement entre les parties sous tension des systèmes de lignes aériennes de contact et les arbres

Pour les chemins de fer alimentés en haute tension, la distance entre les parties sous tension du système de ligne aérienne de contact et les branches des arbres ou les buissons doit être d'au moins 2,50 m sans charge du vent ni charge de glace ou d'au moins 2,00 m en prenant en considération la charge du vent et de la glace.

Les réglementations nationales peuvent définir de plus grandes distances, par exemple 3,5 m ou plus du fait de conditions environnementales différentes.

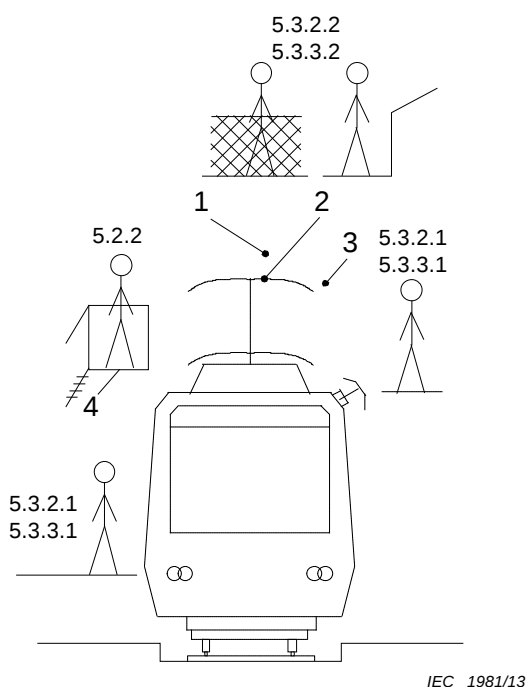
5.3 Protection par obstacles de protection

5.3.1 Généralités

Si les distances d'isolement indiquées de 5.2.1 à 5.2.5 ne peuvent pas être respectées, des obstacles doivent être mis en place pour assurer la protection contre les contacts directs avec les parties sous tension. La disposition de ces obstacles dépend de l'emplacement des aires de passage par rapport aux parties sous tension comme l'indiquent les Figures 5 et 6, de la tension nominale, de l'espace libre entre l'obstacle et les parties sous tension, et du statut de l'aire de passage, à savoir une zone accessible ou non au public.

Les dimensions des obstacles doivent être telles que les personnes se tenant sur l'aire de passage ne puissent toucher en ligne droite les parties sous tension.

Lorsque l'obstacle est constitué d'un matériau conducteur, les exigences en 6.2 doivent s'appliquer.

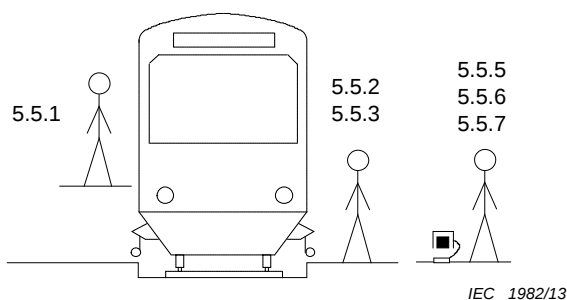


Légende

- 1 caténaire
- 2 fil de contact
- 3 ligne d'alimentation
- 4 plate-forme de travail

NOTE Les numéros renvoient aux paragraphes appropriés.

Figure 5 – Aires de passage permettant l'accès des personnes à des parties sous tension extérieures aux matériels roulants et à des systèmes de lignes aériennes de contact



NOTE Les numéros renvoient aux paragraphes appropriés.

Figure 6 – Aires de passage permettant l'accès des personnes à des parties sous tension extérieures aux matériels roulants et à des systèmes à rail de contact

Seuls des obstacles du type suivant peuvent être mis en œuvre:

- écrans ou portes constitués d'un matériau massif,
- grillages.

A l'intérieur de la zone de la ligne aérienne de contact et de la zone de captage de courant, les spécifications suivantes doivent être respectées par les obstacles:

- a) les obstacles non conducteurs doivent être des écrans ou des portes constitués d'un matériau massif,

- 1) pour les réseaux à haute tension, les obstacles situés à une distance de 0,60 m de parties sous tension doivent comporter une armature reliée à la terre,
- 2) les matériaux doivent être choisis de façon à ce qu'ils ne deviennent pas conducteurs ni suite aux effets probables de l'humidité, des rayonnements ultraviolets, d'une agression chimique et de tout autre dommage environnemental, ni au contact des parties sous tension.

b) on ne doit pas utiliser d'écrans grillagés en métal à revêtement plastifié.

Les obstacles doivent être construits de façon à empêcher tout contact fortuit (accidentel) des parties sous tension avec des parties du corps. Leur fixation doit être réalisée de façon fiable. Ils ne doivent pouvoir être enlevés qu'avec des outils. Les obstacles doivent être installés de manière à garantir que la distance d'isolement par rapport aux parties sous tension est maintenue.

Des distances d'isolement minimales doivent être maintenues entre les obstacles et les parties sous tension. La distance d'isolement électrique doit correspondre à celle appropriée définie dans la CEI 60913 augmentée des longueurs suivantes:

- 0,03 m pour les écrans ou portes constitués d'un matériau massif, si l'on ne peut garantir leur rectitude (cas de voilement ou gauchissement),
- 0,10 m pour les écrans grillagés, sous réserve qu'aucune autre distance minimale d'isolement ne soit spécifiée au 5.3.2.1 et au 5.3.3.1.

5.3.2 Obstacles pour les aires de passage dans les zones accessibles au public

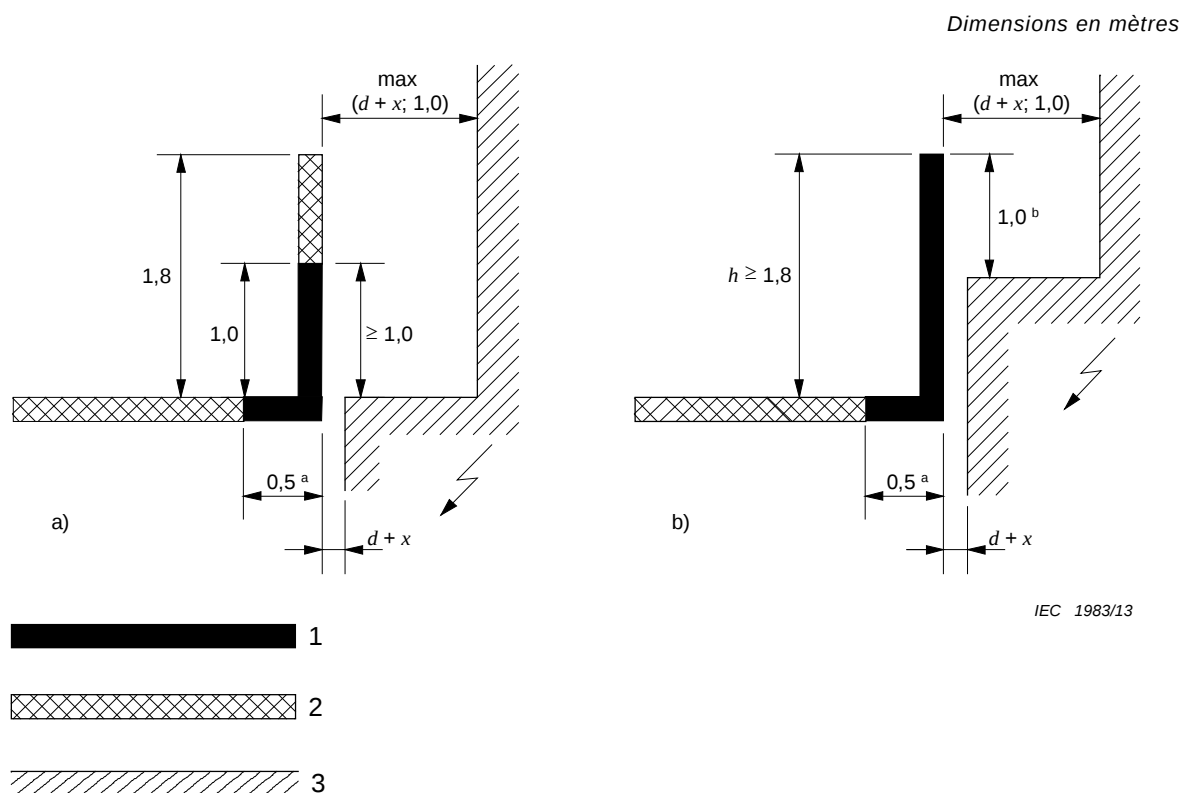
5.3.2.1 Obstacles pour les aires de passage adjacentes aux parties sous tension

Les distances d'isolement indiquées aux Figures 3 et 4 doivent être prévues pour les aires de passage adjacentes à des parties sous tension extérieures de matériels roulants ou à des parties sous tension d'un système de ligne de contact. Si ces distances d'isolement ne sont pas obtenues, des obstacles doivent alors être mis en place et satisfaire aux exigences suivantes.

Si la hauteur d'isolement entre le sommet de l'obstacle et les parties sous tension est d'au moins 1,00 m (voir Figure 7a), l'obstacle doit être un écran plein ou de classe IP2X conformément à la CEI 60529 pour les basses tensions d'une hauteur de 1,00 m, surmonté d'un grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² de façon à atteindre une hauteur totale d'au moins 1,80 m. Ce grillage doit être disposé de façon à empêcher l'escalade de l'obstacle. Si cette distance d'isolement n'est pas respectée, l'obstacle doit être un écran plein (ou de classe IP2X pour les basses tensions) d'une hauteur de 1,80 m (voir Figure 7b). La dimension d entre l'obstacle et les parties sous tension, indiquée à la Figure 7, doit être déterminée comme décrit en 5.3.1.

Il ne doit y avoir aucun espace libre entre l'obstacle et l'aire de passage.

Les faces supérieures de ces obstacles doivent être conçues pour empêcher de s'y tenir debout ou d'y circuler facilement.



Légende

- 1 écran plein ou pour la basse tension, obstacle conforme à la classe de protection IP2X telle que définie dans la CEI 60529
 - 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (peut également être un écran plein)
 - 3 limite par rapport aux parties sous tension
 - d distance d'isolement dans l'air entre l'obstacle et les parties sous tension conformément à 5.3.2.1
 - h hauteur
 - x distance additionnelle:
 - $x = 0$ pour écran plein
 - $x = 1,0$ pour la classe IP2X pour les basses tensions
 - $x = 1,5$ pour une maille de grillage de 1 200 mm²
 - ^a découle des exigences données en 5.3.2.2.
 - ^b peut être réduite si la valeur de la hauteur h est augmentée d'autant au-delà de 1,8.
- $\max(d + x; 1,0)$ signifie $(d + x)$, mais au moins 1,0.

Figure 7 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact

5.3.2.2 Obstacles et aires de passage situés au-dessus des parties sous tension

Les aires de passage situées au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne de contact doivent être constituées d'écrans pleins.

La longueur de l'aire de passage avec écran plein doit correspondre à la zone de captage de courant et dépasser les parties sous tension d'un système de ligne de contact d'au moins 0,50 m de chaque côté. Dans le cas d'un conducteur ne servant pas au captage du courant (par exemple, lignes d'alimentation, lignes de renforcement, lignes aériennes de contact hors roulement), une largeur d'au moins 0,50 m de chaque côté du conducteur doit être respectée à condition qu'il ait été tenu compte des déplacements maximum dus aux effets dynamiques et thermiques.

Ces aires de passage doivent être pourvues d'obstacles latéraux destinés à empêcher tout contact direct avec les parties sous tension à l'extérieur de matériels roulants et avec les parties sous tension du système de ligne de contact, même en cas d'utilisation, par exemple, d'une barre ou d'un jet de liquide. Ces obstacles doivent avoir une longueur qui correspond au moins à la longueur obligatoire de l'aire de passage constituée d'un écran en matériau massif. Les obstacles peuvent être constitués soit d'un matériau correspondant à la classe IP3X conformément à la CEI 60529, soit de tout autre matériau garantissant le même niveau de sécurité.

Dans le cas d'obstacles horizontaux qui débordent de l'obstacle vertical d'au moins:

- 0,50 m en basse tension,
- 1,50 m en haute tension,

puis, compte tenu de ce qui suit:

- une distance d'isolement latérale de 1,45 m en basse tension, telle qu'indiquée à la Figure 3,
- une distance d'isolement latérale de 2,25 m en haute tension, telle qu'indiquée à la Figure 4,

il est acceptable de se référer au sommet de l'obstacle vertical, au lieu de se référer au bord de l'aire de passage (voir Figure A.1 a) en basse tension et Figure A.2 a) en haute tension). La hauteur de l'obstacle vertical doit être augmentée en conséquence le cas échéant, jusqu'à obtenir cette distance d'isolement. L'obstacle horizontal doit être conçu pour empêcher de s'y tenir debout ou d'y circuler facilement.

Pour cela, il convient que l'obstacle horizontal soit conçu de façon à ne pas être pris pour une aire de passage, ou qu'il soit incliné vers le haut ou le bas (voir Figure A.1 a) en basse tension et Figure A.2 a) en haute tension).

En l'absence d'obstacle horizontal, l'obstacle vertical doit être conforme aux exigences du 5.3.2.1 (voir Figure A.1 b) en basse tension et Figure A.2 b) en haute tension). L'autre solution (voir Figure A.1 c) en basse tension et Figure A.2 c) en haute tension) est également acceptable.

Les sommets de ces obstacles doivent être conçus pour empêcher de s'y tenir debout ou d'y circuler facilement.

Tout obstacle vertical doit être constitué d'un écran plein ou de classe IP2X pour la basse tension telle que définie dans la CEI 60529, avec une hauteur d'au moins 1,00 m (voir Figure A.1 en basse tension et Figure A.2 en haute tension), sauf en présence de l'obstacle horizontal comme décrit ci-dessus; dans ce cas, la présence d'un garde-corps est suffisante si les distances d'isolement requises aux Figures 3 et 4 sont respectées.

Des réglementations nationales peuvent édicter des exigences concernant les obstacles en plus de celles relatives à la sécurité électrique.

5.3.3 Obstacles pour les aires de passage dans les zones non accessibles au public

5.3.3.1 Obstacles pour les aires de passage adjacentes aux parties sous tension

Dans le cas d'aires de passage adjacentes à des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou adjacentes à des parties sous tension d'un système de ligne de contact, des obstacles grillagés avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² et une hauteur h d'au moins 1,80 m peuvent être mis en œuvre lorsque les parties sous tension se situent au-dessus de l'aire de passage (voir Figure 8 a)) en basse tension et (voir Figure 9 a)) en haute tension.

Si les parties sous tension sont situées à la même hauteur ou plus bas que l'aire de passage, la hauteur h de l'obstacle doit être telle qu'une distance d'isolement de:

- 1,35 m en basse tension,
- 1,50 m en haute tension,

soit maintenue à partir du sommet de l'obstacle tel qu'indiqué à la Figure 3 (voir Figure 8 b) en basse tension) et à la Figure 4 (voir Figure 9 b) en haute tension).

La distance d'isolement entre l'obstacle et les parties sous tension doit être d'au moins:

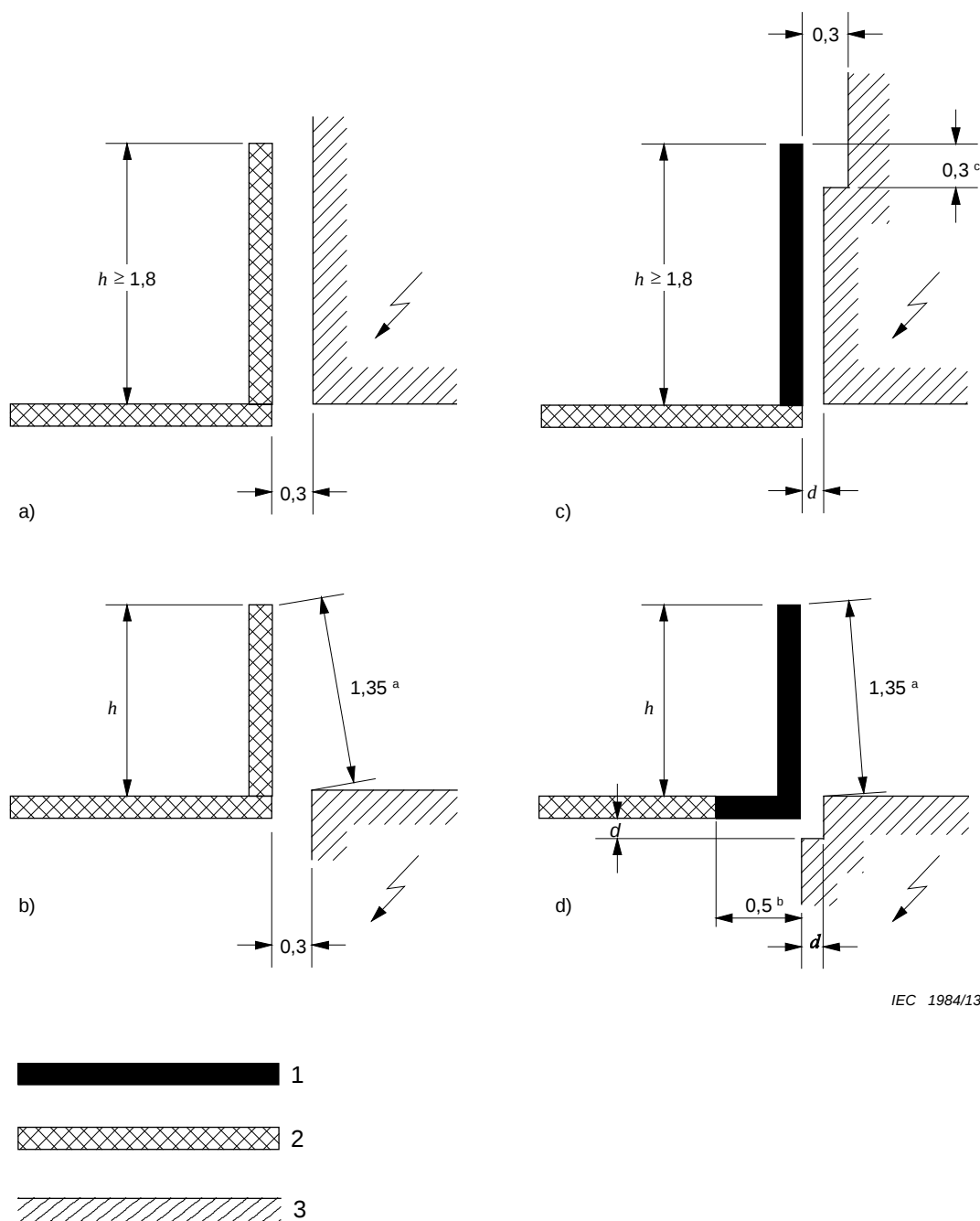
- 0,30 m en basse tension,
- 0,60 m en haute tension.

Si cette distance d'isolement n'est pas respectée, les obstacles doivent être conformes à 5.3.4 en basse tension ou être constitués d'un écran plein sans espace libre entre l'obstacle et l'aire de passage (voir Figure 8 c) et Figure 8 d) en basse tension et Figure 9 c) et Figure 9 d) en haute tension). La dimension d entre l'obstacle et les parties sous tension, indiquée à la:

- Figure 8 en basse tension, et
- Figure 9 en haute tension,

doit être déterminée comme décrit au 5.3.1.

Les dimensions en mètres sont des dimensions minimales

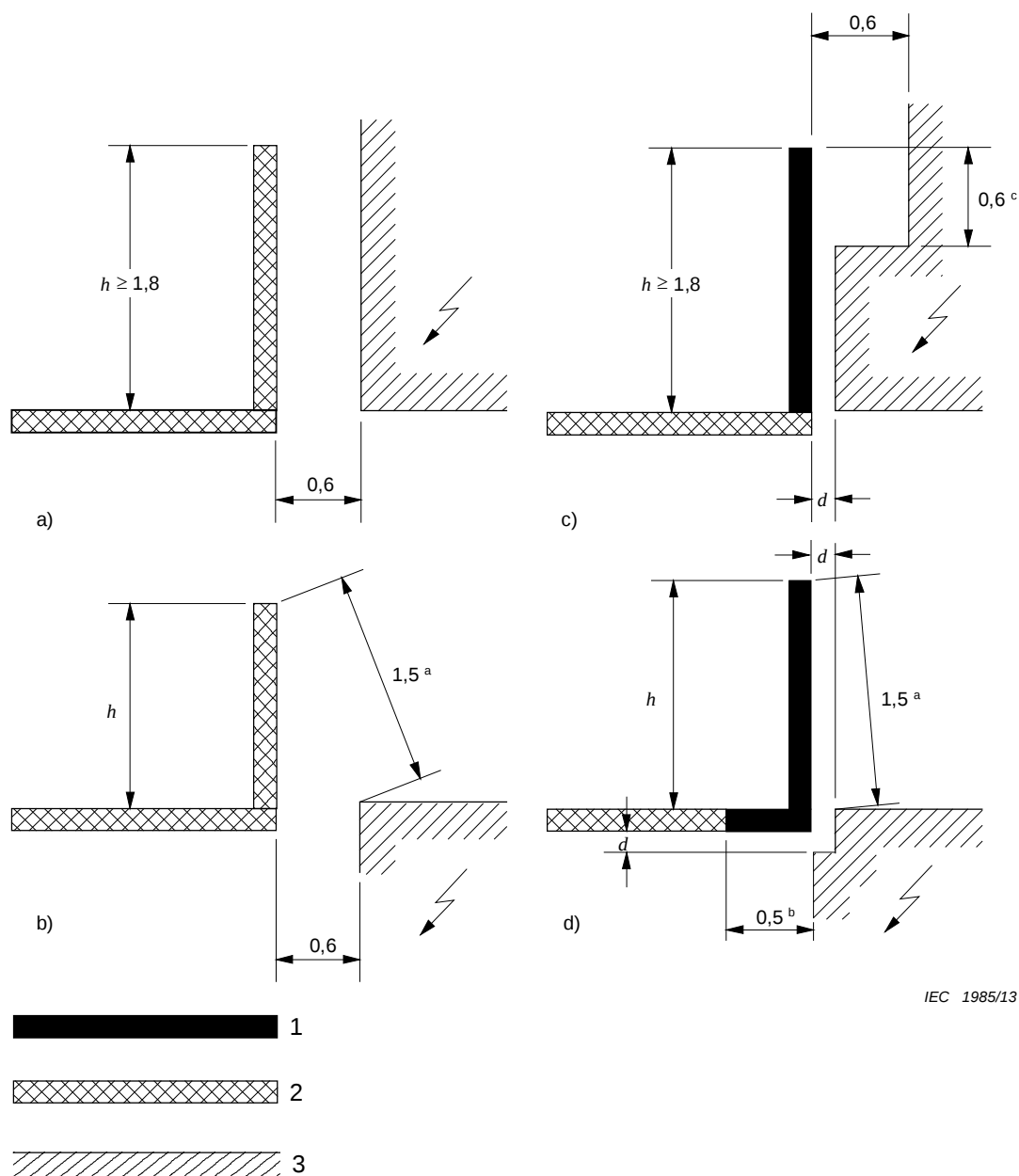


Légende

- 1 écran plein ou obstacle conforme à la classe de protection IP2X telle que définie dans la CEI 60529
- 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (peut également être un écran plein)
- 3 limite par rapport aux parties sous tension
- d distance d'isolement dans l'air entre l'obstacle et les parties sous tension conformément à 5.3.1
- h hauteur
- ^a découle de la Figure 3
- ^b découle des exigences données en 5.3.3.2
- ^c peut être réduite si la valeur de la hauteur h est augmentée d'autant au-delà de 1,8 m.

Figure 8 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact en basse tension

Les dimensions en mètres sont des dimensions minimales



Légende

- 1 écran plein ou obstacle
- 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (peut également être un écran plein)
- 3 limite par rapport aux parties sous tension
- d distance d'isolement dans l'air entre l'obstacle et les parties sous tension conformément à 5.3.1
- h hauteur
- ^a découle de la Figure 4
- ^b découle des exigences données en 5.3.3.2
- ^c peut être réduite si la valeur de la hauteur h est augmentée d'autant au-delà de 1,80 m

Figure 9 – Exemples d'obstacles pour aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre des contacts directs avec des parties sous tension adjacentes situées à l'extérieur des matériels roulants ou des parties sous tension adjacentes d'un système de ligne de contact en haute tension

5.3.3.2 Obstacles pour les aires de passage situées au-dessus des parties sous tension

Dans le cas d'aires de passage situées au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne de contact, les obstacles doivent être conçus selon 5.3.4 en basse tension ou être constitués d'écrans pleins (voir Figure 10 a) et Figure 11). Si la distance d'isolement entre les obstacles et les parties sous tension est d'au moins 0,60 m en basse tension, les obstacles peuvent être constitués de passerelles munies d'un grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (voir Figure 10 b)).

La longueur de l'aire de passage avec écran plein ou grillage doit correspondre à la zone de captage de courant et dépasser les parties sous tension d'un système de ligne de contact d'au moins 0,50 m de chaque côté. Dans le cas d'un conducteur ne servant pas au captage du courant (par exemple, lignes d'alimentation, lignes de renforcement, lignes aériennes de contact hors roulement), une largeur d'au moins 0,50 m de chaque côté du conducteur doit être respectée à condition qu'il ait été tenu compte des déplacements maximum dus aux effets dynamiques et thermiques.

Des obstacles en grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² doivent être mis en place au moins sur les côtés de telles aires de passage. La hauteur h des obstacles doit être telle qu'une distance d'isolement de

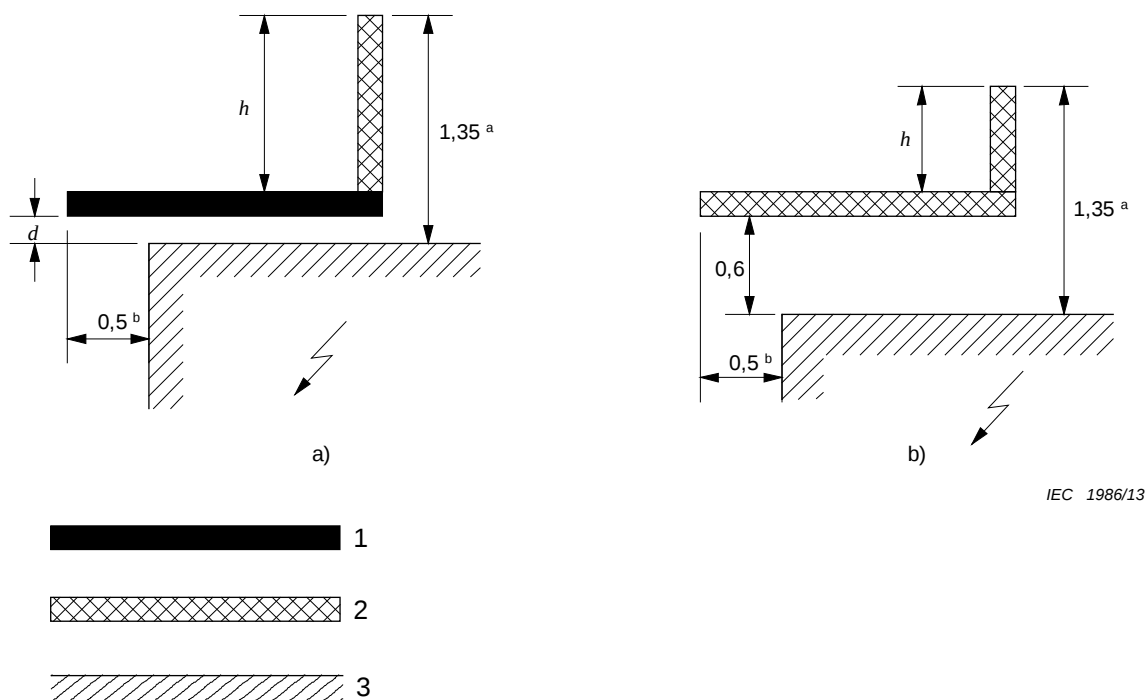
- 1,35 m tel qu'indiqué à la Figure 3 en basse tension (voir Figure 10 a) et Figure 10 b)),
- 1,50 m tel qu'indiqué à la Figure 4 en haute tension (voir Figure 11),

soit respectée par rapport au sommet de l'obstacle. La longueur de ces obstacles doit être au moins égale à celle de l'aire de passage au-dessus des parties sous tension.

La hauteur des obstacles latéraux, s'ils sont nécessaires, correspond en général à celle du garde-corps nécessaire, mais il convient qu'elle atteigne au moins 1,00 m.

La distance d entre l'obstacle et les parties sous tension, indiquée à la Figure 10 et à la Figure 11, doit être déterminée comme décrit en 5.3.1.

Les dimensions en mètres sont des dimensions minimales

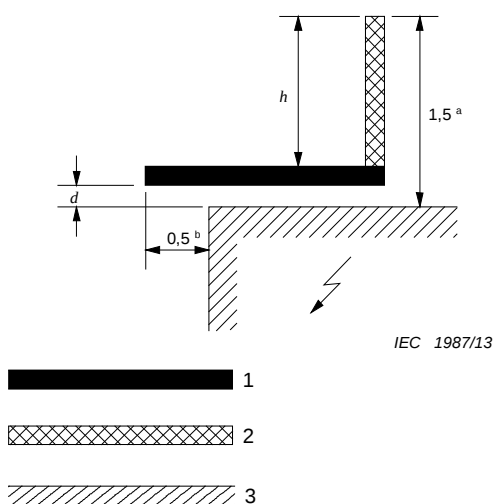


Légende

- 1 écran plein ou obstacle conforme à la classe de protection IP2X telle que définie dans la CEI 60529
- 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (peut également être un écran plein)
- 3 limite par rapport aux parties sous tension
- d distance d'isolement dans l'air entre l'obstacle et les parties sous tension conformément à 5.3.1
- h hauteur
- a découle de la Figure 3
- b découle des exigences données en 5.3.2.2

Figure 10 – Exemples d'obstacles pour des aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre les contacts directs lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne de contact en basse tension

Les dimensions en mètres sont des dimensions minimales



Légende

- 1 écran plein
- 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm² (peut également être un écran plein)
- 3 limite par rapport aux parties sous tension
- d* distance d'isolement dans l'air entre l'obstacle et les parties sous tension conformément à 5.3.1
- h* hauteur
- ^a découle de la Figure 4
- ^b découle des exigences données en 5.3.3.2.

Figure 11 – Exemples d'obstacles pour des aires de passage en zones non accessibles au public, pour la protection contre les contacts directs lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact en haute tension

5.3.4 Degré de protection pour des obstacles en basse tension

Pour les basses tensions, les obstacles doivent répondre aux exigences du degré de protection IP2X conformément à la CEI 60529 avec une distance minimale de 0,50 m entre le grillage et les parties sous tension ou doivent être constitués de matériau massif.

5.3.5 Protections contre l'escalade

En général, il n'y a pas lieu de prendre des mesures de protection contre l'escalade. Cependant, des mesures de protection contre l'escalade peuvent se révéler nécessaires en cas de besoin.

5.4 Mesures de protection pour un travail sous tension

5.4.1 Généralités

La présente norme traite des mesures de protection pour un travail sous tension dans des réseaux basse tension uniquement.

Les installations électriques doivent être construites et installées de façon à ce que les mesures nécessaires à la protection des personnes travaillant dans ou sur ces installations électriques puissent être appliquées. La conception doit également tenir compte des règles d'exploitation et de maintenance des installations électriques de puissance. Les procédures de travail doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur et doivent satisfaire à la législation nationale.

Cette exigence ne s'applique pas aux sites pour lesquels existent des impossibilités techniques, par exemple, dans le cas d'isolateurs de section, de points de croisement des lignes aériennes de contact des tramways et trolleybus, et de lignes aériennes de contact de trolleybus.

EXEMPLE Cette exigence peut être satisfaite, par exemple, en créant une isolation supplémentaire dans le système de lignes aériennes de contact afin d'obtenir des sections neutres d'au moins 0,50 m de long; ce dispositif empêche le contact simultané avec des potentiels différents dans la zone de travail proche, sinon totalement, tout au moins dans une très large mesure.

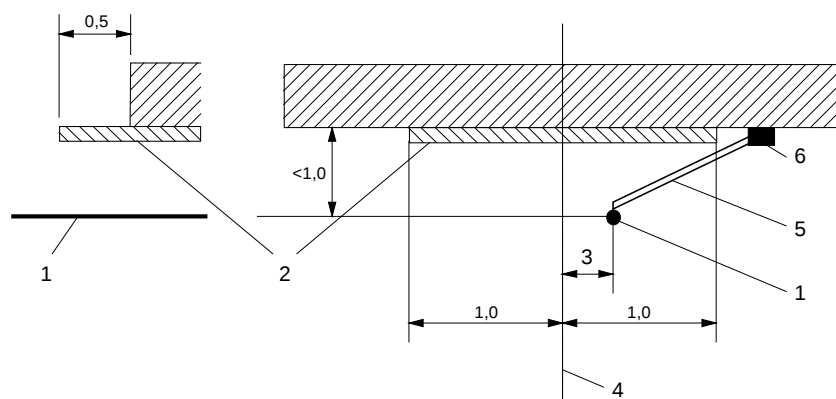
Les isolateurs réalisés de sorte que leurs supports puissent se retrouver sous tension en cas de défaut (par exemple, les isolateurs à collerette ou anneau) ne doivent pas être utilisés dans les systèmes de lignes aériennes de contact sur lesquels un travail sous tension doit être effectué.

5.4.2 Lignes aériennes de contact pour chemins de fer ou tramways situées au-dessous de structures

Dans le cas de lignes aériennes de contact suspendues à des ouvrages (tunnels, passages inférieurs) sur lesquelles un travail sous tension doit être effectué depuis une plate-forme isolée, des obstacles isolants ou isolés par rapport à ces ouvrages, d'une largeur minimale de 1,00 m, doivent être disposés de part et d'autre de l'axe de la voie, si la distance d'isolement par rapport aux éléments des structures reliés à la terre est inférieure à 1,00 m (voir Figure 12). La longueur de ces obstacles doit déborder de 0,50 m l'extrémité des structures.

Dans le cas d'un conducteur ne servant pas au captage du courant (par exemple, lignes d'alimentation, lignes de renforcement, lignes aériennes de contact hors roulement), les mesures doivent être appliquées conformément.

Dimensions en mètres



IEC 1988/13

Légende

- 1 fil de contact/conducteur sous tension
- 2 obstacle isolé ou obstacle isolé par rapport à l'ouvrage
- 3 désaxement
- 4 axe de la voie
- 5 bras isolé
- 6 support

NOTE La distance de 1,00 m tient compte du désaxement.

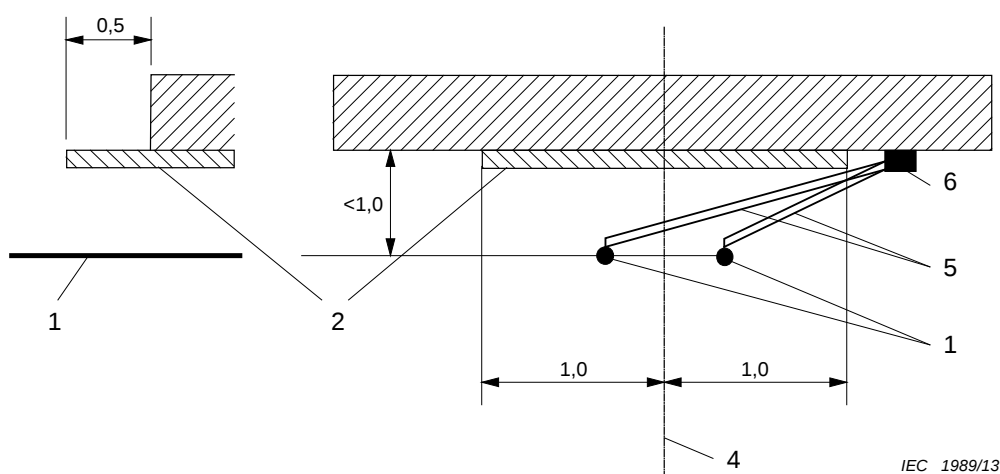
Figure 12 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous une structure

5.4.3 Lignes aériennes de contact pour des trolleybus situées au-dessous de structures

5.4.3.1 Systèmes non reliés à la terre

Dans le cas de lignes aériennes de contact suspendues à des ouvrages (tunnels, passages inférieurs) sur lesquelles un travail sous tension doit être effectué depuis une plate-forme isolée, des obstacles isolants ou isolés par rapport à ces ouvrages, d'une largeur minimale de 1,00 m, doivent être disposés de part et d'autre de l'axe de la voie, si la distance d'isolement par rapport aux éléments des structures reliés à la terre est inférieure à 1,00 m (voir Figure 13). La longueur de ces obstacles doit déborder de 0,50 m l'extrémité des structures.

Dimensions en mètres



IEC 1989/13

Légende

- 1 fil de contact
- 2 obstacle isolé
- 4 axe de la ligne bifilaire
- 5 bras isolé
- 6 support

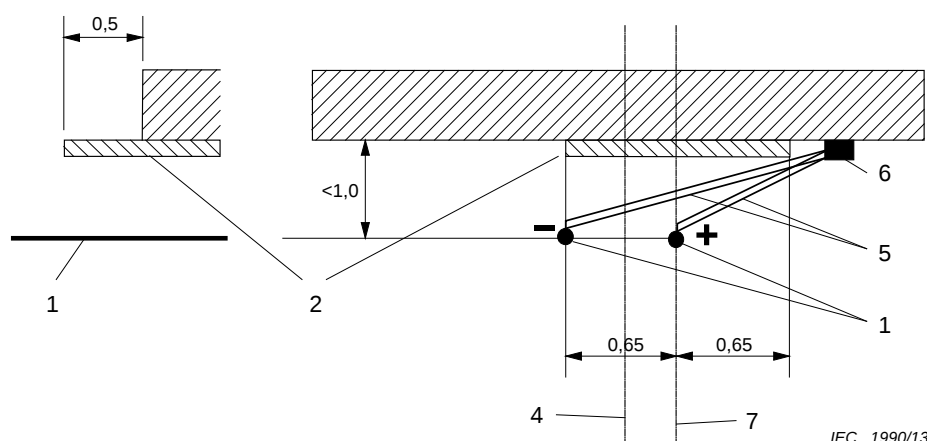
NOTE La distance entre les fils de contact se situe normalement entre 0,60 m et 0,70 m conformément à la CEI 60913.

Figure 13 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous un ouvrage pour un réseau de trolleybus non relié à la terre

5.4.3.2 Systèmes dans lesquels un des fils de contact est relié à la terre ou connecté au circuit de retour d'un réseau de tramway

Dans le cas de lignes aériennes de contact suspendues à des ouvrages (tunnels, passages inférieurs) sur lesquelles un travail sous tension doit être effectué depuis une plate-forme isolée, des obstacles isolants ou isolés par rapport à ces ouvrages, d'une largeur minimale de 0,65 m, doivent être disposés de part et d'autre du fil de contact non relié à la terre, si la distance d'isolement par rapport aux éléments des structures reliés à la terre est inférieure à 1,00 m (voir Figure 14). La longueur de ces obstacles doit déborder de 0,50 m l'extrémité des structures.

Dimensions en mètres



IEC 1990/13

Légende

- 1 fil de contact
- 2 obstacle isolé
- 4 axe de la ligne bifilaire
- 5 bras isolé
- 6 support
- 7 ligne de contact positive

NOTE La distance entre les fils de contact se situe normalement entre 0,60 m et 0,70 m conformément à la CEI 60913.

Figure 14 – Exemple d'un obstacle isolé placé sous un ouvrage pour un réseau de trolleybus dans lequel le fil de contact négatif est relié à la terre ou connecté au circuit de retour d'un réseau de tramway

La Figure 14 s'applique également dans le cas d'un fil de contact positif mis à la terre, auquel cas il convient de permuter "+" et "-".

5.5 Mesures de protection spécifiques contre les chocs électriques au niveau des rails de contact

5.5.1 Emplacement du rail de contact sur les quais

Dans la mesure où la pratique le permet, les rails de contact doivent être situés du côté de la voie opposée au quai. Ceci s'applique à tous les cas sauf celui d'une seule voie entre deux quais.

5.5.2 Exceptions

Il est admis de déroger aux exigences énoncées en 5.3.3 dans le cas des véhicules à frotteur pour rails de contact si ce frotteur ne dépasse pas sensiblement du gabarit du véhicule. Dans les dépôts, les cheminements internes pour le personnel doivent être clairement repérés.

5.5.3 Mesures de protection dans les ateliers

Dans les ateliers où la mise en place d'un capot de protection autour du rail de contact peut se révéler impossible, le système à rail de contact ne doit pas être utilisé. L'alimentation du matériel roulant doit être réalisée par un trolley ou tout autre système. Dans ce cas, des pratiques de travail locales ou nationales doivent assurer la sécurité autour de toute partie sous tension d'un matériel roulant alimenté dans un atelier, notamment le frotteur.

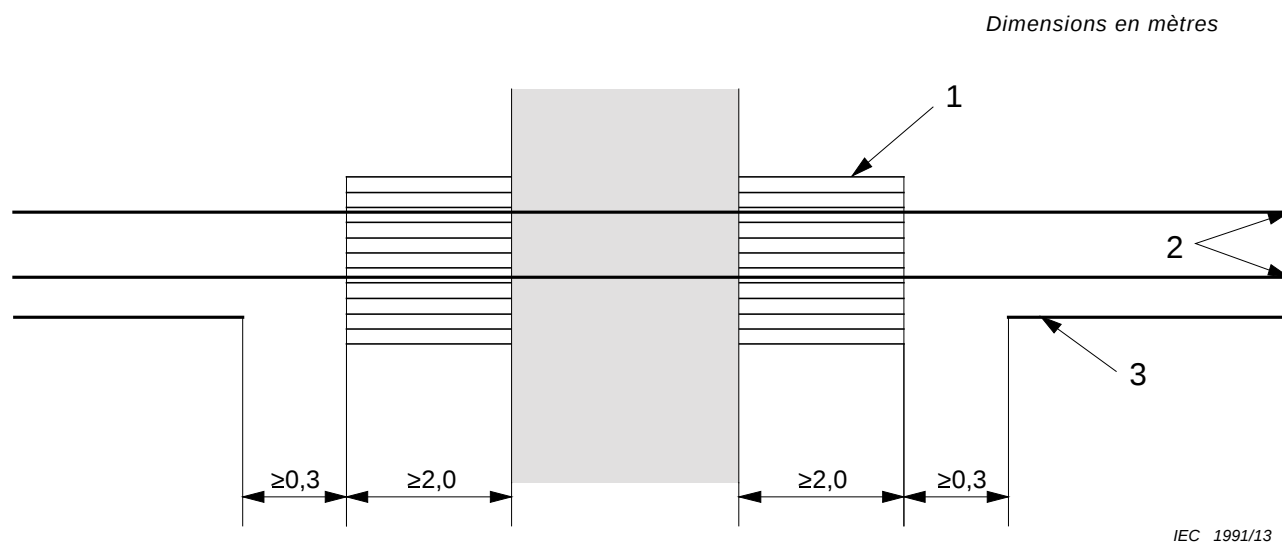
5.5.4 Capot de protection des rails de contact dans les zones non accessibles au public

Dans le cas de rails de contact avec captage du courant par le dessous, la surface du rail non en contact avec l'organe de captage de courant doit être munie d'un capot de protection.

Dans le cas de rails de contact avec captage latéral de courant, les surfaces supérieure et latérale qui ne sont pas en contact avec l'organe de captage de courant doivent être munies d'un capot de protection.

5.5.5 Exigences concernant les rails de contact avec captage du courant par le dessus dans les zones accessibles au public

Aux passages à niveau publics et privés, des protections d'accès en matériau non conducteur doivent être installées parallèlement à la voie sur une distance de $\geq 2,00$ m de part et d'autre du passage à niveau. Le rail de contact doit être interrompu à $0,30$ m des extrémités de la protection d'accès (voir Figure 15).



Légende

- 1 protection d'accès
- 2 rails de roulement
- 3 rail de contact

Figure 15 – Passages à niveau publics et privés

Les protections d'accès doivent comporter une surface sur laquelle le déplacement de personnes et d'animaux se révèle difficile.

Aux passages à niveau publics munis de barrières, protégés conformément à 5.3.2.1, sauf en ce qui concerne la distance d'isolement nécessaire entre la barrière et l'aire de passage et qui empêchent l'accès à la voie ferrée lorsque la route est ouverte, le rail de contact doit se terminer à $0,30$ m du bord du passage à niveau. Ni protection d'accès ni capot de protection ne sont requis.

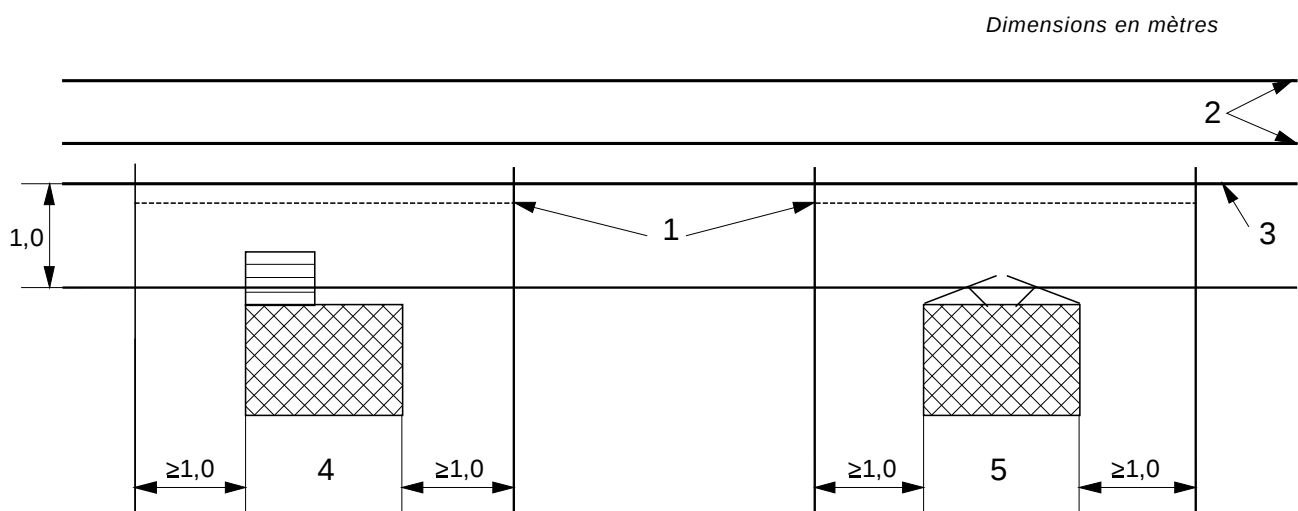
Aux passages à niveau privés munis de portillons conformément à l'alinéa précédent et qui empêchent l'accès du public à la voie ferrée, le rail de contact doit se terminer à $0,30$ m du bord du passage à niveau. Il doit être pourvu d'un capot de protection double sur une longueur d'au moins $2,00$ m.

NOTE Les différentes séries d'exigences ci-dessus s'appliquent aux passages à niveau publics et privés du fait des différences d'exploitation.

5.5.6 Exigences concernant les rails de contact avec captage du courant par le dessus dans les zones non accessibles au public

Dans le cas de rails de contact avec captage du courant par le dessus, les exigences suivantes s'appliquent:

Dans le cas où l'accès à une construction ou à une guérite d'appareillage donne sur la voie, à moins de 1,00 m du rail de contact, et en l'absence de garde-corps, un capot de protection simple doit alors être placé à l'extérieur du rail en débordant de 1,00 m de part et d'autre de la construction (voir Figure 16).



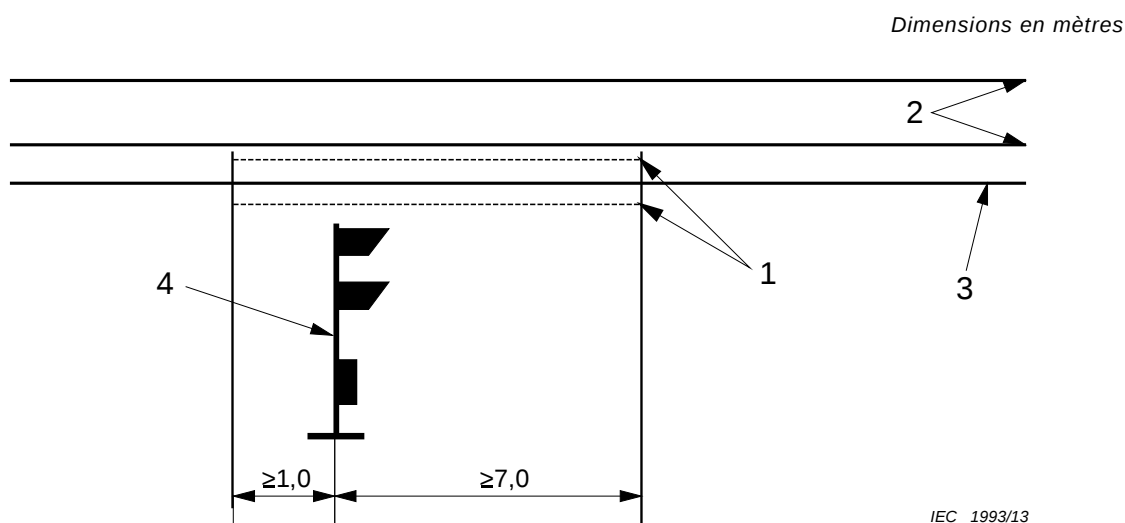
Légende

- 1 capot de protection simple
- 2 rails de roulement
- 3 rail de contact
- 4 guérite avec marches
- 5 local avec porte

IEC 1992/13

Figure 16 – Construction en bord de voie

Aux emplacements des mâts de signaux et/ou de téléphones, un capot de protection double doit être installé sur une distance de 8,00 m, commençant 7,00 m avant cet emplacement (voir Figure 17).

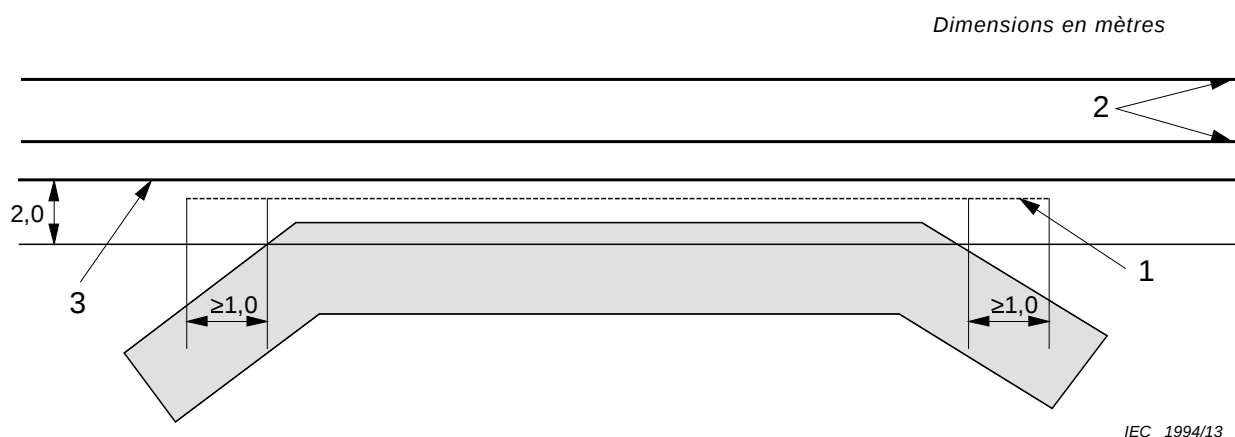
**Légende**

- 1 capot de protection double
- 2 rails de roulement
- 3 rail de contact
- 4 mât de téléphone

Figure 17 – Mât de signaux et/ou téléphones

Si les mâts de téléphone et de signaux ne se situent pas au même emplacement, la position du mât de téléphone doit permettre l'extension du capot de protection.

Lorsqu'un cheminement latéral autorisé est situé à moins de 2,00 m d'un rail de contact et en l'absence de garde-corps, un capot de protection simple doit alors être placé à l'extérieur du rail de contact, en débordant de 1,00 m des extrémités du chemin (voir Figure 18).

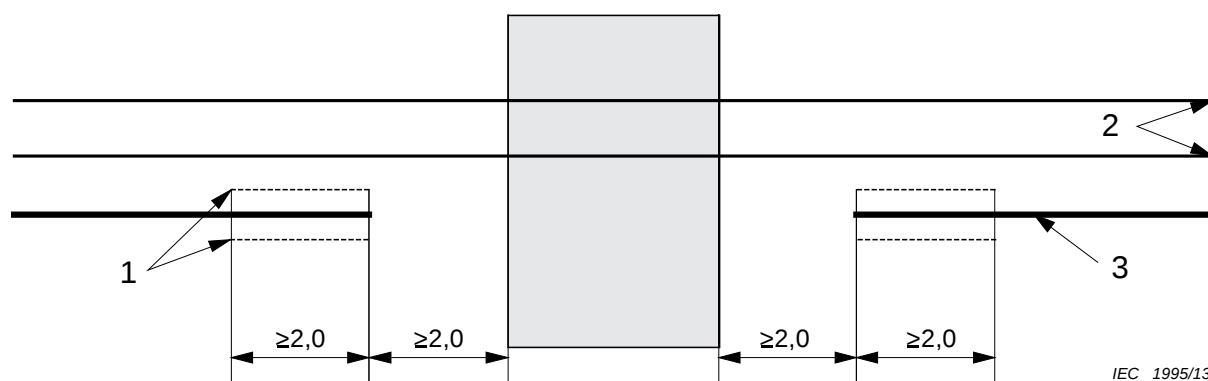
**Légende**

- 1 capot de protection simple
- 2 rails de roulement
- 3 rail de contact

Figure 18 – Chemin latéral autorisé

Dans le cas des passages à niveau situés dans les emprises ferroviaires, le rail de contact doit être interrompu à 2,00 m de part et d'autre de la traversée et un capot de protection double doit être placé sur une longueur minimale de 2,00 m (voir Figure 19).

Dimensions en mètres



Légende

- 1 capot de protection double
- 2 rails de roulement
- 3 rail de contact

Figure 19 – Passage à niveau situé dans les emprises ferroviaires (dépôts, gare à marchandises, traversée en gare)

5.6 Mesures de protection spécifiques contre les chocs électriques dans les systèmes où les roues des matériels roulants ne sont pas utilisées comme circuit de retour

5.6.1 Généralités

Le présent paragraphe s'applique aux réseaux qui emploient un conducteur isolé pour le circuit de retour de façon à ce que le courant de traction ne s'écoule pas dans les rails de roulement en conditions de fonctionnement normal. Les systèmes de rails de contact à courant continu de type "Troisième et Quatrième rail" et quelques réseaux en courant alternatif triphasé ou des réseaux de monorails et de trolleybus en constituent des exemples.

5.6.2 Réseaux ferroviaires

5.6.2.1 Utilisation des rails de roulement comme mise à la terre de protection des matériels roulants

Si la conception des matériels roulants est telle qu'en cas de défaut, une partie sous tension de l'équipement du matériel roulant est susceptible de connecter une ligne de contact ou un conducteur de retour aux rails de roulement, alors l'équipement de la sous-station doit isoler automatiquement tous les défauts à la terre qui ne sont pas isolés par l'équipement des matériels roulants. Voir également 10.3.1.

5.6.2.2 Réseaux dans lesquels il n'est pas nécessaire d'établir une connexion électrique entre les matériels roulants et les rails de roulement

Si la conception des équipements de matériels roulants est telle qu'aucun défaut sur un matériel roulant ne peut connecter une ligne de contact aux parties conductrices accessibles du matériel roulant, et une mise à la terre des matériels roulants par les rails de roulement n'est pas exigée, alors 5.6.3.2 doit s'appliquer. De plus, les défauts à la terre sur les lignes de contact doivent être isolés dans un délai suffisamment court pour réduire au minimum le risque que plusieurs défauts à la terre provoquent une tension de contact inadmissible ou une surchauffe des conducteurs de liaison équipotentielle et des éléments liés.

5.6.3 Réseaux de trolleybus

5.6.3.1 Généralités

L'isolation de chaque fil de contact doit être adaptée à la tension nominale du réseau conformément à la CEI 60850.

5.6.3.2 Systèmes non reliés à la terre

Les lignes aériennes de contact non reliées à la terre doivent être munies d'un dispositif de surveillance de l'état d'isolement entre chaque fil de contact et la terre.

Lorsqu'une section d'alimentation doit être mise hors tension, les deux fils de contact doivent être déconnectés. Une commutation séquentielle est admise.

5.6.3.3 Systèmes reliés à la terre

Lorsque l'un des deux fils de contact est relié à la terre, les conditions suivantes doivent être remplies:

- lorsqu'un dispositif de coupure est inséré dans le fil relié à la terre, un autre dispositif de coupure doit être installé dans l'autre fil, et le dispositif de coupure doit être verrouillé de sorte qu'il ne puisse pas être ouvert avant que le circuit d'alimentation ne soit ouvert,
- il doit être relié à la terre à un point seulement par section d'alimentation qui doit elle-même être isolée des autres sections d'alimentation.

Les câbles de retour doivent être conformes aux exigences énoncées au 10.3.1.

5.6.3.4 Alimentation de trolleybus reliée à l'alimentation d'un tramway

Dans le cas d'un système d'alimentation de traction commun à des réseaux de trolleybus et de tramways, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

- un fil de contact du système de trolleybus doit être relié sans coupure au circuit de retour du réseau de tramway,
- lorsqu'un dispositif de coupure est inséré dans le fil relié au circuit de retour du réseau de tramway, un autre dispositif de coupure doit être installé dans l'autre fil, et le dispositif de coupure doit être verrouillé de sorte qu'il ne puisse pas être ouvert avant que le circuit d'alimentation ne soit ouvert,
- le circuit de retour du réseau de trolleybus doit être relié au moins une fois au circuit de retour du réseau de tramway.

Il convient que les sections d'alimentation des trolleybus et des tramways soient séparées les unes des autres et alimentées par des disjoncteurs différents dans les sous-stations.

Il doit être tenu compte du courant de retour additionnel du réseau de tramway circulant dans le circuit de retour du réseau de trolleybus et inversement.

6 Mesures de protection contre les contacts indirects

6.1 Généralités

Les mesures de protection contre les contacts indirects doivent être prévues pour les parties conductrices accessibles et pour les composants des systèmes de ligne de contact.

Dans les systèmes de traction, on utilise de préférence la méthode de connexion au circuit de retour pour garantir la sécurité électrique.

NOTE Cette méthode utilise le circuit de retour pour écouler le courant en cas de défaut et provoquer automatiquement la coupure de l'alimentation.

6.2 Mesures de protection pour les parties conductrices accessibles dans la zone de la ligne de contact ou la zone de captage de courant

6.2.1 Systèmes de traction en courant alternatif

Les parties conductrices accessibles de l'alimentation de traction et de l'alimentation non destinée à la traction situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage de courant doivent être connectées directement au circuit de retour.

La méthode préférentielle pour y parvenir consiste en une liaison du circuit de retour, par exemple aux rails de roulement ou aux conducteurs de retour comme figurant à l'Article I.1.

S'il apparaît que l'une des parties conductrices accessibles ne peut être directement reliée au circuit de retour, alors les mesures appropriées doivent être appliquées pour éviter les tensions de contact dangereuses.

EXEMPLE 1 L'utilisation d'un limiteur de tension (fonctionnalité minimum VLD-F) destiné à écouler le courant en cas de mise sous tension de ces parties conductrices constitue une des solutions.

EXEMPLE 2 Un exemple d'installation dans laquelle les parties conductrices accessibles ne peuvent pas être reliées directement au circuit de retour figure à l'Article I.2.

6.2.2 Réseaux de traction en courant continu

6.2.2.1 Généralités

Les parties conductrices accessibles de l'alimentation de traction et de l'alimentation non destinée à la traction situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage de courant, et qui ne sont pas isolées de la terre ne doivent pas être reliées directement au circuit de retour en raison des effets de la corrosion due aux courants vagabonds, voir la CEI 62128-2. La mesure appropriée doit alors être prise pour limiter la tension aux valeurs indiquées dans le Tableau 6 ou en 9.3.2.3.

On utilise de préférence un limiteur de tension (fonctionnalité minimum VLD-F) pour réaliser un circuit ouvert entre les parties conductrices accessibles et le circuit de retour pour créer un court-circuit et par conséquent entraîner une coupure de courant rapide.

Si un limiteur de tension est utilisé, alors il doit l'être conformément à l'Annexe F.

Lorsque les réglementations nationales permettent la réalisation de travaux de maintenance sur des ouvrages adjacents aux parties sous tension, les mesures indiquées au 5.2.2 doivent s'appliquer en considérant les supports non reliés à la terre également comme des parties sous tension.

6.2.2.2 Exceptions dans les tunnels

Dans le cas de systèmes de lignes aériennes de contact à courant continu de tension nominale n'excédant pas 3 kV, et lorsque les réglementations nationales le permettent, il peut être dérogé aux exigences selon 6.2.2.1 pour les pièces métalliques de suspension de lignes aériennes de contact en dehors de la zone indiquée à la Figure 4. Cette dérogation impose l'utilisation d'isolateurs conservant leurs propriétés diélectriques même après un arc.

Il est autorisé que de telles pièces métalliques qui sont normalement inaccessibles ne soient pas mises à la terre. Ceci est dû aux caractéristiques de tels isolateurs et destiné à accroître la maintenabilité qui est souvent difficile dans les tunnels. Dans ce cas, le scellement de ces supports métalliques dans la voûte du tunnel doit être réalisé avec un mortier ayant de bonnes propriétés isolantes.

6.2.3 Exceptions pour les systèmes de traction à basse tension

6.2.3.1 Généralités

Les exceptions suivantes par rapport à 6.2.2 sont autorisées, à condition que tous les risques de chocs électriques soient pris en compte et réduits à des niveaux acceptables tels que définis dans les réglementations nationales.

6.2.3.2 Isolation double ou renforcée de la ligne aérienne de contact

Il n'est pas nécessaire de mettre à la terre ou de relier au circuit de retour les supports, y compris les mâts pour les systèmes de lignes aériennes de contact, si l'isolation de la ligne aérienne de contact est double ou renforcée, telle que définie dans la CEI 61140. Les instructions et procédures de maintenance doivent stipuler que des isolateurs défectueux ou pontés par des objets ou des matériaux étrangers à l'installation doivent être remis en état rapidement pour éviter que la structure ne soit sous tension et dangereuse à cause d'un isolateur défaillant.

6.2.3.3 Connexion des supports de la ligne aérienne de contact au circuit de retour

Dans un réseau à basse tension en courant continu, si les supports de la ligne aérienne de contact sont connectés au circuit de retour contrairement aux indications de 6.2.2, les supports doivent être isolés de la terre. L'isolation doit être vérifiée par des mesures.

NOTE Voir la CEI 62128-2 pour la conductance linéique du circuit de retour et des structures qui y sont reliées.

6.2.3.4 Mesures de prévention contre la défaillance des isolateurs du rail de contact

Des mesures de prévention doivent être prises pour qu'aucun rail de contact ne soit mis à la terre générant de ce fait des tensions de contact inadmissibles sur les rails de roulement, ou ne provoque un incendie ou des dommages thermiques à l'installation. En particulier, on doit envisager les risques provenant de connexions parasites entre le rail de contact et les embases et les boulons d'ancrage des isolateurs du rail de contact. Si les embases, conformément à 6.2.2, n'ont pas une liaison indirecte, d'autres mesures de prévention doivent être prises pour limiter les risques à des niveaux acceptables conformément aux réglementations nationales, telles que:

- nettoyage régulier des isolateurs,
- enlèvement rapide des déchets sur les voies, en particulier des déchets conducteurs,
- isolateurs doublés ou renforcés tels que définis dans la CEI 61140,
- isolation fiable à la terre des embases et des boulons d'ancrage, par exemple, en les montant sur des blocs en bois,
- utilisation de carénages isolants pour empêcher le contact des embases avec les rails de contact via des objets étrangers.

6.2.4 Ancrage des mâts non conducteurs

Lorsque les supports du système de lignes aériennes de contact ne sont pas connectés au circuit de retour, un isolateur doit être installé dans l'ancrage des mâts non conducteurs à l'extérieur de la zone tel qu'indiqué aux Figures 3 et 4.

6.3 Mesures de protection des structures entièrement ou partiellement conductrices

6.3.1 Structures situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage de courant

6.3.1.1 Mesures de protection au moyen d'une connexion au circuit de retour

Les mesures de protection en 6.2 doivent être appliquées aux structures métalliques de manière à s'assurer que la tension de contact restante n'excède pas les limites indiquées à l'Article 9.

EXEMPLE 1 Ces structures métalliques sont par exemple:

- les portiques et mâts de signaux,
- les ponts,
- les marquises de quais de gare,
- les canalisations,
- les clôtures,
- les baraques et armoires d'équipement,
- les rails de roulement de systèmes à traction non électrique,
- les rails de roulement non reliés au circuit de retour, utilisés par exemple pour les circuits de voie.

EXEMPLE 2 Une structure en béton armé ferrailé constitue un exemple de structure partiellement conductrice.

Les armatures métalliques des structures en béton doivent être traitées de la même manière que les structures métalliques à l'exception de celles pour lesquels les deux conditions suivantes s'appliquent:

- il n'est pas possible que la structure transfère un potentiel dangereux depuis l'emplacement d'un défaut,
- la probabilité de contact avec une partie sous tension est si faible que l'on accepte le risque que le système de ligne aérienne de contact ou la structure puisse être endommagé(e) si le défaut n'est pas supprimé suffisamment rapidement.

Dans le cas des réseaux de traction en courant continu, ces mesures de protection doivent être harmonisées avec celles définies dans la CEI 62128-2 destinées à réduire la corrosion due aux courants vagabonds.

6.3.1.2 Exceptions pour les petits éléments conducteurs

Dans le cas d'éléments conducteurs de petites dimensions, il n'est pas nécessaire de prendre des mesures de protection, à condition que les conditions suivantes et celles du Tableau 1 soient satisfaites:

- l'élément ne supporte ou ne contient aucun appareil électrique, ou ne contient que des appareils électriques conformes à la Classe II, voir en 7.3.2,
- une personne s'en approchant depuis n'importe quelle direction peut voir si un conducteur sous tension est en contact avec l'élément.

Tableau 1 – Dimensions maximales des petits éléments conducteurs

Dimensions en mètres

Type d'éléments conducteurs	Basse tension		Haute tension	
	Parallèle à la voie	Horizontal, perpendiculaire à la voie	Parallèle à la voie	Horizontal, perpendiculaire à la voie
entièrement conducteur	15	2	3	2
partiellement conducteur	15	2	15	2

Ceci exclut les éléments utilisés pour les mesures de protection indiquées en 6.2 et 7.3.

EXEMPLE Exemple de petits éléments conducteurs: grilles de caniveaux, mâts de signaux, supports de barrières de passage à niveau, mâts indépendants, panneaux d'avertissement, poubelles, clôtures, grillages et ouvrages métalliques de longueur maximale indiquée dans le Tableau 1.

Dans le cas d'un ensemble de petits éléments conducteurs, les exigences fondamentales de 6.3.1.1 s'appliquent. En particulier, la structure ne doit pas pouvoir transférer un potentiel dangereux depuis l'emplacement d'un défaut sur une distance supérieure aux dimensions maximales indiquées dans le Tableau 1.

6.3.1.3 Exceptions pour des éléments stockés temporairement près des rails

En l'absence de consignes d'exploitation, ces mesures de protection ne s'appliquent pas aux matériaux conducteurs stockés temporairement au voisinage de la voie, par exemple les rails de roulement.

6.3.1.4 Mesures de protection au moyen d'obstacles

Les mesures de protection spécifiées en 6.2 concernant les ouvrages conducteurs ou des éléments conducteurs de l'ouvrage situés dans la zone de captage de courant ou dans la zone de la ligne aérienne de contact peuvent être remplacées par la mise en place d'un obstacle, voir Annexe A. Cet obstacle doit être installé entre la ligne aérienne de contact et les ouvrages ou leurs éléments et doit être au moins aussi large que la zone de captage de courant ou que la zone de la ligne aérienne de contact; de plus il convient qu'il déborde d'au moins 0,50 m de l'extrémité de l'ouvrage ou de l'élément. L'obstacle doit satisfaire aux exigences d'isolation concernant la Classe de protection II ou doit être relié au circuit de retour.

Dans les cas où l'organe de captage de courant est guidé par la ligne aérienne de contact (par exemple, les trolleybus), la largeur de la zone de captage de courant peut être réduite en étendant l'obstacle de part et d'autre vers le bas, jusqu'à atteindre au moins 0,05 m sous la ligne aérienne de contact.

6.3.2 Structures à proximité des chemins de fer

Les structures conductrices susceptibles de devenir actives par un couplage inductif ou capacitif avec la tension de la ligne de contact doivent être reliées à la terre si elles ne sont pas directement reliées au circuit de retour.

Ceci s'applique aux

- a) clôtures métalliques, panneaux de signaux, etc., qui sont installés le long de la voie de chemin de fer,
- b) structures dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant, lorsque la liaison au circuit de retour:
 - 1) est exclue à cause de ses petites dimensions,
 - 2) n'est pas directe.

La mise à la terre de ces structures via les fondations est généralement suffisante dans la mesure où l'on n'y a pas inséré intentionnellement des joints d'isolation.

7 Mesures de protection pour les alimentations électriques basse tension non destinées à la traction

7.1 Généralités

Le présent article s'applique aux alimentations électriques en basse tension, non destinées à la traction, qui se caractérisent par le fait qu'elles peuvent, dans des circonstances particulières, transférer un potentiel dangereux sur de grandes distances. Une connexion

électrique à des installations de mise à la terre externes au réseau ferroviaire n'est donc pas souhaitable. En cas de connexion effective, un accord se révèle nécessaire entre l'exploitant de l'infrastructure du réseau ferroviaire et l'exploitant de l'autre infrastructure de réseau. Une attention particulière doit être accordée aux potentiels transférés et à la surchauffe des câbles (voir 10.2)

Les dispositions suivantes s'appliquent pour l'alimentation électrique en basse tension, où des éléments de ces installations ou leurs structures respectives (terre) sont susceptibles d'être reliés au circuit de retour du réseau ferroviaire. Ceci doit être admis dans le cas:

- de chemins de fer où la terre de structure ou certains de ses constituants sont reliés au circuit de retour,
- de chemins de fer à courant continu où la terre de structure ou certains de ses constituants sont reliés au circuit de retour via un limiteur de tension (VLD),
- de chemins de fer à courant continu dont la terre de structure ou certains de ses constituants sont susceptibles d'être parcourus par des courants vagabonds,
- d'une installation électrique dans une zone de la ligne aérienne de contact et/ou dans une zone de captage de courant.

EXEMPLE 1 Les installations exposées à ces risques sont, par exemple, les suivantes:

- installations domestiques,
- installations de signalisation ferroviaire ou de feux de circulation ou de communication,
- systèmes d'éclairage,
- alimentations électriques en basse tension non destinées à la traction,
- matériel de télécommande.

EXEMPLE 2 Les installations précédentes peuvent être portées à des potentiels dangereux dans les cas suivants:

- la rupture d'une ligne aérienne de contact, la rupture ou le déraillement d'un organe de captage de courant pouvant avoir pour conséquence de porter ces installations au potentiel de la ligne aérienne de contact lorsqu'elles sont situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant, ou lorsqu'elles sont reliées électriquement à d'autres installations situées dans ces zones,
- les courants de retour de traction, qui sont susceptibles de surcharger des conducteurs de protection, des conducteurs PEN, ou qui peuvent altérer les mesures de protection lorsque des parties conductrices accessibles sont intentionnellement et fonctionnellement reliées au circuit de retour

Conformément à la CEI 60364-4-41, la protection contre les contacts indirects pour les tensions nominales n'excédant pas 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu doit être réalisée, sauf si les exigences appropriées définies en 411.1 de la CEI 60364-4-41:2005 sont satisfaites.

Les parties conductrices comportant des appareils électriques (sauf en Classe de protection II) dans les zones de la ligne aérienne de contact et de captage de courant ne doivent pas être considérées comme des éléments de petites dimensions tels que définis au 6.3.1.2.

Dans le cas où une protection contre la foudre est prévue, se reporter à la série CEI 62305 de normes relatives à la mise à la terre et la liaison équipotentielle.

7.2 Mesures afférentes

Les mesures de protection ci-après, indiquées en 7.3 et 7.4, doivent être appliquées aux installations électriques fixes mentionnées au 7.1, en plus des mesures exigées par les autres normes applicables. Dans le cas des réseaux de traction en courant continu, ces mesures de protection doivent être harmonisées avec celles définies dans la CEI 62128-2 destinées à réduire la corrosion due aux courants vagabonds.

7.3 Mesures de protection des installations électriques situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant

7.3.1 Parties conductrices accessibles

Les parties conductrices accessibles situées dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant doivent être reliées au circuit de retour, directement ou via un limiteur de tension (VLD-F, voir Annexe F), sinon elles doivent être protégées par un obstacle robuste. Si cet obstacle n'est pas en matériau isolant, il doit être relié au circuit de retour. Dans les systèmes de traction en courant continu, de tels obstacles doivent être conformes aux exigences de la CEI 62128-2.

Les conducteurs PE de l'installation électrique doivent avoir une section suffisante pour ne pas subir de surchauffe par la portion du courant dans le circuit de retour qui peut y circuler. La conception du circuit de retour et la liaison équipotentielle doivent être coordonnées avec les niveaux d'isolation des câbles d'alimentation et de télécommunication connectés aux appareils électriques qui se situent dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage de courant, ou qui, pour d'autres raisons, sont reliés au circuit de retour, de façon à ce que les câbles et les installations ne soient pas endommagés en cas de défaut à la terre sur le système de ligne de contact.

7.3.2 Appareil de protection de classe II

Si un appareil électrique de protection de Classe II, conformément à la CEI 61140, est utilisé, la surtension temporaire acceptable doit alors correspondre à la tension nominale de la ligne de contact.

NOTE 1 Les surtensions temporaires pour les appareils basse tension sont définies dans la CEI 60664-1:2007, 4.3.

Cet appareil ne doit pas être connecté à un conducteur PE.

Pour les petits éléments conducteurs, équipés d'appareils de Classe de protection II, les exceptions de 6.3.1.2 s'appliquent également.

Dans le cas où des appareils de Classe de protection II sont utilisés et pour lesquels les mesures de protection ne correspondent pas à la tension nominale de la ligne de contact, les exigences relatives aux parties conductrices accessibles situées dans la zone de la ligne aérienne de contact et dans la zone de captage de courant doivent être satisfaites.

NOTE 2 Pour des raisons économiques, un appareil de classe de protection II n'est pas envisageable dans des réseaux à haute tension.

7.4 Mesures de protection pour les installations mises en danger par le circuit de retour d'alimentation de traction

7.4.1 Conception de l'alimentation auxiliaire

La protection contre les contacts indirects pour les appareils ou installations qui n'entrent pas dans la Classe II doit être réalisée par la coupure d'alimentation automatique décrite dans la CEI 60364-4-41.

Les parties conductrices accessibles doivent être reliées à un conducteur de protection.

NOTE La CEI 60364-4-41 distingue les installations suivant le type de mise à la terre. Pour les installations fixes ferroviaires, les schémas TN et TT sont d'usage.

L'alimentation auxiliaire est généralement alimentée par un réseau à haute tension, par le réseau public à basse tension ou par l'alimentation de traction. Le Tableau 2 montre les différents types d'alimentations auxiliaires et leurs schémas de liaison à la terre du côté du

système ferroviaire. De plus, le réseau de distribution à basse tension applicable du côté chemin de fer et la précondition respective sont indiqués.

Tableau 2 – Types d'alimentations auxiliaires

Côté fournisseur		Côté chemin de fer	
Type d'alimentation	Caractéristiques	Schéma applicable	Pré-condition
Publique, basse tension	Mise à la terre et/ou neutre, à partir d'installations de mise à la terre externes	Schéma TT	RCD
		Schéma TN	Transformateur à enroulements séparés
Haute tension	Mise à la terre et/ou neutre, à partir d'installations de mise à la terre externes	Schéma TN	Transformateur auxiliaire haute tension situé sur la terre de structure ferroviaire
		Schéma TT	Transformateur auxiliaire haute tension non situé sur la terre de structure ferroviaire et RCD
Alimentation de traction	Neutre, connectée au circuit de retour ou à la terre de structure ferroviaire	Schéma TN	Transformateur auxiliaire situé sur la terre de structure ferroviaire ou convertisseur c.a/c.c

D'autres conceptions, par exemple un schéma IT, sont autorisées.

7.4.2 Alimentation en basse tension par un schéma TT

Toutes les parties conductrices accessibles, protégées collectivement par le même dispositif de protection, ainsi que les conducteurs de protection doivent être reliés à une installation de mise à la terre commune à toutes ces parties.

L'alimentation peut être fournie par le réseau public de distribution BT sans transformateur d'isolement.

Le conducteur de neutre entrant (PEN, ainsi que N et PE séparés) de l'alimentation du système externe au réseau ferroviaire est relié à la terre distante. Dans les tronçons de distribution ferroviaire, ce neutre ne doit s'appliquer qu'à N. Le conducteur PE entrant doit se terminer sur une barre omnibus isolée et ne doit pas être utilisé du côté chemin de fer. Il provient de la barre omnibus équipotentielle principale (MEB), qui est connectée à la terre de structure ferroviaire.

La résistance à la terre R_A mesurée au niveau de la barre omnibus équipotentielle principale doit satisfaire à l'exigence suivante

$$R_A \leq U / I_a$$

où

U est en général la tension entre phase et terre nominale U_0 et en cas de protection par un RCD, elle est de 50 V conformément à la CEI 60364-4-41;

I_a est le courant qui déclenche automatiquement le dispositif de protection dans les 0,4 s.

EXEMPLE Ce courant, dans le cas du disjoncteur, dépend de la caractéristique de déclenchement, par laquelle pour la caractéristique A, le courant de déclenchement $I_a = 3 \times I_N$ (courant nominal), pour la caractéristique B: $I_a = 5 \times I_N$; pour la caractéristique C: $I_a = 10 \times I_N$; pour la caractéristique D: $I_a = 20 \times I_N$ (voir la CEI 60364-4-41 et la CEI 60898-1); par exemple pour un disjoncteur avec la caractéristique B et un courant nominal 16 A, une résistance de terre maximale de $230 \text{ V} / (16 \text{ A} \times 5) = 2,88 \Omega$ est requise.

Lorsque le dispositif de protection est à courant résiduel, I_a est le courant de fonctionnement résiduel assigné $I_{\Delta n}$ (voir la CEI 60364-4-41).

Des exceptions sont possibles pour les circuits électriques avec uniquement des équipements fixes.

L'installation de RCD est foncièrement recommandée. Si la résistance de terre de la barre omnibus équipotentielle principale (MEB) n'est pas assez faible, des RCD doivent être installés.

Si l'équipement se situe en dehors de la zone de la ligne aérienne de contact ou de la zone de captage de courant, et s'il est relié à la barre omnibus équipotentielle principale (MEB), alors il n'est pas nécessaire de relier le conducteur PE du câble d'alimentation à la partie conductrice accessible du matériel.

7.4.3 Alimentation en basse tension par un schéma TN

Toutes les parties conductrices accessibles de l'installation doivent être reliées au point de mise à la terre des enroulements du transformateur BT par des conducteurs de protection qui doivent être mis à la terre sur ou à proximité de chaque transformateur ou générateur approprié.

Afin d'éviter la propagation de tensions ou de courants dangereux, des séparations entre la terre du réseau public de distribution et la terre de structure ferroviaire sont recommandées. En cas de séparation, les transformateurs à enroulements séparés sont nécessaires pour l'application du schéma TN.

L'alimentation peut être fournie par:

- une alimentation publique à basse tension via un transformateur à enroulements séparés,
- une alimentation à haute tension via un transformateur auxiliaire.

La terre non ferroviaire entrante doit se terminer sur une barre omnibus isolée et ne doit pas être utilisée du côté chemin de fer. Le point milieu de l'enroulement secondaire en étoile du transformateur et son armature (partie conductrice accessible) doivent être reliés à la barre omnibus équipotentielle principale.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de connecter l'armature à la terre du réseau public via le conducteur PE ou les blindages des câbles d'arrivée. Une isolation entre l'armature du transformateur et la terre de structure ferroviaire est alors nécessaire.

Pour les transformateurs auxiliaires, dont les enroulements primaires sont alimentés par une tension de traction, les points neutres sur le primaire et le secondaire doivent être reliés à la terre de structure ferroviaire.

Le réseau de protection basse tension doit être un schéma TN-S. Des RCD sont recommandés pour les circuits de distribution finaux. Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent être appliqués conformément à la CEI 60364-4-41. Les temps de coupure maximaux pour les schémas TN doivent être conservés.

Si l'appareil se situe en dehors de la zone de la ligne aérienne de contact ou de la zone de captage de courant, et s'il est relié à la barre omnibus équipotentielle principale, alors le conducteur PE du câble d'alimentation ne doit pas être relié à la partie conductrice accessible de l'appareil.

7.4.4 Mesures particulières

7.4.4.1 Réseaux ferroviaires en courant alternatif

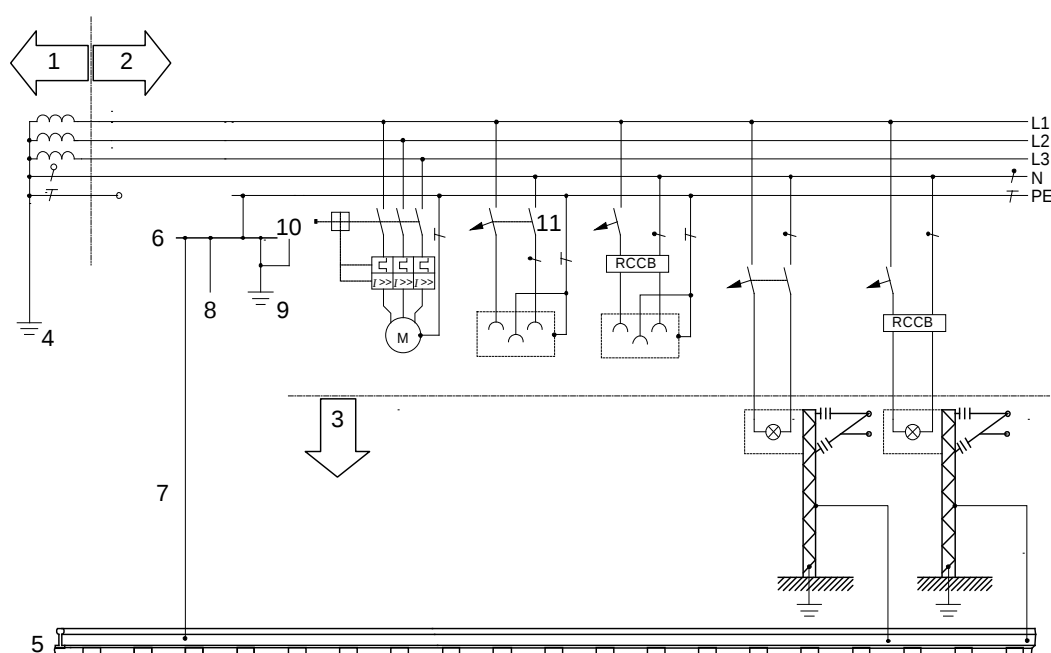
Si les rails de roulement des réseaux ferroviaires en courant alternatif sont reliés à la terre de structure qui consiste en des fondations de poteaux, des renforcements de dalles de voies et des fondations d'autres ouvrages tels les tunnels et les viaducs, les rails de roulement et la barre omnibus équipotentielle principale du système d'alimentation auxiliaire doivent être

reliés. La connexion peut comporter, en raison de contraintes de signalisation, des connexions inductives par exemple. Pour les appareils situés dans la zone de la ligne aérienne de contact et dans la zone de captage de courant, le conducteur PE doit pouvoir supporter le courant de court-circuit maximum. Si cela n'est pas possible, une liaison directe au circuit de retour doit être mise en œuvre. Dans ce cas, le conducteur PE ne doit pas être relié à la partie conductrice accessible de l'appareil.

La liaison équipotentielle doit être conçue de telle sorte que les tensions de contact admissibles ne soient pas dépassées en présence de courant de retour de traction et de courant de court-circuit de traction.

Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent également être installés dans le conducteur de neutre pour les circuits électriques sans RCD, c'est-à-dire, un disjoncteur à deux ou quatre pôles protégés conformément à la CEI 60898-1, si la tension rail/sol est > 50 V. En cas de déclenchement, tous les conducteurs doivent être mis simultanément hors tension. Aucun fusible ne doit être utilisé.

La Figure 20 montre les dispositions pour un schéma TT et la Figure 21 celles pour un schéma TN appliquées dans un réseau ferroviaire en courant alternatif dans lequel le circuit de retour est relié à la terre.

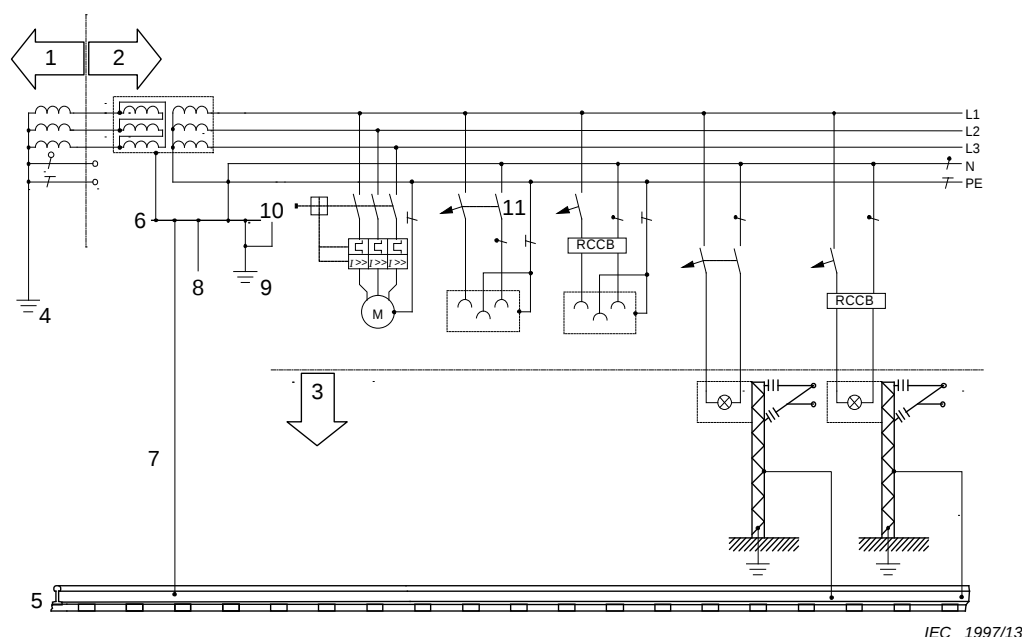


IEC 1996/13

Légende

- | | |
|--|---|
| 1 réseau d'alimentation électrique basse tension provenant d'une zone accessible au public | 6 barre omnibus équipotentielle principale (MEB) |
| 2 zone de réseau ferroviaire | 7 liaison avec circuit de retour avec barre omnibus équipotentielle principale (MEB) |
| 3 ligne aérienne de contact et zone de captage de courant | 8 canalisations d'eau et de gaz, chauffage |
| 4 terre de distribution publique | 9 terre de structure ferroviaire |
| 5 circuit de retour avec rails de roulement | 10 installations de protection contre la foudre |
| | 11 dispositif de protection contre les surintensités, tous pôles protégés si la tension rail/sol est > 50 V |

Figure 20 – Schéma TT pour des réseaux ferroviaires en courant alternatif



Légende

- | | |
|--|---|
| 1 réseau d'alimentation électrique basse tension provenant d'une zone accessible au public | 6 barre omnibus équipotentielle principale (MEB) |
| 2 zone de réseau ferroviaire | 7 liaison avec circuit de retour avec barre omnibus équipotentielle principale (MEB) |
| 3 ligne aérienne de contact et zone de captage de courant | 8 canalisations d'eau et de gaz, chauffage |
| 4 terre de distribution publique | 9 terre de structure ferroviaire |
| 5 circuit de retour avec rails de roulement | 10 installations de protection contre la foudre |
| | 11 dispositif de protection contre les surintensités, tous pôles protégés si la tension rail/sol est > 50 V |

NOTE Le symbole de mise à la terre au droit des poteaux n'indique pas que l'installation d'une prise de terre supplémentaire se révèle nécessaire sur chaque poteau.

Figure 21 – Schéma TN pour réseaux ferroviaires en courant alternatif

Il est également possible d'utiliser un disjoncteur différentiel résiduel avec protection incorporée contre les surintensités (CEI 60050-442-05-04) à la place d'un disjoncteur associé à un disjoncteur différentiel sans protection incorporée contre les surintensités.

NOTE Pour une liaison au circuit de retour (légende 7 sur la Figure 21), voir l'Annexe I.

7.4.4.2 Réseaux ferroviaires en courant continu

Les rails de roulement des réseaux ferroviaires en courant continu ne sont pas reliés à la terre de structure ni mis à la terre. Les rails de roulement et la MEB de l'alimentation auxiliaire ne sont normalement pas connectés directement en raison des courants vagabonds. Pour un appareil situé dans la zone de la ligne aérienne de contact ou dans la zone de captage de courant, le conducteur PE doit pouvoir supporter le courant de défaut de traction correspondant. Des limiteurs de tension (VLD) doivent fournir une connexion entre la MEB et le circuit de retour en cas de défaut à la terre du système de ligne de contact.

Si ce type d'appareil est monté sur un poteau, une connexion entre l'appareil et le circuit de retour via un VLD-F doit être installée.

Le conducteur PE ne doit pas être connecté aux parties conductrices accessibles de l'appareil.

Sinon, les parties conductrices accessibles peuvent être connectées au conducteur PE du câble d'alimentation via un dispositif approprié tel qu'un condensateur. Une résistance de décharge doit être mise en parallèle avec ce dispositif approprié.

Le dimensionnement du condensateur doit garantir le courant de déclenchement pour satisfaire à la tension de contact admissible.

NOTE Ce dispositif approprié empêche les courants de retour de traction de s'écouler à travers le conducteur de protection.

Si l'on utilise un appareil électrique de Classe II (voir 7.3.2), les dispositions pour les éléments de petites dimensions peuvent être appliquées.

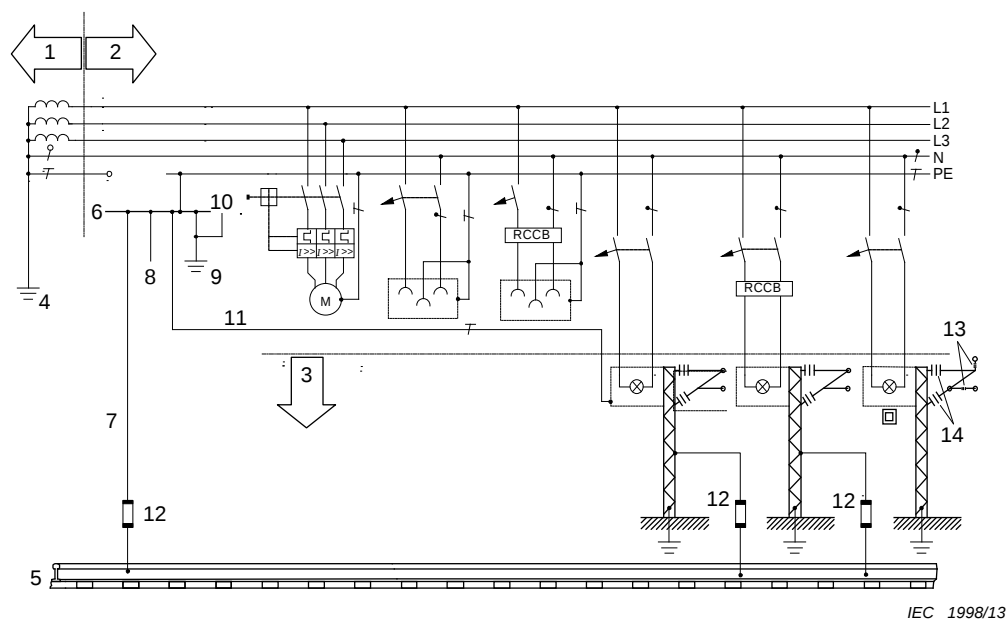
Les appareils en basse tension, installés sur un équipement d'alimentation de traction, ou sur des éléments protégés par un dispositif de protection contre les défauts de châssis peuvent ne pas être reliés au conducteur PE du câble d'alimentation en basse tension. Le dispositif doit être relié de façon équipotentielle au châssis de l'équipement d'alimentation de traction.

Si des travaux sont effectués sur des matériels roulants, des rails de roulement ou des parties conductrices reliées au circuit de retour, en utilisant un appareil électrique de classe de protection I connecté à des prises de courant du réseau ferroviaire, ces prises doivent être branchées sur le réseau d'électricité ferroviaire par des dispositifs de protection à courant différentiel résiduel ou par des transformateurs à enroulements séparés. En cas d'utilisation de dispositifs à courant différentiel résiduel, le conducteur de protection doit être relié au conducteur PE via un dispositif approprié tel qu'un condensateur. Une résistance de décharge doit être mise en parallèle avec un condensateur.

Des dispositifs de protection contre les surintensités doivent également être installés dans le conducteur de neutre pour les circuits électriques sans RCD, c'est-à-dire, un disjoncteur à deux ou quatre pôles protégés conformément à la CEI 60898-1. En cas de déclenchement, tous les conducteurs doivent être mis simultanément hors tension. Aucun fusible ne doit être utilisé.

La Figure 22 montre les dispositions pour un schéma TT et la Figure 23 celles pour un schéma TN appliquées dans un réseau ferroviaire en courant continu.

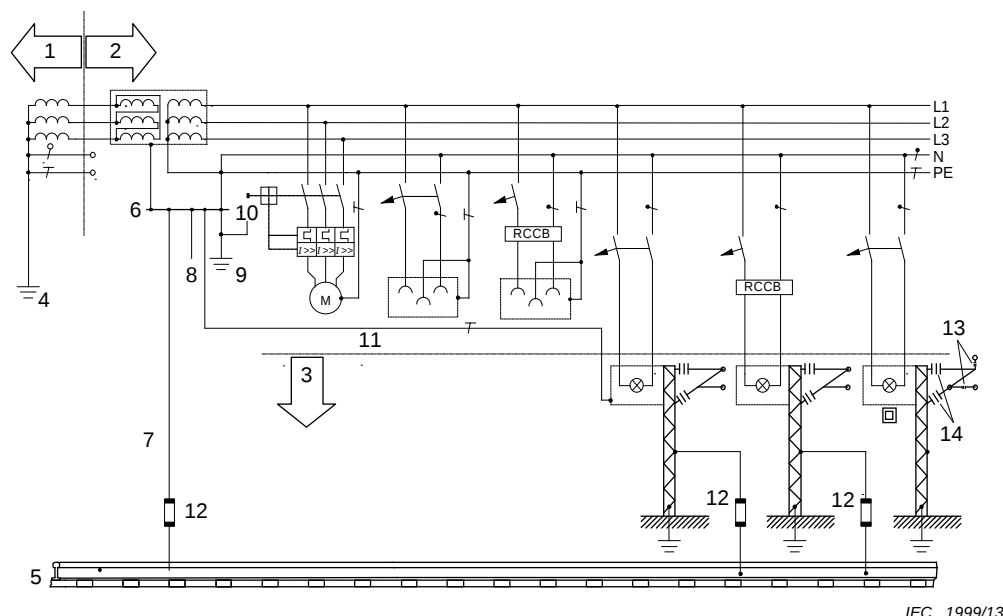
Dans les ateliers et les emplacements similaires où les rails de roulement sont isolés de la voie principale, une connexion directe entre la MEB et les rails de roulement est permise pour réduire les effets de la tension de contact.



Légende

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | réseau d'alimentation électrique basse tension provenant d'une zone accessible au public | 8 | canalisations d'eau et de gaz, chauffage |
| 2 | zone de réseau ferroviaire | 9 | terre de structure ferroviaire |
| 3 | ligne aérienne de contact et zone de captage de courant | 10 | installations de protection contre la foudre |
| 4 | terre de distribution publique | 11 | liaison directe des parties conductrices accessibles à une MEB |
| 5 | circuit de retour avec rails de roulement | 12 | limiteur de tension VLD |
| 6 | MEB | 13 | 1 ^{ère} isolation |
| 7 | liaison avec circuit de retour avec MEB via un VLD | 14 | 2 ^{ème} isolation (uniquement pour les systèmes de traction BT) |

Figure 22 – Schéma TT pour des réseaux ferroviaires en courant continu



Légende

- | | |
|--|---|
| 1 réseau d'alimentation électrique basse tension provenant d'une zone accessible au public | 8 canalisations d'eau et de gaz, chauffage |
| 2 zone de réseau ferroviaire | 9 terre de structure ferroviaire |
| 3 ligne aérienne de contact et zone de captage de courant | 10 installations de protection contre la foudre |
| 4 terre de distribution publique | 11 liaison directe des parties conductrices accessibles à une MEB |
| 5 circuit de retour avec rails de roulement | 12 limiteur de tension VLD |
| 6 MEB | 13 1 ^{ère} isolation |
| 7 liaison avec circuit de retour avec MEB via un VLD | 14 2 ^{ème} isolation (uniquement pour les systèmes de traction BT) |

NOTE 2 Le symbole de mise à la terre au droit des poteaux n'indique pas que l'installation d'une prise de terre supplémentaire se révèle nécessaire sur chaque poteau.

Figure 23 – Schéma TN pour des réseaux ferroviaires en courant continu

Il est également possible d'utiliser un disjoncteur différentiel résiduel avec protection incorporée contre les surintensités (CEI 60050-442-05-04) à la place d'un disjoncteur associé à un disjoncteur différentiel sans protection incorporée contre les surintensités.

8 Mesures de protection lorsque des voies écouant du courant de retour de traction et/ou des lignes de contact traversent des zones dangereuses

8.1 Généralités

Les exigences indiquées de 8.2 à 8.6 doivent être appliquées aux installations pour lesquelles des mesures de protection contre les explosions dues à des arcs électriques sont exigées par d'autres normes si on ne peut exclure une influence inductive, conductrice ou capacitive dangereuse produite par le chemin de fer.

NOTE Les zones dangereuses sont définies par les réglementations nationales de sécurité.

EXEMPLE 1 Les explosions dues à des arcs électriques peuvent, par exemple, provenir:

- du contact avec une ligne de contact,
- de la rupture d'un fil de contact,
- de la tension entre les rails de roulement et la terre (tension rail/sol) lorsque ces rails servent à écouler le courant de retour de traction,
- d'une décharge d'électricité statique vers le circuit de retour,
- de la coupure d'une partie conductrice transportant une partie du courant de retour.

EXEMPLE 2 Des installations de chargement ou des parties de raffineries ou d'usines chimiques ou de dépôts de carburants constituent des exemples de ce type d'installations.

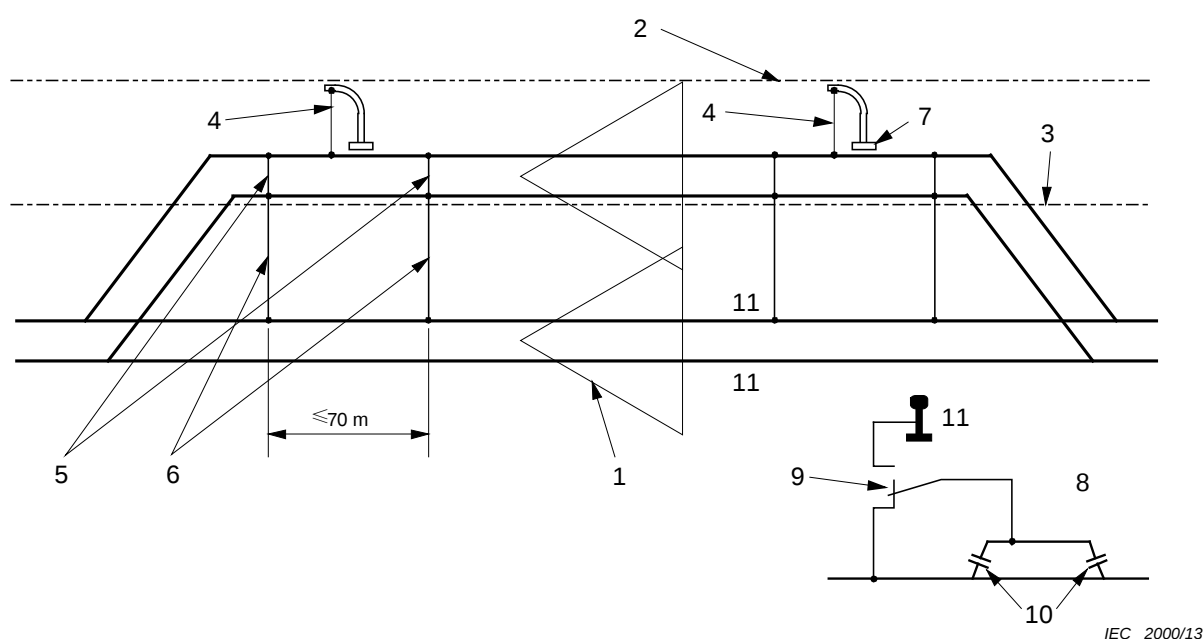
8.2 Liaison équipotentielle

Tous les équipements terminaux de chargement doivent avoir une connexion directe au circuit de retour.

Des liaisons transversales doivent être installées à intervalles n'excédant pas 70 m entre:

- les rails d'une même voie,
- les voies voisines (voir Figure 24).

Les voies et les installations conductrices adjacentes doivent être reliées électriquement entre elles.



IEC 2000/13

Légende

- | | |
|---|---|
| 1 zone de la ligne aérienne de contact selon la Figure 1 | 6 liaisons transversales de voie à voie |
| 2 limite de la zone de la ligne aérienne de contact | 7 terminal de chargement |
| 3 limite de la zone dangereuse | 8 schéma de câblage de la ligne aérienne de contact |
| 4 connexion au circuit de retour et liaison équipotentielle | 9 interrupteur sectionneur de mise à la terre |
| 5 liaisons transversales de rail à rail | 10 isolateurs de section |
| | 11 circuit de retour (rails de roulement) |

Figure 24 – Disposition des liaisons transversales de rail à rail et de voie à voie (exemple d'une double voie) et du schéma d'alimentation de la ligne de contact dans le cas d'une voie de débord avec ligne de contact

Les méthodes de liaison de voie (légende 6 de la Figure 24) doivent tenir compte des exigences de signalisation en dehors de la zone dangereuse.

8.3 Conduite parallèle

Une conduite transportant des liquides ou gaz explosifs ne doit pas être utilisée volontairement comme conducteur de retour parallèle.

Une conduite commune située dans la zone de ligne de contact ou dans la zone du pantographe et qui alimente plusieurs équipements terminaux de chargement doit être isolée de chacun d'eux.

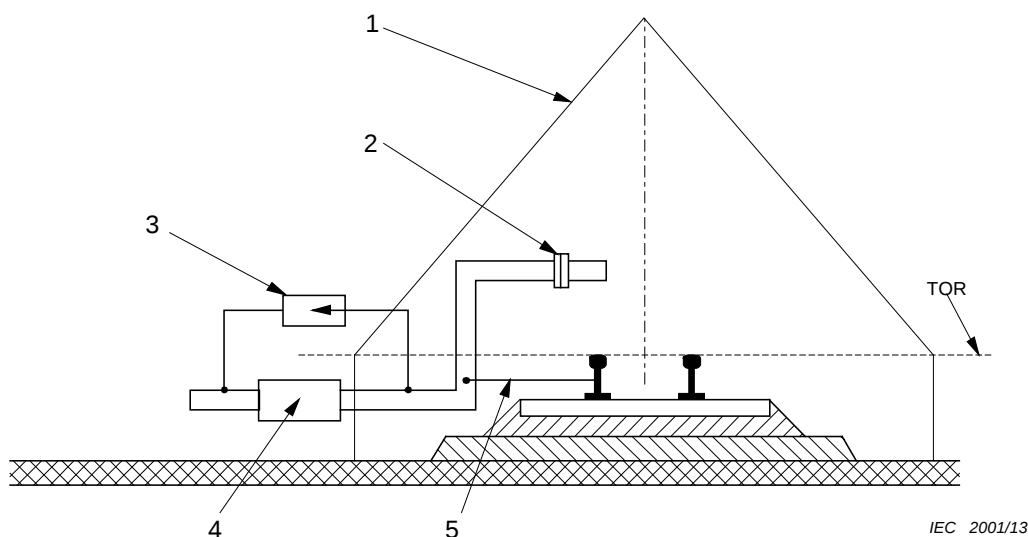
Chacune des parties conductrices qui est reliée au circuit de retour doit être isolée par rapport à la terre. Ceci s'applique tant aux réseaux ferroviaires en courant alternatif qu'aux réseaux ferroviaires en courant continu.

8.4 Joints d'isolation

Une conduite conductrice transportant des liquides ou des gaz inflammables quittant la zone de la ligne de contact ou la zone du pantographe doit être isolée en dehors de cette zone (voir Figure 24). Le joint d'isolation doit supporter la tension de la ligne de contact. Si la tension de part et d'autre du joint d'isolation est pontable par une personne, cette tension ne doit pas être supérieure aux limites indiquées à l'Article 9.

8.5 Parafoudre

Si un foudroiement est susceptible de provoquer un arc ou un claquage des pièces isolantes, ces dernières doivent être pontées par des parafoudres (voir Figure 25). Les parafoudres utilisés dans les zones dangereuses doivent être antidéflagrants. Des dispositions doivent être prises pour se prémunir contre le shuntage accidentel (par exemple, par des outils) des pièces isolantes ou des parafoudres.



Légende

- 1 zone de la ligne aérienne de contact selon la Figure 1
- 2 terminal de chargement
- 3 parafoudre
- 4 pièce isolante
- 5 connexion au circuit de retour et liaison équipotentielle
- TOR plan de roulement (TOR, top of rail)

Figure 25 – Emplacement du parafoudre en dehors de la zone de la ligne aérienne de contact d'une voie de débord si la foudre est susceptible de provoquer l'amorçage des pièces isolantes

8.6 Ligne de contact des voies de débord

L'alimentation de la ligne de contact de la voie de débord doit pouvoir être coupée et reliée au circuit de retour par un moyen interdisant le début des opérations de chargement avant que la ligne de contact ne soit reliée au circuit de retour (voir Figure 24).

9 Limites pour la tension de contact et mesures de protection contre les dangers liés à la tension rail/sol

9.1 Généralités

9.1.1 Tension rail/sol

Dans le but de protéger les personnes contre les dangers liés à la tension rail/sol, le système de traction électrique doit être conçu et construit de sorte que la tension de contact ne dépasse pas les niveaux spécifiés en 9.2 et 9.3, ou des mesures doivent être mises en place de telle sorte que les personnes ne puissent aisément s'approcher des rails ou des parties conductrices reliées aux rails.

NOTE S'agissant des systèmes en courant alternatif, voir l'Annexe I.

La tension rail/sol locale et intermittente est la principale cause de tension de contact dans les conditions de fonctionnement normal ou de défaut. Dans les cas où il n'existe pas de réglementations nationales, les limites de tension de contact doivent répondre à 9.2 et 9.3. Par conséquent, la tension de contact admissible est répartie en valeurs de longue durée pour le fonctionnement et en valeurs de courte durée pour les conditions de défaut y compris des conditions de fonctionnement spécifiques de courte durée.

Pour les tensions présentant des variations importantes, un soin particulier doit être apporté au choix de l'intervalle de temps de façon à s'assurer que les conditions les plus défavorables ont été prises en compte.

Les valeurs données dans les tableaux de l'Article 9 reposent sur l'hypothèse selon laquelle le courant traverse le corps humain d'une main jusqu'aux deux pieds. Ceci inclut le passage du courant d'une main à l'autre, voir Annexe D. Pour les besoins de la maintenance, il peut être nécessaire de prendre en compte des trajets du courant plus dangereux à travers le corps humain. Il peut alors être nécessaire de prendre des mesures de protection complémentaires.

9.1.2 Tension à travers le corps et tension de contact

Les valeurs de tension à travers le corps et de tension de contact indiquées à l'Article 9 doivent être les valeurs maximales considérées comme acceptables. Toutes les tensions (y compris les tensions continues) indiquées à l'Article 9 sont des valeurs efficaces, prises sur l'intervalle de temps considéré conformément à la CEI 60050-101-14-15.

Selon la CEI 61936-1, il est admis de prendre en compte la résistance supplémentaire constituée par l'aire de passage, quel que soit l'intervalle de temps.

NOTE Les méthodes de calcul des valeurs indiquées aux tableaux ci-après figurent à l'Annexe D.

Les méthodes de mesure des tensions effectives/présumées de contact sont décrites à l'Annexe E.

Dans tous les tableaux de l'Article 9, les valeurs relatives aux durées intermédiaires peuvent être calculées par interpolation linéaire.

9.1.3 Tension de contact sur les matériels roulants

L'attention est portée sur le problème qui peut survenir en cas de contact avec un matériel roulant qui présente un défaut. La tension agissant comme tension source dans le circuit de contact est due à la chute de tension à travers l'impédance entre le matériel roulant et le rail de roulement, et à tout ou partie de la tension rail/sol. Pour les valeurs d'impédance entre la caisse du matériel roulant et le rail, voir CEI 61991:2000, 6.4.3. Conformément à la CEI 61991:2000, 6.4.4 la chute de tension à travers le matériel roulant, y compris la partie appropriée de la tension rail/sol, ne doit pas être supérieure aux valeurs indiquées à l'Article 9.

NOTE Si le courant de défaut n'est pas connu, des courants de court-circuit conformes à l'EN 50388:2008, Tableau 7, peuvent être utilisés dans les pays européens pour les calculs des cas les plus défavorables.

9.1.4 Durée du défaut

Pour évaluer la durée de défaut appropriée qui permet d'estimer la tension de contact admissible, le fonctionnement correct des dispositifs de protection et de coupure doit être pris en compte. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de multiples défauts se produisant simultanément.

9.1.5 Limites de tension et durée

À tout moment et pour chaque intervalle de ce moment, la valeur efficace maximale de tension sur l'intervalle de temps ne doit pas dépasser la valeur donnée pour l'intervalle de temps considéré tel qu'indiqué dans les Tableaux 3 et 4 pour les systèmes en courant alternatif et dans les Tableaux 5 et 6 pour les systèmes en courant continu.

NOTE Les conditions de longue durée sont associées aux conditions d'exploitation et les conditions de courte durée sont associées aux conditions de défaut ou, par exemple, aux opérations de commutation.

9.2 Limites de la tension de contact dans les réseaux de traction en courant alternatif

9.2.1 Généralités

Afin de déterminer le risque d'apparition de tensions de contact élevées inadmissibles, les tensions rail/sol au point considéré doivent être évaluées à la fois dans les conditions de fonctionnement normal et de défaut.

Si la tension rail/sol est déterminée par calcul, on doit prendre en compte le courant de fonctionnement maximum et le courant de court-circuit, ainsi que le courant de court-circuit initial.

NOTE Des valeurs guide pour le gradient normalisé de tension rail/sol figurent à l'Article C.1.

9.2.2 Limites de tension en courant alternatif pour la sécurité des personnes

9.2.2.1 Valeurs de base pour la tension à travers le corps U_b

Les tensions à travers le corps U_b ne doivent pas être supérieures aux valeurs indiquées dans le Tableau 3 pour les durées correspondantes.

Tableau 3 – Tensions à travers le corps maximales admissibles $U_{b, \max}$ dans les systèmes de traction en courant alternatif en fonction de la durée

t s	$U_{b, \max}$ V
> 300	60
300	65
1	75
0,9	80
0,8	85
0,7	90
0,6	100
0,5	120
0,4	150
0,3	230
0,2	295
0,1	345
0,05	360
0,02	370
t : durée $U_{b, \max}$: tensions à travers le corps maximales admissibles	

9.2.2.2 Limites de tension de contact effective

Pour les conditions de longue durée $t \geq 0,7$ s, la tension de contact effective ne doit pas être supérieure aux valeurs indiquées au Tableau 4.

Pour les conditions de courte durée $t < 0,7$ s, les tensions à travers le corps admissibles sont considérées conformes si les valeurs relatives à la tension de contact effective indiquées dans le Tableau 4 ne sont pas dépassées.

NOTE 1 Une résistance supplémentaire de 1 000 Ω correspondant à des chaussures usagées et humides est incluse dans les valeurs, voir Article D.1.

Tableau 4 – Tensions de contact effectives maximales admissibles $U_{te, max}$ dans les systèmes de traction en courant alternatif en fonction de la durée

t s	$U_{te, max}$ long terme V	$U_{te, max}$ court terme V
> 300	60	–
300	65	–
1	75	–
0,9	80	–
0,8	85	–
0,7	90	–
< 0,7	–	155
0,6	–	180
0,5	–	220
0,4	–	295
0,3	–	480
0,2	–	645
0,1	–	785
0,05	–	835
0,02	–	865
t : durée $U_{te, max}$: tension de contact admissible maximale		

Des tensions de contact résiduelles causées par des temps de déclenchement différents doivent être coupées pendant la durée du défaut correspondante selon le Tableau 4.

NOTE 2 Des temps de déclenchement différents proviennent par exemple de coordination de relais, de différents types de relais et de différentes durées d'ouverture.

9.2.2.3 Ateliers et emplacements similaires

Dans les ateliers et emplacements similaires, la tension de contact effective ne doit pas être supérieure à la limite de 25 V correspondant au seuil de non-lâcher. Pour les conditions de courte durée, 9.2.2.2 doit s'appliquer.

NOTE Le niveau réduit pour les tensions de contact dans les ateliers a été choisi en tenant compte du risque important d'accident pour les personnes qui serait causé par des réactions incontrôlées dues aux tensions de contact pendant le travail. Des lésions causées par les effets de la tension et du courant électriques par contact direct ne sont pas probables à ce niveau.

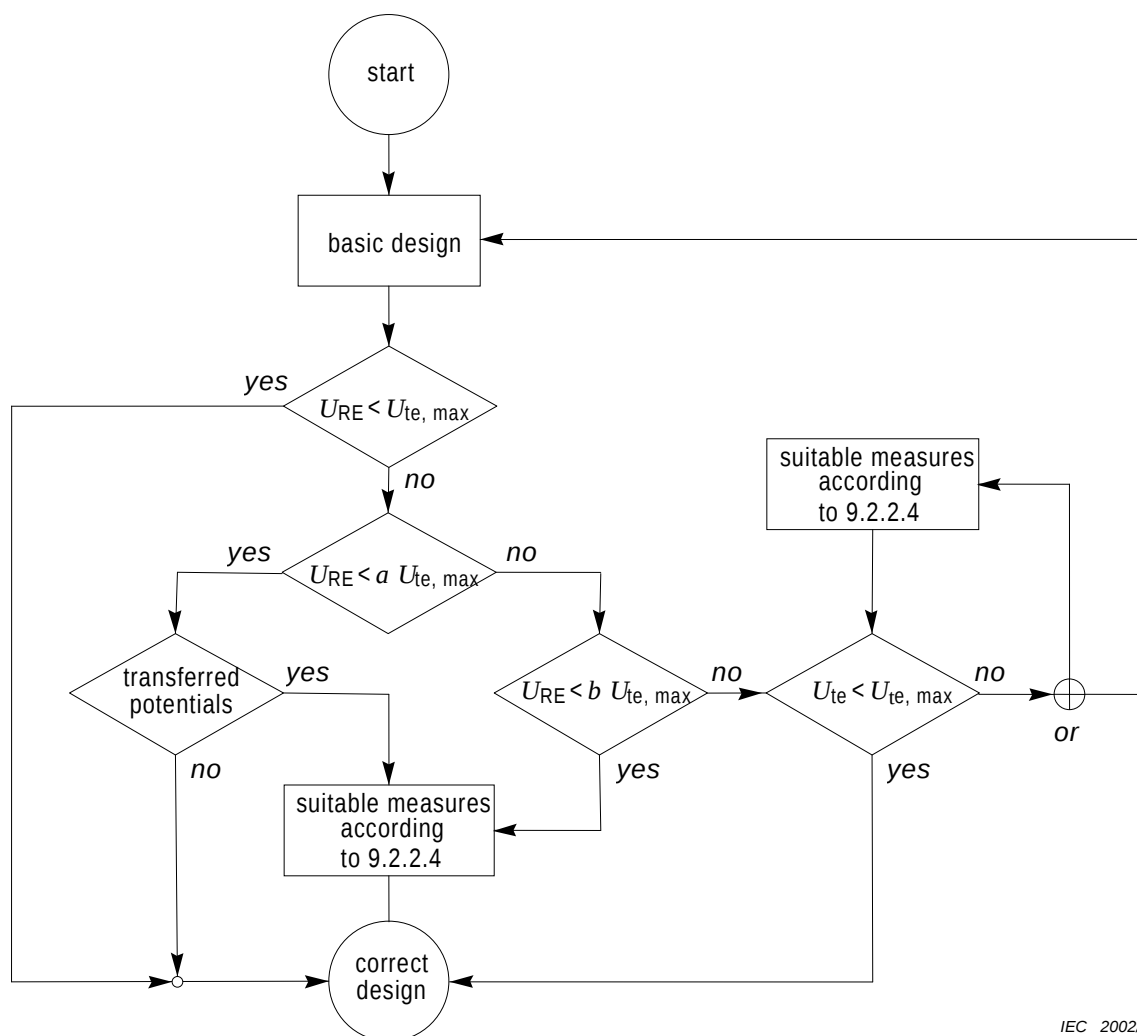
9.2.2.4 Mesures pour réduire les risques de tension de contact

En cas de dépassement des limites indiquées en 9.2.2.2 ou en 9.2.2.3., les mesures suivantes illustrées à la Figure 26 doivent être prises en considération pour réduire les risques de tension de contact directement ou par diminution de la tension rail/sol, ou par gestion.

La liste suivante indique quelques exemples de mesures:

- réduction de la résistance rail-sol, par exemple, au moyen de prises de terre plus efficaces ou supplémentaires,
- liaison équipotentielle,
- amélioration du circuit de retour en tenant compte du couplage électromagnétique,
- isolation de l'aire de passage,
- répartition des potentiels par des prises de terre de surface appropriées,

- obstacles ou parties accessibles isolées,
- restrictions d'accès (barrières) pour la protection contre le contact avec la tension du circuit de retour,
- interdiction d'approcher les rails de roulement et les trains sauf conformément aux procédures destinées au personnel de maintenance, qui doivent répondre aux réglementations nationales relatives à la sécurité des personnes averties,
- réduction des courants de défaut et/ou de fonctionnement,
- limiteur de tension,
- réduction du temps de déclenchement nécessaire à la coupure du courant de court-circuit.



IEC 2002/13

Légende

Anglais	Français
start	début
basic design	conception de base
yes	oui
suitable measures according to 9.2.2.4	mesures adaptées selon 9.2.2.4
no	non
transferred potentials	potentiels transférés
correct design	conception correcte

U_{RE} tension rail/sol

U_{te} limites de tension de contact effective

$U_{te, max}$ tensions de contact effectives maximales admissibles

$a = 2$ facteur pour une diminution du potentiel de 50 %, voir Figure C.1

$b = 3,3$ facteur pour une diminution du potentiel de 30 %, voir Figure C.1

Figure 26 – Conception du circuit de retour, compte tenu de la tension de contact effective admissible, par vérification de la tension rail/sol ou de la tension de contact effective

9.3 Limites de la tension de contact dans les réseaux de traction en courant continu

9.3.1 Généralités

Afin de déterminer le risque d'apparition de tensions de contact élevées inadmissibles, les tensions rail/sol au point considéré doivent être évaluées à la fois en fonctionnement normal et en conditions de défaut, à partir de la chute de tension dans le circuit de retour.

Si la tension rail/sol est déterminée par calcul, ce dernier doit utiliser le courant de fonctionnement maximum circulant dans les rails de roulement. Pour les courts-circuits, il doit être tenu compte du courant maximum circulant pendant le temps de coupure du défaut (voir également Article C.2).

9.3.2 Limites de tension en courant continu pour la sécurité des personnes

9.3.2.1 Valeurs de base pour la tension à travers le corps

Tableau 5 – Tensions à travers le corps maximales admissibles $U_{b, \max}$ dans les systèmes de traction en courant continu en fonction de la durée

t s	$U_{b, \max}$ V
> 300	120
300	150
1	160
0,9	165
0,8	170
0,7	175
0,6	180
0,5	190
0,4	205
0,3	220
0,2	245
0,1	285
0,05	325
0,02	370
t : durée $U_{b, \max}$: tensions à travers le corps maximales admissibles	

9.3.2.2 Limites de tension de contact effective

Pour les conditions de longue durée $t \geq 0,7$ s, la tension de contact effective ne doit pas être supérieure aux valeurs indiquées au Tableau 6 pour la tension à travers le corps.

Pour les conditions de courte durée $t < 0,7$ s, les tensions à travers le corps sont considérées être conformes si les valeurs relatives à la tension de contact effective indiquées dans le Tableau 6 ne sont pas dépassées.

NOTE Une résistance supplémentaire de 1 000 Ω correspondant à des chaussures usagées et humides est incluse dans les valeurs, voir Article D.1.

Tableau 6 – Tensions de contact effectives maximales admissibles $U_{te, max}$ dans les systèmes de traction en courant continu en fonction de la durée

t s	$U_{te, max}$ long terme V	$U_{te, max}$ court terme V
> 300	120	–
300	150	–
1	160	–
0,9	165	–
0,8	170	–
0,7	175	–
< 0,7	–	350
0,6	–	360
0,5	–	385
0,4	–	420
0,3	–	460
0,2	–	520
0,1	–	625
0,05	–	735
0,02	–	870
t : durée $U_{te, max}$: tensions de contact admissibles maximales		

9.3.2.3 Ateliers et emplacements similaires

Dans les ateliers et emplacements similaires, la tension de contact effective ne doit pas être supérieure à 60 V. Pour les conditions de courte durée, 9.3.2.2 doit s'appliquer.

NOTE Le niveau réduit pour les tensions de contact dans les ateliers a été choisi en tenant compte du risque important d'accident pour les personnes qui serait causé par des réactions incontrôlées dues aux tensions de contact pendant le travail. Des lésions causées par les effets de la tension et du courant électriques par contact direct ne sont pas probables à ce niveau.

9.3.2.4 Mesures pour réduire les risques de tension de contact

En cas de dépassement des limites indiquées en 9.3.2.2 ou en 9.3.2.3., les mesures suivantes doivent être prises en considération pour réduire les risques de tension de contact directement ou par diminution de la tension rail/sol, ou par gestion. La liste suivante indique quelques exemples:

- réduction de la longueur de la section d'alimentation,
- augmentation de la conductance du circuit de retour,
- isolation de l'aire de passage,
- réduction du temps de déclenchement nécessaire à la coupure du courant de court-circuit,
- installation de limiteurs de tension (fonctionnalité minimum VLD-O, voir Annexe F), par exemple dans les gares de voyageurs pour réaliser une liaison équipotentielle entre le circuit de retour et la terre,
- mise à la terre directe des rails de roulement en des emplacements spéciaux.

NOTE Si, en des emplacements spéciaux tels dans les dépôts, les ateliers et les réseaux ferroviaires industriels en courant continu (par exemple, exploitation à ciel ouvert du charbon), la protection contre la présence d'une tension de contact inadmissible ne peut être réalisée que par la mise à la terre directe des rails de roulement, il peut se produire une augmentation des courants vagabonds.

S'agissant des dispositions relatives aux courants vagabonds, voir la CEI 62128-2.

9.4 Contrôle d'accès

Dans le cas où des mesures sont en place, de sorte que les personnes ne puissent approcher aisément les rails ou les parties conductrices reliées aux rails, les exigences doivent être satisfaites comme suit:

- le public doit être protégé contre le contact avec la tension du circuit de retour,
- les employés ne doivent pas être autorisés à s'approcher des rails de roulement et des trains en marche, sauf conformément aux procédures devant être conformes aux réglementations nationales relatives à la sécurité des personnes averties.

10 Mesures de protection complémentaires

10.1 Sous-stations et postes de sectionnement de traction

Les sous-stations et les postes de sectionnement doivent être conformes à la CEI 61936-1 pour tout ce qui concerne la sécurité électrique et la mise à la terre. Ceci doit s'appliquer également aux réseaux électriques de traction en courant alternatif ou continu, avec les exigences complémentaires suivantes:

- les tensions de contact effectives causées par le système de traction ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées en 9.2.2 et 9.3.2;
- dans les systèmes de traction en courant alternatif, une liaison directe doit être établie entre le circuit de retour et l'installation de mise à la terre de la sous-station ou du poste de sectionnement, sauf dans le cas où la mise à la terre continue ou permanente du circuit de retour n'est pas prévue, voir 9.4;
- dans les systèmes de traction en courant continu, les liaisons entre le circuit de retour et l'installation de mise à la terre de la sous-station doivent être conçues conformément à la CEI 62128-2 sauf si des considérations de sécurité exigent une mise à la terre directe (par exemple, les ateliers et les dépôts);
- pour la coordination de l'isolement des équipements connectés au système de ligne de contact, la CEI 62497-1 doit s'appliquer;
- l'appareillage doit être suffisamment performant pour éliminer tout courant de défaut sur le système de ligne de contact.

10.2 Câbles

10.2.1 Exigences générales

Les gaines métalliques, armures ou blindages de câbles peuvent être reliés au circuit de retour sous réserve qu'ils ne subissent pas de ce fait une élévation de température excessive. Dans le cas où il se révèle nécessaire de relier au circuit de retour les gaines métalliques, armures ou blindages de câbles, on doit s'assurer qu'ils n'écoulent pas des courants de retour de traction inadmissibles trop importants.

10.2.2 Câbles dans les systèmes d'alimentation de traction en courant alternatif

Les gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant alternatif monophasé doivent être reliés au circuit de retour. Lorsque cela se révèle nécessaire, des mesures particulières doivent être prises afin qu'ils ne subissent pas une élévation de température excessive provoquée par le courant induit résultant de la mise à la terre aux deux extrémités, ou qu'une tension élevée inadmissible apparaisse du fait de la mise à la terre à une seule extrémité.

10.2.3 Câbles dans les systèmes d'alimentation de traction en courant continu

Les gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant continu doivent être isolés par rapport à la terre s'ils sont reliés au circuit de retour. Si des gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant

continu ne sont pas isolés par rapport à la terre, des mesures doivent alors être appliquées pour protéger les personnes contre les tensions de contact élevées inadmissibles. Les mesures doivent être appliquées pour éviter un échauffement excessif des gaines métalliques, armures ou blindages de câbles d'alimentation de traction en courant continu par le courant qui y circule.

10.3 Liaisons du circuit de retour et conducteurs de terre

10.3.1 Exigences générales

La barre omnibus du courant de retour de la sous-station doit être reliée aux rails de roulement, aux conducteurs de retour ou aux rails de contact de retour par au moins deux câbles de retour, soit directement, soit à travers des liaisons inductives. Les câbles de retour doivent pouvoir à eux seuls écouler le courant en charge maximal. Le nombre de câbles de connexion aux rails de roulement doit tenir compte du fait qu'une connexion de câble peut être interrompue. Le circuit de retour ne doit comporter ni fusibles, ni dispositifs de coupure non verrouillables et ni plages de raccordement, pouvant être démontés sans l'aide d'un outil.

Tous les conducteurs doivent être conçus pour supporter les charges thermiques pouvant être engendrées par le courant de retour de traction, à la fois en fonctionnement normal et pendant des courts-circuits. Pour des raisons mécaniques, les conducteurs connectés directement aux rails doivent avoir une section minimale de 50 mm². Pour les réseaux ferroviaires en courant continu, des conducteurs isolés doivent être utilisés.

Tous les conducteurs de terre et toutes les prises de terre, qui ne sont pas reliés au circuit de retour ou qui n'en font pas partie, doivent être conçus et réalisés suivant les exigences de la CEI 61936-1. Cela s'applique en particulier au choix des matériaux et au dimensionnement des conducteurs, en prenant en compte la résistance mécanique, les effets thermiques et la corrosion.

Dans les systèmes de traction en courant continu, le dimensionnement thermique de ces conducteurs doit être fondé sur la valeur prévisible présumée du courant de court-circuit et du temps maximum pour neutraliser ce court-circuit au point considéré.

Lorsqu'un organe de coupure est inséré dans le système de retour par la voie, un autre organe de coupure doit être installé dans le circuit d'alimentation; un interverrouillage entre eux doit être réalisé de sorte que le système de retour par la voie ne puisse pas être ouvert avant que le circuit d'alimentation ne le soit. Pour les trolleybus, voir 5.6.3.2. La même solution doit être appliquée pour les réseaux ferroviaires dans lesquels le courant de traction est confiné dans des conducteurs isolés par rapport à la terre.

Pour les réseaux ferroviaires en courant continu, voir également la CEI 62128-2.

10.3.2 Continuité du circuit de retour

Les joints des rails de roulement servant à écouler le courant de retour de traction doivent être munis de connexions électriques de rails. Cela s'applique également aux constituants des passages à niveau et des aiguillages. Dans les systèmes de traction en courant alternatif en haute tension, un bon serrage des éclisses assure généralement une continuité électrique convenable.

En présence de circuits de voie où, pour des raisons techniques, il n'est pas possible d'installer des connexions électriques de rails, le courant de retour de traction doit, si nécessaire, être écoulé à travers des liaisons inductives.

Lorsque la voie est interrompue, par exemple, aux ponts mobiles ou aux ponts-basculés, des conducteurs doivent être installés de manière à garantir la continuité du circuit de retour.

10.3.3 Liaisons transversales du circuit de retour

Des liaisons transversales de voie à voie doivent être installées à intervalles appropriés pour assurer la continuité du trajet du courant de retour de traction et la distribution correcte des courants de retour de traction, de sorte que les tensions de contact ne dépassent pas les niveaux admissibles, dans les conditions de fonctionnement et de défaut.

Les dispositions spécifiques pour les liaisons transversales de voie à voie doivent tenir compte de la disposition des circuits de voie en service et de la conception générale du système d'alimentation de traction.

Les rails de roulement de chaque voie doivent être reliés par des liaisons transversales de rail à rail dans les seules zones non équipées de circuits de voie, si la sécurité électrique le requiert.

Les traverses métalliques ou les plaques de liaison rivetées ou boulonnées aux rails de roulement assurent une liaison transversale suffisante, si les rails de roulement y sont fixés sans semelles isolantes intermédiaires.

10.3.4 Réseaux ferroviaires dans lesquels le courant de traction est confiné dans des conducteurs isolés

Si les rails de roulement ne sont pas utilisés par le courant de retour de traction en fonctionnement normal, au moins un des rails de roulement de chaque voie doit être néanmoins électriquement continu comme indiqué de 10.3.1 à 10.3.3 de façon à faciliter la détection et la localisation des défauts de terre sur les lignes de contact.

10.4 Dépose des lignes aériennes de contact mises hors service

Lorsqu'une voie est mise hors service de façon permanente, la ligne aérienne de contact et les câbles d'alimentation associés doivent être déposés.

10.5 Dispositions particulières pour assurer l'isolation en toute sécurité entre les sections

10.5.1 Isolateurs de section

Si la séparation des sections d'alimentation des lignes aériennes de contact est réalisée par des isolateurs de section, la distance minimale d'isolement dans l'air peut être réduite par comparaison avec les exigences indiquées dans la CEI 60913 et la CEI 62497-1. Une distance d'isolement dans l'air inférieure à la valeur minimale normale est acceptable. Les distances d'isolement réduites ne doivent pas être inférieures à la distance d'isolement électrique dynamique définie dans la CEI 60913.

Les isolateurs de section qui sont insérés dans les fils de contact sont au contact de l'organe de captage de courant. Il convient par conséquent que leur conception mécanique satisfasse aux exigences de captage du courant de la CEI 60913. Ces exigences conduisent à limiter les distances d'isolement éventuelles entre parties sous tension distinctes, entre parties sous tension et parties reliées à la terre, ainsi que leur taille et leur poids. Cela explique pourquoi il est nécessaire d'accepter des distances d'isolement plus faibles.

10.5.2 Sectionnements

Les sectionnements existants entre les sections de lignes aériennes de contact peuvent être pontés par des isolateurs sans prendre de mesures contre les courants de fuite si les réglementations en vigueur exigent que des travaux de maintenance doivent être effectués uniquement sur des sections de lignes aériennes de contact qui sont connectées au circuit de retour (rails de roulement).

10.6 Protection contre la foudre

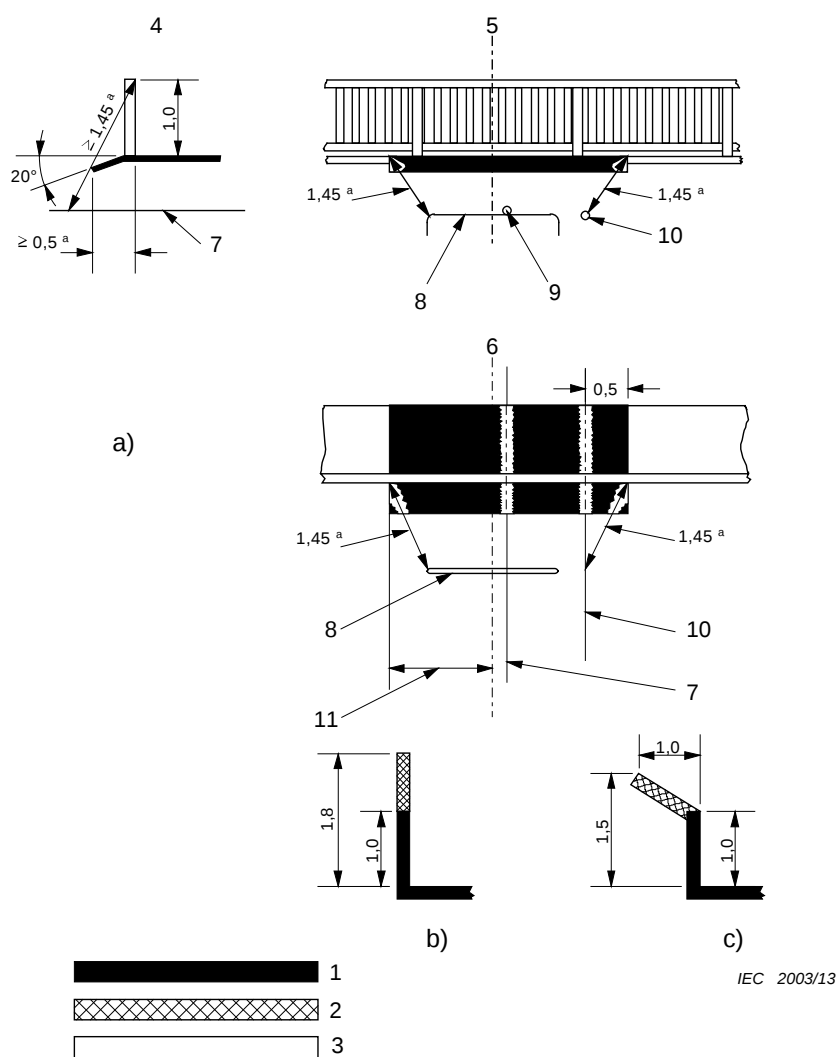
L'installation de la mise à la terre des rails de roulement peut également être utilisée pour la liaison du système de protection contre la foudre. Dans ce cas, les principes de la série CEI 62305 doivent s'appliquer, en particulier pour les sous-stations, gares de voyageurs et les structures élevées.

Une attention particulière doit être accordée aux réseaux ferroviaires en courant continu, car le circuit de retour n'est pas relié à la terre.

Annexe A (informative)

Obstacles typiques

Dimensions en mètres

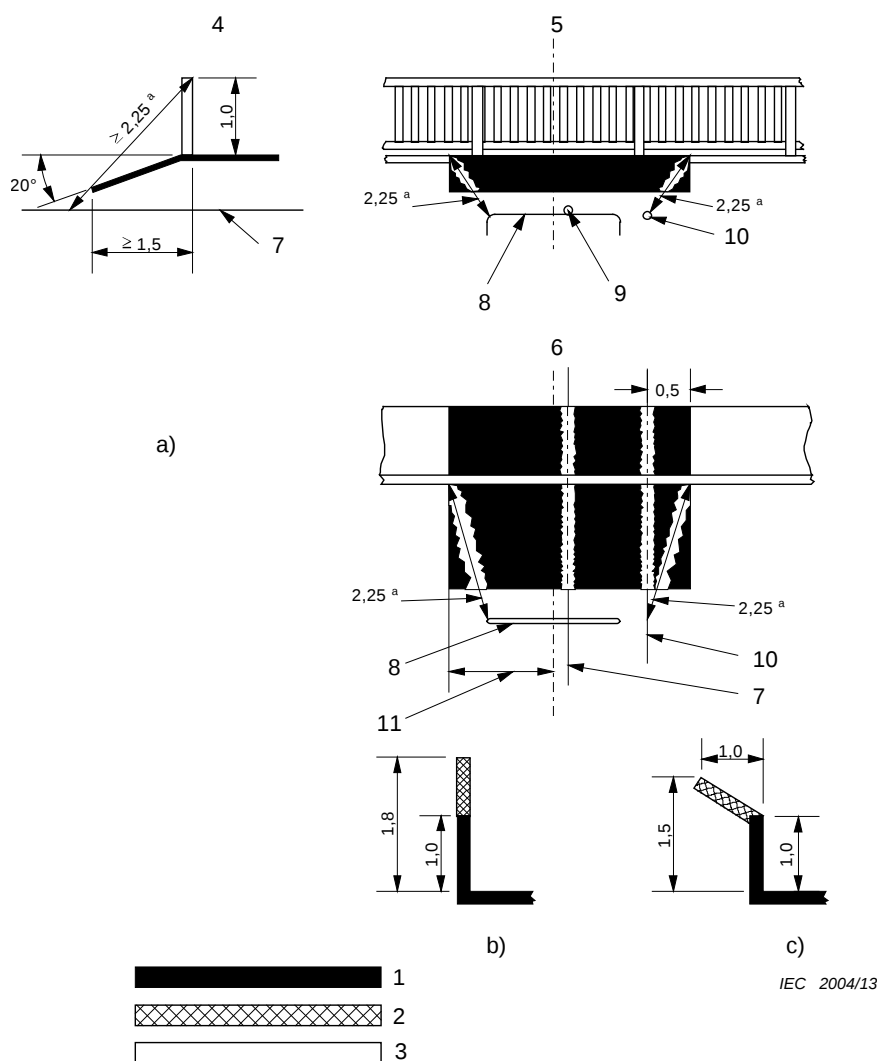


Légende

- | | |
|--|---|
| 1 écran ou obstacle plein conformément à la classe de protection IP3X définie dans la CEI 60529 | 6 vue en plan |
| 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm ² (peut également être un écran plein) | 7 fil de contact, caténaire ou ligne d'alimentation |
| 3 garde-corps, grillage (peut également être un écran plein) | 8 pantographe |
| 4 vue latérale | 9 fil de contact |
| 5 vue de face | 10 ligne d'alimentation |
| | 11 demi-zone de pantographe |
| | a la dimension provient de la Figure 3 |

Figure A.1 – Exemples d'obstacles le long des aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre le contact direct lorsque ces aires se situent au-dessus des parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus des parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact en basse tension (voir 5.3.2.2)

Dimensions en mètres



Légende

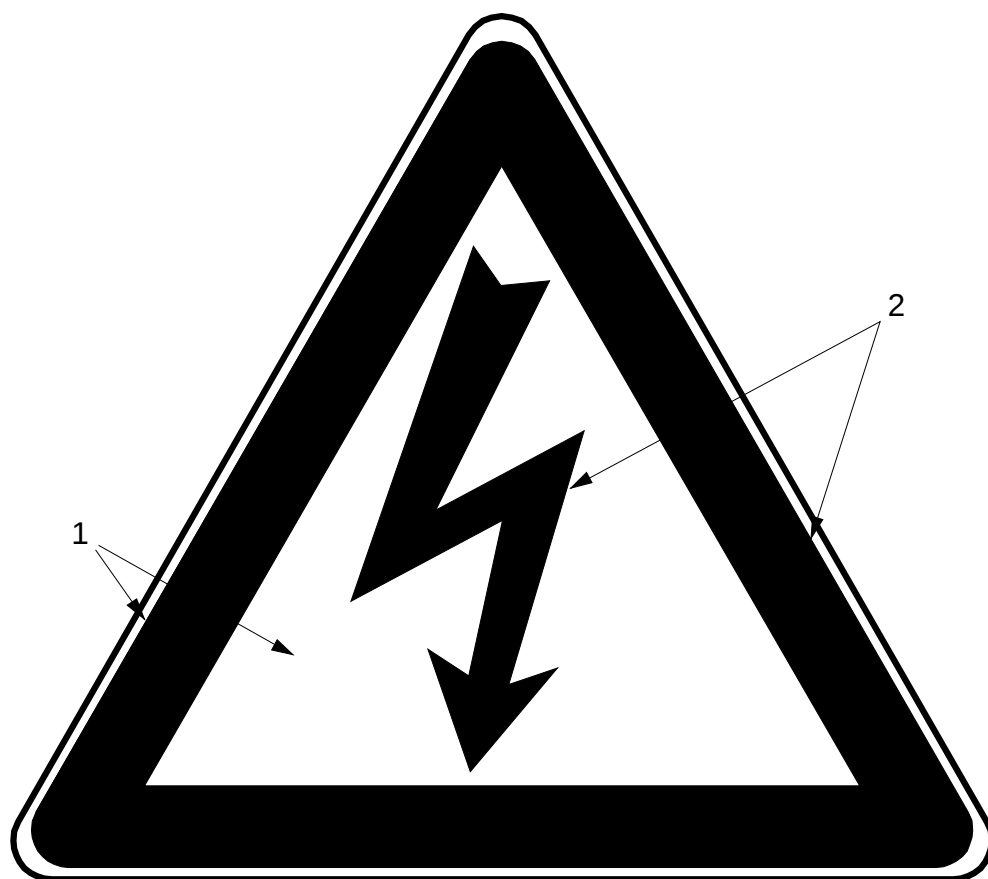
- | | |
|--|---|
| 1 écran ou obstacle plein conformément à la classe de protection IP3X définie dans la CEI 60529 | 6 vue en plan |
| 2 grillage avec une surface de maille maximale de 1 200 mm ² (peut également être un écran plein) | 7 fil de contact, caténaire ou ligne d'alimentation |
| 3 garde-corps, grillage (peut également être un écran plein) | 8 pantographe |
| 4 vue latérale | 9 fil de contact |
| 5 vue de face | 10 ligne d'alimentation |
| | 11 demi-zone de pantographe |
| | a la dimension provient de la Figure 3 |

Figure A.2 – Exemples d'obstacles le long des aires de passage en zones accessibles au public, pour la protection contre le contact direct lorsque ces aires se situent au-dessus de parties sous tension situées à l'extérieur des matériels roulants ou au-dessus de parties sous tension d'un système de ligne aérienne de contact pour les hautes tensions (voir 5.3.2.2)

Annexe B (normative)

Signal d'avertissement

La Figure B.1 illustre le signal d'avertissement, à savoir une flèche brisée, tel qu'indiqué dans l'ISO 3864-1:2002 et l'ISO 7010:2003 + A1:2006, ce qui signifie "Attention, risque de choc électrique".



IEC 2005/13

Légende

- 1 jaune réfléchissant
- 2 noir

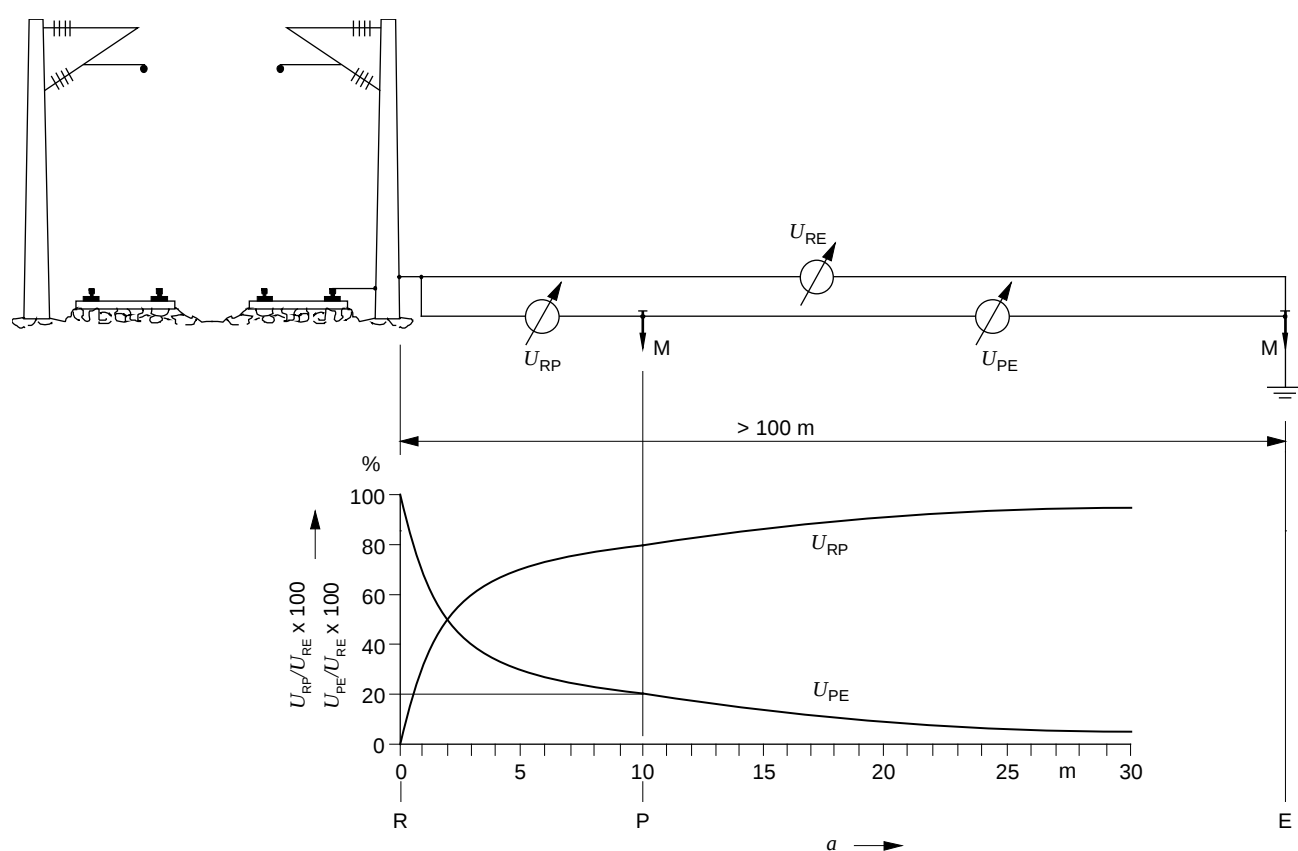
Figure B.1 – Signal d'avertissement

Annexe C (informative)

Valeurs guide pour le gradient de tension rail/sol

C.1 Systèmes de traction en courant alternatif

Il convient de rechercher à partir de quelle valeur la tension rail/sol pour les réseaux de traction en courant alternatif, indiquée en 9.2, est considérée comme étant une tension de contact. La Figure C.1 et le Tableau C.1 indiquent des valeurs-guides pour le gradient de tension rails/sol mesuré perpendiculairement à la voie dans des réseaux de traction en courant alternatif, avec une résistivité du sol homogène et lorsque les rails de roulement sont directement mis à la terre.



IEC 2006/13

Légende

- a distance entre le rail de roulement (poteau) et un point de mesure
- E terre
- M électrode de mesure
- P point de mesure
- R rail
- U_{RE} tension rail/sol
- U_{RP} tension entre le rail de roulement (poteau) et le point de mesure
- U_{PE} tension entre le point de mesure et le sol

Figure C.1 – Valeurs-guides pour le gradient de tension rail/sol mesuré au niveau du poteau perpendiculairement à la voie dans un réseau de traction en courant alternatif

Tableau C.1 – Valeurs-guides pour le gradient de tension rail/sol
(voir Figure C.1)

a m	$U_{PE}/U_{RE} \times 100$ %	$U_{RP}/U_{RE} \times 100$ %
1	70	30
2	50	50
5	30	70
10	20	80
20	10	90
50	5	95
100	0	100
a distance entre le rail de roulement (poteau) et le point de mesure U_{RE} tension rail/sol U_{RP} tension entre le rail de roulement (poteau) et le point de mesure U_{PE} tension entre le point de mesure et la terre		

C.2 Réseaux de traction en courant continu

Du fait que les rails de roulement sont isolés par rapport au sol, le gradient de tension rail/sol peut être très élevé. La totalité de la tension rail/sol peut par conséquent agir comme une tension de contact.

Annexe D (informative)

Tension de contact effective et tension à travers le corps en fonction du courant à travers le corps

D.1 Hypothèses de calcul

Toutes les tensions et tous les courants spécifiés dans l'Annexe D sont des valeurs efficaces conformément à la CEI 60050-101-14-15.

Le calcul des valeurs pour la tension de contact effective et la tension à travers le corps admissibles, énoncé en 9.2 et 9.3, est basé sur:

- la CEI/TS 60479-1:2005,
- la CEI 61936-1.

Les hypothèses suivantes sont admises:

- trajet du courant: d'une main aux deux pieds,
- impédance du corps pour de grandes surfaces de contact dans des conditions sèches,
- probabilité égale à 50 % pour que l'impédance du corps dépasse la valeur supposée,
- probabilité de fibrillation ventriculaire égale à 0 % (courbe c_1 de la CEI/TS 60479-1:2005),
- résistance supplémentaire $R_a = 1\ 000\ \Omega$ pour des chaussures usagées et humides dans des conditions de courte durée.

NOTE En supposant que dans la plupart des cas les chaussures procurent une résistance supplémentaire à la résistance totale du corps, et qu'en outre la probabilité de danger est très faible pour des intervalles de temps inférieurs à 1 s, une résistance supplémentaire de $1\ 000\ \Omega$, par rapport aux valeurs de U_{c1} (courbe c_1) est prise en compte dans le calcul de la tension de contact effective pour des conditions de courte durée. Cette valeur indiquée pour des chaussures usagées et humides correspond à celle indiquée dans la CEI 61936-1.

Selon la CEI 61936-1, il est admis de prendre en compte la résistance supplémentaire constituée par l'aire de passage, quel que soit l'intervalle de temps.

Concernant le risque de fibrillation cardiaque, le trajet du courant d'une main à l'autre est moins restrictif que le trajet du courant de la main vers les pieds, même lorsque l'on ajoute une résistance supplémentaire de $1\ 000\ \Omega$ pour des chaussures usagées humides.

Pour la limite du courant d'immobilisation dans les ateliers, le trajet de courant d'une main à l'autre est le plus restrictif si on considère que les employés (travailleurs en poste) portent des chaussures.

D.2 Impédances

D.2.1 Impédance du corps pour les tensions en courant alternatif et courant continu

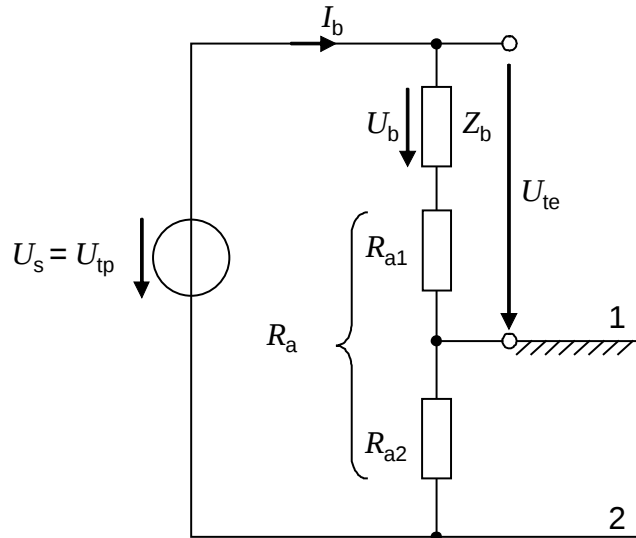
L'impédance totale du corps humain, avec une probabilité de 50 %, est indiquée dans le Tableau 1 de la CEI/TS 60479-1:2005 pour un trajet suivi par le courant allant d'une main à l'autre. Avec un facteur de réduction $r = 0,75$ (CEI/TS 60479-1:2005, Figure 3) pour un trajet suivi par le courant allant de la main vers les pieds, on obtient le Tableau D.1.

Tableau D.1 – Impédance du corps Z_b et courant à travers le corps I_b

	Réseau en courant alternatif $r = 0,75$			Réseau en courant continu $r = 0,75$		
	$Z_b(100)$ Ω	$Z_b(75)$ Ω	$I_b(75)$ mA	$R_b(100)$ Ω	$R_b(75)$ Ω	$I_b(75)$ mA
25	3 250	2 438	10	3 875	2 906	9
50	2 500	1 875	27	2 900	2 175	23
75	2 000	1 500	50	2 275	1 706	44
100	1 725	1 294	77	1 900	1 425	70
125	1 550	1 163	108	1 675	1 256	100
150	1 400	1 050	143	1 475	1 106	136
175	1 325	994	176	1 350	1 013	173
200	1 275	956	209	1 275	956	209
225	1 225	919	245	1 225	919	245
400	950	713	561	950	713	561
500	850	638	784	850	638	784
700	775	581	1 204	775	581	1 204
1 000	775	581	1 720	775	581	1 720
$I_b(75) = U_b/Z_b(75) \times 10^3$ ou $I_b(75) = U_b/R_b(75) \times 10^3$ courant à travers le corps en milliampères U_b : tension à travers le corps $I_b(75)$: courant à travers le corps relatif à $Z_b(75)$ $Z_b(100)$: impédance totale du corps $Z_b(75)$: 75 % de l'impédance totale du corps $R_b(100)$: résistance totale du corps $R_b(75)$: 75 % de la résistance totale du corps r : facteur de réduction						

D.2.2 Résistances supplémentaires

La prise en compte de résistances supplémentaires conduit à la Figure D.1.



IEC 2007/13

Légende

1 aire de passage

2 terre

U_s tension source

U_{tp} tension de contact présumée

U_{te} tension de contact effective

U_b tension à travers le corps

I_b courant à travers le corps

Z_b impédance totale du corps

R_{a1} résistance supplémentaire pour les chaussures

R_{a2} résistance supplémentaire pour l'aire de passage

$R_{a2} = \rho_s \times 1,5 \text{ m}^{-1}$

ρ_s résistivité du sol au niveau de l'aire de passage en ohmmètres (Ωm)

$U_{tp, \max}(t) = U_{te, \max}(t) + I_b(t) \times R_{a2}$

Figure D.1 – Circuit équivalent pour le calcul de la tension de contact admissible

Dans le cas de systèmes ferroviaires en courant alternatif U_{tp} correspond à U_{RP} de la Figure C.1.

Le Tableau D.2 montre un exemple pour une aire de passage avec $R_{a2} = 150 \Omega$ et $R_{a1} = 1\,000 \Omega$ pour des chaussures usagées et humides et dans des conditions de courte durée.

Tableau D.2 – Exemple de tension de contact présumée maximale admissible pour des réseaux ferroviaires en courant alternatif pour des conditions de courte durée et $R_a = 1\,150\,\Omega$

t s	$U_{tp, \max}$ V
0,7	165
0,6	190
0,5	235
0,4	320
0,3	520
0,2	695
0,1	850
0,05	905
0,02	940
t : durée $U_{tp, \max}$: tension de contact présumée maximale admissible	

D.3 Courant à travers le corps et tension correspondante à travers le corps

D.3.1 Généralités

Les valeurs indiquées dans les Tableaux D.3 et D.4 reposent sur:

- la courbe c_1 représentant le courant en fonction du temps, provenant de la CEI/TS 60479-1:2005,
- la tension à travers le corps $U_b = f(I_b)$ déduite des valeurs du Tableau D.1 .

D.3.2 Systèmes de traction en courant alternatif

Tableau D.3 – Courants et tensions à travers le corps, et tensions de contact en fonction de la durée pour des systèmes de traction en courant alternatif

t s	I_{c1} mA	U_{c1} V	$U_{b, \max}$ V	$U_{te, \max}$ long terme V	$U_{te, \max}$ court terme V
> 300	37	62	60	60	-
300	38	64	65	65	-
1,0	50	75	75	75	-
0,9	52	77	80	80	-
0,8	58	83	85	85	-
0,7	66	91	90	90	-
< 0,7	66	91	90	-	155
0,6	78	101	100	-	180
0,5	100	119	120	-	220
0,4	145	152	155	-	295
0,3	252	230	230	-	480
0,2	350	293	295	-	645
0,1	440	343	345	-	785
0,05	475	361	360	-	835
0,02	495	370	370	-	865

NOTE Les chiffres des colonnes t et I_{c1} sont appliqués conformément à la CEI/TS 60479-1. Les chiffres de la colonne U_{c1} sont le résultat de calculs itératifs avec les chiffres de la colonne I_{c1} et du Tableau D.1. Les chiffres de la colonne $U_{b, \max}$ sont obtenus par une solide expérience et diffèrent légèrement des chiffres calculés de la colonne U_{c1} . Les chiffres de la colonne $U_{te, \max}$, court terme, indiquent les tensions de contact données en tenant compte d'une résistance supplémentaire pour des chaussures usagées et humides dans des conditions de courte durée. Les chiffres de la colonne $U_{te, \max}$, long terme, indiquent les tensions de contact données dans des conditions de longue durée.

$$U_{te, \max} = U_{c1} + R_{a1} \times I_{c1} \times 10^{-3} \text{ (court terme)}$$

t : durée de l'écoulement du courant

I_{c1} : courant à travers le corps correspondant à la courbe c_1 de la CEI/TS 60479-1:2005

R_{a1} : résistance pour des chaussures usagées et humides $R_{a1} = 1\,000\ \Omega$

U_{c1} : tension à travers le corps, correspond à I_{c1}

$U_{b, \max}$: tension à travers le corps maximale

$U_{te, \max}$: tension de contact effective maximale admissible

D.3.3 Réseaux de traction en courant continu**Tableau D.4 – Courants et tensions à travers le corps, et tensions de contact en fonction de la durée pour des systèmes de traction en courant continu**

t s	I_{c1} mA	U_{c1} V	$U_{b, \max}$ V	$U_{te, \max}$ long terme V	$U_{te, \max}$ court terme V
> 300	140	153	120	120	-
300	140	153	150	150	-
1,0	150	160	160	160	-
0,9	160	167	165	165	-
0,8	165	170	170	170	-
0,7	175	177	175	175	-
< 0,7	175	177	175	-	350
0,6	180	180	180	-	360
0,5	195	191	190	-	385
0,4	215	204	205	-	420
0,3	240	222	220	-	460
0,2	275	246	245	-	520
0,1	340	287	285	-	625
0,05	410	327	325	-	735
0,02	500	372	370	-	870

NOTE Les chiffres des colonnes t et I_{c1} sont appliqués conformément à la CEI/TS 60479-1. Les chiffres de la colonne U_{c1} sont le résultat de calculs itératifs avec les chiffres de la colonne I_{c1} et du Tableau D.1. Les chiffres de la colonne $U_{b, \max}$ sont obtenus par une solide expérience et diffèrent légèrement des chiffres calculés de la colonne U_{c1} . Les chiffres de la colonne $U_{te, \max}$, court terme, indiquent les tensions de contact données en tenant compte d'une résistance supplémentaire pour des chaussures usagées et humides dans des conditions de courte durée. Les chiffres de la colonne $U_{te, \max}$, long terme, indiquent les tensions de contact données dans des conditions de longue durée.

$$U_{te, \max} = U_{c1} + R_{a1} \times I_{c1} \times 10^{-3} \text{ (court terme)}$$

t : durée de l'écoulement du courant

I_{c1} : courant à travers le corps correspondant à la courbe c_1 de la CEI/TS 60479-1:2005

R_{a1} : résistance pour des chaussures usagées et humides $R_{a1} = 1\,000\ \Omega$

U_{c1} : tension à travers le corps, correspond à I_{c1}

$U_{te, \max}$: tensions de contact effectives maximales admissibles

Annexe E (normative)

Méthodes de mesure des tensions de contact effectives

La mesure de la tension de contact effective doit être réalisée comme suit:

La tension de contact effective doit être mesurée à travers une résistance qui correspond à la résistance du corps humain Z_b et à la résistance supplémentaire R_{a1} , voir Figure D.1. Elle doit être au moins égale à:

- $Z_b + R_{a1} = 1\,000\ \Omega + 1\,000\ \Omega = 2\,000\ \Omega$ pour des conditions de courte durée,
- $Z_b + R_{a1} = 2\,200\ \Omega + 0\ \Omega = 2\,200\ \Omega$ pour des conditions de courte durée,

Pour des applications pratiques, une valeur de $2\,200\ \Omega$ peut être utilisée pour toutes les conditions.

L'électrode de mesure, simulant les pieds, doit avoir une surface totale de 400 cm^2 et doit être appliquée sur le sol avec une force minimale de 500 N . Une électrode de mesure d'un diamètre de 2 cm et d'une longueur de 30 cm peut également être utilisée. Ceci correspond à une prise de terre avec $2,2\ \Omega/\Omega\text{m}$.

Pour mesurer la tension de contact effective sur un sol en béton ou un sol sec, on doit placer un linge mouillé ou déposer une pellicule d'eau entre les électrodes simulant les pieds et le sol. Les électrodes simulant les pieds doivent être placées à une distance d'au moins 1 m de la partie conductrice accessible.

Une électrode de mesure, par exemple, une pointe de touche, doit être utilisée pour la simulation de la main. Dans ce cas, les revêtements de peinture (mais pas les isolants) doivent être grattés avec soin.

Une des pinces du voltmètre doit être reliée à l'électrode simulant la main, et l'autre à l'électrode simulant les pieds. Il suffit de réaliser ces mesures en des points de l'installation pris au hasard.

La tension de contact effective est toujours inférieure à la tension de contact présumée. Une évaluation simple est par conséquent possible par une simple mesure de la tension de contact présumée à l'aide d'un voltmètre, avec une résistance interne élevée et une prise de terre appropriée.

Aux points de mesure où la résistance par rapport à la terre de l'électrode de mesure simulant les pieds ne dépasse pas quelques centaines d'ohms, une mesure réalisée avec et sans résistance parallèle est recommandée. La résistance représente la résistance du corps humain Z_b et la résistance supplémentaire R_{a1} . Si la tension chute lors de l'application de la résistance parallèle, on peut en déduire que la tension de contact effective est considérablement plus basse que la tension de contact présumée, par exemple, la tension rail/sol.

Annexe F **(normative)**

Utilisation des limiteurs de tension

F.1 Généralités

Un limiteur de tension (VLD) a une résistance élevée lorsque la tension appliquée est inférieure au niveau spécifié, et devient conducteur lorsque le niveau spécifié est dépassé. Il peut demeurer une connexion permanente ou non permanente lorsque la tension chute en dessous de la valeur spécifiée.

F.2 Types

Les limiteurs de tension fournissent une protection contre les tensions de contact inadmissibles en conditions de défauts et de fonctionnement. Les exigences sont satisfaites par les limiteurs de tension de type F ou de type O, sachant qu'un seul dispositif peut également satisfaire aux deux exigences.

Type 1 (VLD-F)

- Dans le cas d'un défaut avec une connexion entre une partie sous tension du système d'alimentation de traction et une partie conductrice non reliée volontairement au circuit de retour, le VLD-F fournit une protection contre une tension de contact inadmissible en devenant conducteur et en provoquant le déclenchement de l'alimentation. Le VLD-F est généralement connecté entre la partie devant être protégée et le circuit de retour.

EXEMPLE Cela inclut:

- les objets situés dans la zone de la ligne aérienne de contact ou la zone de captage du courant, susceptibles d'être touchés par l'organe de captage de courant câblé ou déraillé,
- les poteaux qui peuvent être sous tension en raison d'un défaut d'isolation.

Type 2 (VLD-O)

- Le VLD-O fournit une protection contre la tension inadmissible due à la tension rail/sol en conditions de fonctionnement et de courts-circuits. Le trajet du courant est identique en cas de courts-circuits à celui en condition de fonctionnement normal. Le VLD-O agit comme un dispositif de liaison équipotentielle afin de limiter la tension de contact potentielle. Seule une partie du courant de retour y circule. La tension de contact admissible selon 9.2 et 9.3 ne doit pas être dépassée. Il n'est pas prévu de déclenchement des disjoncteurs de ligne provoqué par le VLD-O. Le VLD-O est généralement connecté entre le circuit de retour et la terre de structure, par exemple, dans les gares de voyageurs ou les sous-stations.

F.3 Exigences techniques

Chaque VLD doit pouvoir écouler les niveaux de courant qui le traversent.

Un VLD ne doit pas s'ouvrir à moins que les niveaux de courant qui y circulent ne soient inférieurs aux niveaux que le dispositif peut couper en toute sécurité.

Le VLD doit être réinitialisé de manière automatique ou être remplacé avant tout dommage important tel que par exemple, la corrosion due aux courants vagabonds, ne soit provoqué par le courant qui y circule.

Si le VLD a fonctionné, mais n'a pas fait l'objet d'une réinitialisation automatique, une procédure ou des systèmes doivent être mis en place pour relever et corriger rapidement la cause de ce type d'événement.

Pour certains types de systèmes, un VLD fermé peut faire l'objet d'une réinitialisation automatique après une durée définie, compte tenu des temps d'accélération et des cycles de protection à réenclenchement automatique.

Une valeur guide pour le temps de réinitialisation maximal du VLD-O est de 60 s, qui peut être adaptée aux conditions de trafic typiques.

Si les VLD doivent faire l'objet d'une maintenance, leurs connexions électriques doivent alors être disposées de sorte qu'il soit possible de dériver les VLD afin de protéger les travailleurs contre les dangers des tensions de contact ou de l'amorçage d'un arc électrique.

Annexe G (normative)

Conditions nationales particulières

Condition nationale particulière: Caractéristique ou pratique nationale qu'il n'est pas possible de modifier même sur une longue période, telle que, par exemple, des conditions climatiques ou des conditions électriques de mise à la terre. Si elle affecte l'harmonisation, elle fait partie intégrante de la Norme ou du Document d'Harmonisation.

Pour les pays pour lesquels la condition nationale particulière est applicable, ces dispositions sont normatives, pour les autres pays, elles sont informatives.

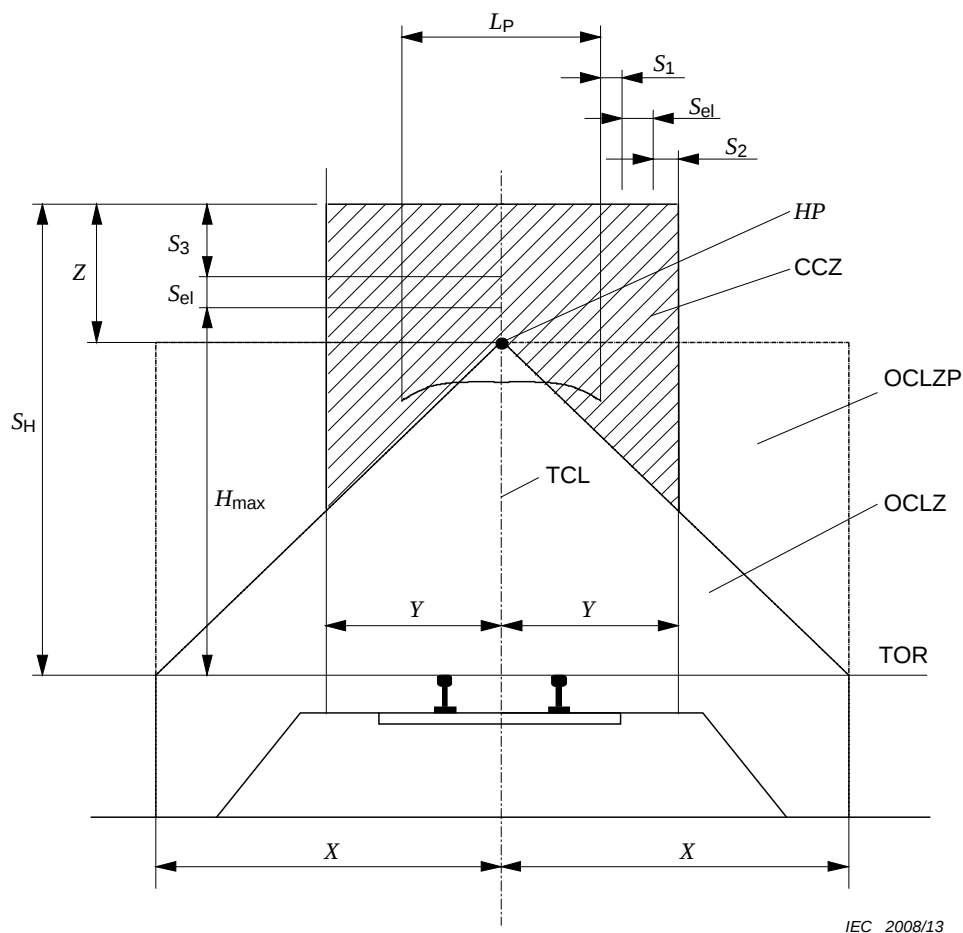
Article/ Paragraphe	Conditions nationales particulières
------------------------	--

4.1	Danemark
------------	-----------------

Au Danemark, les paramètres X , Y et Z , qui définissent les dimensions de la zone de ligne aérienne de contact et de la zone de captage de courant conformément au 4.1, Figure 1, sont déterminés de la manière suivante:

- $X = 5,0$ m,
- $Y = 2,5$ m,
- $Z = 2,5$ m.

De plus, la zone de la ligne aérienne de contact est étendue aux quais, aux ateliers et emplacements analogues, comme l'illustre la figure ci-dessous.



IEC 2008/13

Légende

OCLZP Zone de la ligne aérienne de contact sur les quais, les ateliers et emplacements analogues

Figure G.1 – Zone de la ligne aérienne de contact sur les quais, les ateliers et emplacements analogues

4.1

France

La zone de ligne aérienne de contact et la zone de captage de courant selon 4.1, Figure 1 doivent être définies par le responsable de l'infrastructure.

Faute de quoi, les valeurs suivantes doivent être appliquées:

- $X = 4,0$ m,
- $Y = 2,0$ m,
- $Z = 2,0$ m dans la limite de $S_H = 8,0$ m.

Annexe H (normative)

Divergences-A

Article/Paragraphe

9.2 Suisse

En Suisse, la tension de contact maximale admissible pour les réseaux ferroviaires en c.a., figurant dans le Tableau 4 doit être remplacée par celles définies dans le Règlement SR 734.2 (Ordonnance sur les installations électriques à courant fort), Articles 54 et 55.

9.3 Suisse

En Suisse, la tension de contact maximale admissible pour les réseaux ferroviaires en c.c. figurant dans le Tableau 6 doit être remplacée par celles définies dans le Règlement SR 734.2 (Ordonnance sur les installations électriques à courant fort), Articles 54 et 55.

Annexe I (informative)

Principes du circuit de retour d'un réseau ferroviaire en courant alternatif

I.1 Sécurité électrique grâce à une tension de contact limitée

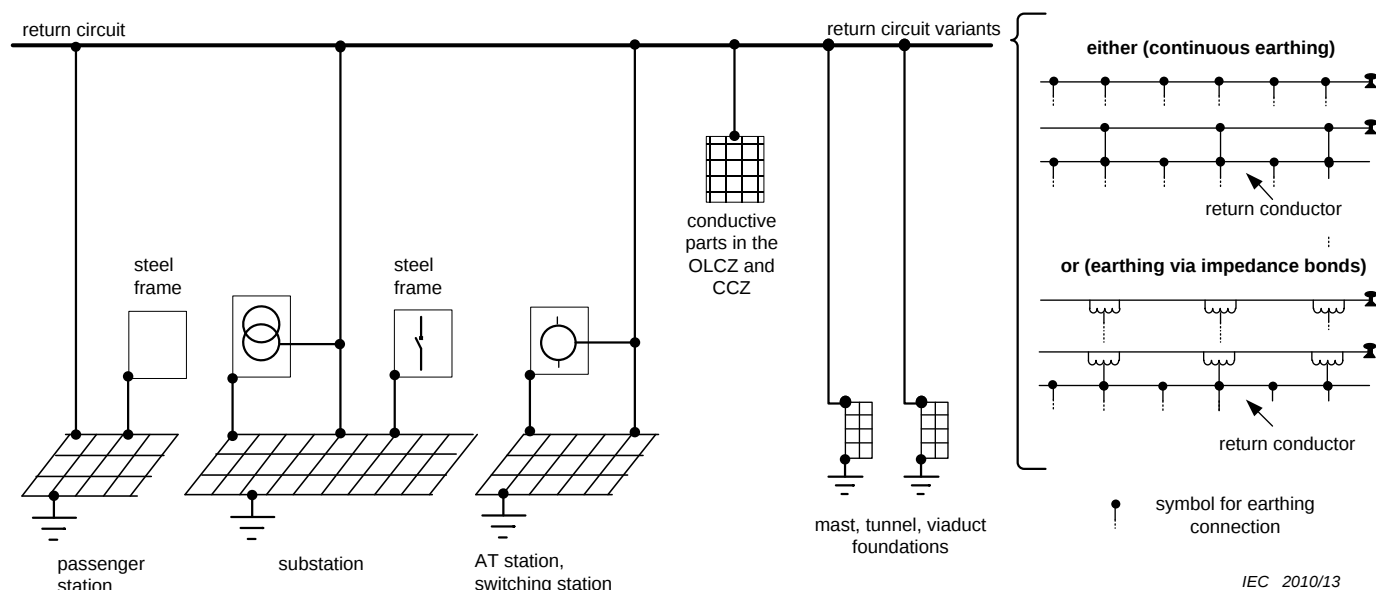
La Figure I.1 représente le circuit de retour, constitué également de plusieurs voies parallèles, et les liaisons qu'il est possible d'y établir, en fonction du système de signalisation permettant la liaison directe à la terre ou à travers des liaisons inductives.

Si le circuit de retour et le système de mise à la terre le long de la ligne sont reliés l'un à l'autre, on peut considérer la combinaison comme constituant un système de mise à la terre intégré au réseau ferroviaire, voir la Figure I.1.

Dans certains cas, les conducteurs de retour parallèles aux rails de roulement sont reliés aux installations de mise à la terre le long de la ligne et forment un système de mise à la terre continu. Ces conducteurs peuvent être des conducteurs de retour installés sur des poteaux, des câbles de mise à la terre enterrés, des ouvrages tels que des viaducs ou des tunnels interconnectés dans le sens longitudinal.

La Figure I.1 représente les liaisons au circuit de retour et aux installations de mise à la terre. Il peut s'appliquer à tous les types de disposition d'alimentation comme 1AC 15 kV ou 25 kV, 1AC 25 kV avec BT, 2AC 25 kV avec AT.

Le circuit de retour est relié aux installations de mise à la terre dans la mesure du possible afin d'obtenir une résistance de terre faible. La tension rail/sol peut être limitée aux valeurs admissibles comme indiqué à l'Article 9 grâce à la conception et la mise en place d'un système approprié.



Légende

Anglais	Français
return circuit	circuit de retour
return circuit variants	variantes de circuit de retour
either (continuous earthing)	soit (mise à la terre continue)
or (earthing via impedance bonds)	soit (mise à la terre par connexions inductives)
conductive parts in the OLCZ and CCZ	parties conductrices dans les zones OLCZ et CCZ
return conductor	conducteur de retour
steel frame	châssis en acier
mast, tunnel, viaduct foundations	fondations de poteaux, tunnels, viaducs
symbol for earthing connection	symbole pour la connexion à la terre
passenger station	gare à voyageurs
substation	sous-station
AT station, switching station	poste AT, poste de sectionnement

Figure I.1 – Principes de la tension de contact limitée par mise à la terre du circuit de retour circuit (système de mise à la terre intégré au réseau ferroviaire)

I.2 Sécurité électrique à travers un accès limité

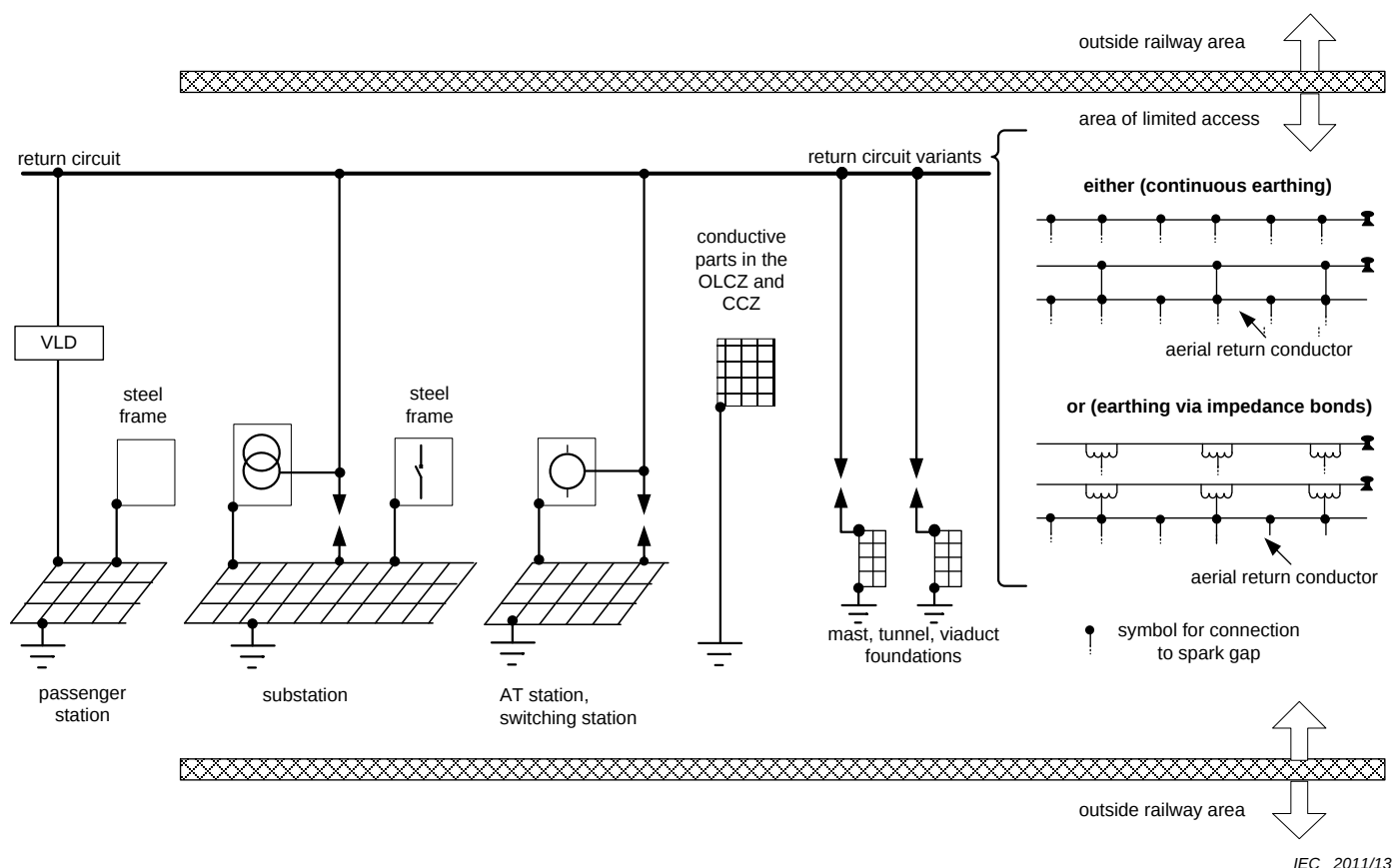
La Figure I.2 représente un circuit de retour et les liaisons qu'il est possible d'y établir, permettant ainsi des liaisons indirectes, par exemple à travers d'éclateurs mis à la terre.

La Figure I.2 indique les liaisons au circuit de retour et les installations de mise à la terre, par exemple à travers des éclateurs. Il peut s'appliquer à tous les types de systèmes de traction électrique, car il y a 1AC 15 kV ou 25 kV, 1AC 25 kV avec BT, 2AC 25 kV avec AT.

Dans la mesure où il n'existe pas, et ce, pour de nombreuses raisons, de liaisons directes à la terre, ces sections constituent des zones non accessibles au public. En conséquence, la tension rail/sol à l'extérieur des gares de voyageurs peut dépasser les valeurs admissibles comme indiqué à l'Article 9. Pour limiter la surtension dans ces zones non accessibles au public, les connexions à la terre, par exemple, à travers des éclateurs sont établies.

Afin d'éviter l'accès des personnes aux éléments conducteurs alimentés de tension élevée inadmissible, l'accès est limité par le biais de barrières, telles que des clôtures le long de la voie.

Des limiteurs de tension sont installés dans les gares afin de réaliser une liaison équipotentielle et ainsi de limiter la tension de contact à des valeurs admissibles.



IEC 2011/13

Légende

Anglais	Français
outside railway area	extérieur de réseau ferroviaire
area of limited access	zone d'accès limité
return circuit variants	variantes de circuit de retour
return circuit	circuit de retour
either (continuous earthing)	soit (mise à la terre continue)
or (earthing via impedance bonds)	soit (mise à la terre par connexions inductives)
conductive parts in the OLCZ and CCZ	parties conductrices dans les zones OLCZ et CCZ
aerial return conductor	conducteur de retour aérien
steel frame	châssis en acier
mast, tunnel, viaduct foundations	fondations de poteaux, tunnels, viaducs
symbol for connection to spark gap	symbole pour la connexion à l'éclateur
passenger station	gare à voyageurs
substation	sous-station
AT station, switching station	poste AT, poste de sectionnement

Figure I.2 – Principes de l'accès limité

Bibliographie

CEI 60050-111, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 111: Physique et chimie*

CEI 60050-191, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60050-195, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60050-442, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 442: Petit appareillage*

CEI 60050-551, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 551: Electronique de puissance*

CEI 60050-811, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60050-821, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 821: Signalisation et appareils de sécurité pour chemin de fer*

CEI 60050-826, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques*

CEI 60364-1, *Installations électriques à basse tension – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination et caractéristiques générales, définitions*

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

EN 50122-3, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 3: Interactions mutuelles entre systèmes de traction en courant alternatif et en courant continu*

EN 50388:2008, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité*

EN 60721 (toutes les parties), *Classification des conditions d'environnement (série CEI 60721)*

EN 61219, *Travaux sous tension – Appareil de mise à la terre ou de mise à la terre en court-circuit utilisant des cannes comme dispositif de mise en court-circuit – Mise à la terre au moyen de cannes (CEI 61219)*

EN 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions jusqu'à 1 100 V – Partie 2-6: Règles particulières et essais pour les transformateurs de sécurité et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de sécurité (CEI 61558-2-6)*

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