

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – Rolling stock –
Protective provisions against electrical hazards**

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Dispositions de protection contre les dangers électriques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – Rolling stock –
Protective provisions against electrical hazards**

**Applications ferroviaires – Matériel roulant –
Dispositions de protection contre les dangers électriques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-6596-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.1.1 Definitions concerning persons	8
3.1.2 Other definitions	8
3.2 Abbreviated terms.....	12
4 Classification of voltage bands	12
4.1 General principles.....	12
4.2 Connections between circuits.....	13
4.3 Exceptions	13
5 Protective provisions against direct contact	14
5.1 General.....	14
5.2 Protection by insulation.....	14
5.3 Protection by prevention of access.....	14
5.3.1 Voltages in bands I to III	14
5.3.2 Voltages in band IV	15
5.4 Protection by the use of band I (ELV).....	16
5.4.1 Requirements for systems of band I (SELV and PELV)	16
5.4.2 Additional requirements for SELV	16
5.4.3 Additional requirements for PELV	16
5.5 Warning labels.....	16
6 Protective provisions against indirect contact	17
6.1 General.....	17
6.2 Protective bonding.....	17
6.2.1 General	17
6.2.2 Equipotential bond.....	17
6.2.3 Protective bonding rating	17
6.2.4 Sliding contacts	18
6.3 Disconnection of the supply	18
6.3.1 Application.....	18
6.3.2 Disconnection characteristic	18
6.4 Main protective bonding	18
6.4.1 General	18
6.4.2 Bonding paths	18
6.4.3 Impedance.....	19
6.4.4 Contact line fault	20
6.5 Clarifications and exceptions with reference to indirect contact.....	20
6.5.1 Parts requiring protective provisions	20
6.5.2 Parts not requiring protective provisions	20
6.5.3 Multi-stage insulation.....	20
6.5.4 Floating supplies	21
6.5.5 Insulated wheel or levitation systems without a protective conductor	21
6.6 Additional requirements – Bearings.....	21

7	Power circuit.....	21
7.1	General principles.....	21
7.2	Power circuit insulated from the vehicle body or bogie.....	22
7.3	Power circuit using the vehicle body or bogie.....	22
8	Additional requirements.....	22
8.1	General.....	22
8.2	Current collectors.....	22
8.3	Capacitors.....	22
8.4	Plug and socket devices.....	23
8.4.1	Portable apparatus.....	23
8.4.2	Vehicle and intervehicle connectors.....	23
8.5	Special sources.....	24
8.5.1	General.....	24
8.5.2	Live parts not requiring protective provisions.....	24
8.5.3	Live parts requiring protective provisions.....	24
	Annex A (normative) List of items where contracting parties shall co-operate.....	25
	Annex B (informative) Special national conditions.....	26
B.1	General.....	26
B.2	France.....	26
B.3	Great Britain.....	26
B.3.1	Operate over 750 V DC third rail electrified lines.....	26
B.3.2	Bonding between rail vehicle main body to bogie.....	26
B.3.3	Intervehicle bonding.....	27
B.4	Japan.....	27
B.4.1	General.....	27
B.4.2	[6.4.4] Contact line fault.....	27
B.4.3	[8.4.1] Portable apparatus.....	27
	Annex C (informative) Example solutions for impedance management in electric multiple units (EMUs).....	28
C.1	Preventing absorption of return current in EMUs.....	28
C.2	Examples of solutions.....	29
	Bibliography.....	30
	Figure C.1 – Concentration of return current.....	28
	Figure C.2 – Attach earth resistors for long-length EMUs preventing current absorption.....	28
	Table 1 – Voltage bands.....	13
	Table 2 – Maximum impedance between each vehicle body of a unit and protective conductor of the fixed installation.....	19
	Table B.1 – Voltage bands.....	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –**Protective provisions against electrical hazards****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 61991 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2000. This edition constitutes a technical revision. It is based on EN 50153:2014.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Replacement of several reference standards.
- b) Several terms and abbreviated terms are introduced;
- c) Table 2 – Voltage bands for France is moved to Annex B as Table B.1, Table 3 – Voltage bands for Italy is deleted;
- d) Annex B and Annex C are introduced.
- e) Annex B includes special national conditions.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
9/2467/FDIS	9/2487/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

INTRODUCTION

It is generally accepted that safety depends on human factors, based on the normal behaviour of the operators involved, as well as upon technical factors.

For these reasons, this document leaves a choice to the contracting parties between two alternatives in several instances. These alternatives consist of either the provision of operating rules, regulations and procedures, or the application of technical measures such as mechanical or electrical interlocking devices.

A list of the cases for which the contracting parties (e.g. user and manufacturer) shall reach agreement before signing the contract is included in Annex A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK –

Protective provisions against electrical hazards

1 Scope

This document defines requirements applied in the design and manufacture of electrical installations and equipment to be used on rolling stock to protect persons from electric shocks.

This document is applicable to rolling stock of rail transport systems, road transport systems if they are powered by an external supply (e.g. trolley buses), magnetically levitated transport systems, and to the electrical equipment installed in these systems.

This document does not apply to:

- mine railways in mines,
- crane installations, moving platforms and similar transport systems on rails,
- funicular railways,
- temporary constructions.

The requirements for the fixed installations about the protection against the vehicles' potential are not covered in this document.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61140:2016, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61310-1, *Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 1: Requirements for visual, acoustic and tactile signals*

IEC 62128-1:2013, *Railway applications – Fixed installations – Electrical safety, earthing and the return circuit – Part 1: Protective provisions against electric shock*

IEC 62313, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock*

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

IEC 62995:2018, *Railway applications – Rolling Stock – Rules for installation of cabling*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

NOTE For more information relating to definitions of parts of the fixed installations, refer to IEC 62128-1 from which these definitions are derived.

3.1.1 Definitions concerning persons

3.1.1.1

<electrically> 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]

3.1.1.2

ordinary person

person who is neither a skilled person nor an instructed person

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-03]

3.1.1.3

<electrically> skilled person

person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to avoid hazards which electricity can create

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-01]

3.1.2 Other definitions

3.1.2.1

closed electrical operating area

room or location which serves exclusively for the operation of electrical equipment and is kept secure by a means appropriate to the voltage and location

Note 1 to entry: Access to such areas is permitted only to (electrically) skilled persons and (electrically) instructed persons.

Note 2 to entry: The definition of closed electrical operating area can be suitable for underfloor or upperroof cabinets. Generally speaking, it is any location (inside or outside the car body) which is kept secured because of the voltage that can be assumed to be present on the equipment inside it. Access to such areas is not allowed for ordinary persons.

3.1.2.2

contact line

conductor system for supplying electrical energy to rolling stock through current-collecting equipment

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-33-01, modified – The term “vehicle” has been replaced by “rolling stock” and Note 1 to entry has been omitted.]

3.1.2.3

contact wire

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

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-33-15]

3.1.2.4

direct contact

electric contact of persons or animals with live parts

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-03]

3.1.2.5

double insulation

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

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

3.1.2.6

earth

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

3.1.2.7

electrical operating area

room or location which serves primarily for the operation of electrical equipment and is normally entered only by skilled persons or (electrically) instructed persons

Note 1 to entry: Generally speaking, an electrical operating area is any location (mainly inside the car body) where electrical equipment operates. The above is the main function of this area but not the only one. In fact, normally the area is not kept secured and protection against direct contact is achieved by other means (e.g. (electrically) protective obstacles).

3.1.2.8

electric shock

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.1.2.9

extra-low voltage

voltage not exceeding the relevant voltage limit of band II specified in Table 1

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-30, modified – The term “band I” has been replaced by “band II” and “IEC 60449” has been replaced by “Table 1”.]

3.1.2.10

equipotential bond

electrical connection putting various exposed conductive parts at a substantially equal potential

Note 1 to entry: This can be abbreviated as ‘bond’ or ‘bonding’.

3.1.2.11

exposed conductive part <of electrical equipment>

conductive part of electrical equipment, which can be touched and which is not normally live, but 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.

3.1.2.12

indirect contact

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-04]

3.1.2.13

interlocking device

device which makes the operation of a switching device dependent upon the position or operation of one or more other pieces of equipment

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-49]

3.1.2.14

insulate, verb

prevent electric conduction between conductive elements by means of insulating materials

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-36]

3.1.2.15

insulation

all the materials and parts used to insulate conductive elements of a device

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-41]

3.1.2.16

live part <in electric traction>

conductor or conductive part intended to be energized in normal use

Note 1 to entry: This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

Note 2 to entry: By convention, this does not include the running rails and parts connected to them.

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-36-23]

3.1.2.17

locking system

system which comprises interlocking devices and physically prevents access to live parts unless the supply of electrical energy to the live parts has been isolated and made safe

3.1.2.18

mechanical locking

use of a lock or bolted /screwed fixings to prevent access panels or doors being opened and require the use of a key or tool to remove

3.1.2.19

multi-stage insulation

insulation system having more than one stage of insulation and an intermediate frame between consecutive stages

[SOURCE: IEC 60322:2001, 3.4, modified – Notes have been deleted.]

3.1.2.20

nominal voltage <of a system>

suitable approximate value of voltage used to designate or identify a system

Note 1 to entry: The voltages are expressed by the value between poles, ripple-free for DC and by the RMS value between phases for AC.

Note 2 to entry: The actual voltage can differ from the nominal voltage by a quantity within permitted tolerances. For further information about traction systems supply voltages, see IEC 60850.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-21, modified – Notes to entry have been added.]

3.1.2.21

PELV system

electric system in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions and
- under single fault conditions, except earth faults in other electric circuits

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-32, modified – Note has been deleted.]

3.1.2.22

<electrically> protective obstacle

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

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

3.1.2.23

power circuit

circuit carrying the current of the machines and equipment, such as the converters and traction motors, which transmit the traction output

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-25-03]

3.1.2.24

protective conductor

conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.1.2.25

protective-equipotential-bonding

equipotential bonding for the purposes of safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-15]

3.1.2.26

SELV system

electric system in which the voltage cannot exceed the value of extra-low voltage:

- under normal conditions and
- under single fault conditions, including earth faults in other electric circuits

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31, modified – Note has been deleted.]

3.1.2.27

total insulation

insulation composed of basic insulation as provision for basic protection, and supplementary insulation as provision for fault protection, or providing basic and fault protection by reinforced insulation, in accordance with IEC 61140:2016, 7.4

[SOURCE: IEC 60050-851:2008/AMD1:2014, 851-15-11, modified – “equipment with” has been replaced with “insulation composed of” and “IEC 61140:2011,7.3” has been replaced with “IEC 61140:2016,7.4”.]

3.1.2.28

Unit <electrically connected>

minimum operational formation comprising one or more vehicles coupled together

3.2 Abbreviated terms

AC	Alternating Current
DC	Direct Current
ELV	Extra Low Voltage
EMU	Electric Multiple Unit
PELV	Protective Extra Low Voltage
RMS	root-mean-square value (effective value)
SELV	Safety Extra Low Voltage

4 Classification of voltage bands

4.1 General principles

In this document, the applicable protective measures are based on the highest value of the nominal supply voltage which the equipment or the electrical circuits are subjected to.

The voltages are classified into bands according to the nominal value as shown in Table 1. Different rules apply to each of these bands.

The power supply of the various circuits installed in railway rolling stock can be from different sources such as:

- batteries,
- transformers,
- voltage dividers,
- rotating machines,
- static converters,
- capacitors,
- special sources.

Table 1 – Voltage bands

Band	Nominal voltage U_n	
	AC V	DC V
I	$U \leq 25$	$U \leq 60$
II	$25 < U \leq 50$	$60 < U \leq 120$
III	$50 < U \leq 1\,000$	$120 < U \leq 1\,500$
IV	$U > 1\,000$	$U > 1\,500$

NOTE The special national conditions for France are listed in Annex B, Clause B.2.

4.2 Connections between circuits

Circuits operating at different nominal voltages connected by power conversion equipment which provides a sufficient insulation between them are individually classified at the nominal voltage of each circuit.

If the conducting paths referred to in this subclause include capacitive or inductive connections, whose impedance is low enough to induce hazardous voltages into any circuit under either normal or fault conditions, then all the circuits so connected are classified at the nominal voltage of the highest voltage circuit.

NOTE This condition can apply to circuits connected, for example, by means of a chopper converter with impedance coupling.

Where circuits are linked conductively to a higher voltage source other than directly by circuit bonds connected to the vehicle body (for example by an auto-transformer or potential divider), all circuits in the group are treated as if energized at the nominal voltage of the source, unless the conditions of 4.3 have been met.

4.3 Exceptions

If voltage conversion from one band to another involves overvoltage detection resulting in disconnection of the primary or the secondary circuit, or having other means capable of preventing excessive voltage in the secondary circuit, then the secondary circuit is permitted to be classified according to the highest voltage at which the detection equipment will operate. Where overvoltage detection is used the integrity of the equipment should be evaluated as appropriate.

Circuits not connected to the vehicle body, for example floating supplies, are permitted to be classified in any voltage band. The band selected should be appropriate, taking due account of the various potentials possible in such circuits under normal or fault conditions so as to ensure that the requirements of this document are met.

The limit between bands III and IV is allowed to be lowered to take account of special national conditions.

5 Protective provisions against direct contact

5.1 General

Live parts capable of causing an electric shock shall be protected against direct contact. All types of equipment shall be capable of being operated without loss of protection against direct contact. Protection against direct contact shall be provided, where possible, by at least one of the means described in 5.2 to 5.3.

Where it is not possible to provide protective provisions in accordance with 5.2 or 5.3, then it is permitted to use protection by the use of band I voltage in accordance with the conditions of 5.4.

Additionally where required to ensure adequate protection against direct contact, warning labels as described in 5.5 shall be provided.

5.2 Protection by insulation

In addition to the requirements of IEC 62497-1, the insulating materials used to cover live parts shall be appropriate to the rated equipment operating voltage and the conditions of use. Further provisions should be considered in order to minimize the consequences of damage.

5.3 Protection by prevention of access

5.3.1 Voltages in bands I to III

5.3.1.1 Protection by the use of closed electrical operating areas

Live parts within the vehicle, energized with voltages in bands I to III shall be contained within closed electrical operating areas.

Access to closed electrical operating areas containing energized live parts is permitted as follows:

- band I and II: access is permitted to (electrically) instructed persons and skilled persons;
- band III: access is only permitted to (electrically) instructed persons and skilled persons provided that precautions against unintended direct contact are taken.

Prevention of access shall be achieved by mechanical locking supported with procedures and warning labels appropriate to the location and equipment enclosed.

Means of preventing access shall comply with the following:

- in areas within vehicles, accessible to ordinary persons, screens and covers shall conform to the degree of protection IP4X as set out in IEC 60529, or, where these are electrically connected to the vehicle body, to the degree of protection IP2XD as set out in IEC 60529; the requirements of this subclause do not apply to plug connectors, lamp holders without lamps and fuse sockets for screw-in type fuses without inserts;
- in other areas where grid or mesh screens are used, these shall be placed at a sufficient distance to prevent any direct contact, taking into account possible buckling or warping.

5.3.1.2 Protection by the use of electrical operating areas

For live parts contained within an electrical operating area the following shall apply:

- live parts energized within bands I and II need no protection against direct contact provided that the requirements of 8.5.2 are met.
- the use of (electrically) protective obstacles to afford a limited protection against direct contact with live parts at band III voltages may be acceptable in electrical operating areas

inaccessible to ordinary persons by their location (such as underframe cases, roofs, interiors of motor units, excluding driver's cabs), provided that the hazard is readily identifiable. For example, it is acceptable for fuses and isolating links of equipment at band III voltages, whose grips are protected with an insulating material, not to be protected. Such components shall only be situated in electrical operating areas.

5.3.1.3 Protection by clearance

For live parts on the outside of the vehicle (e.g. current collectors, roof conductors, resistors) which are potentially accessible to persons in a straight line from any standing surface in, on or by vehicles, protection against direct contact by means of clearance shall be provided if no other protective measures as defined in this document are used.

NOTE Accessible in a straight line implies that live parts can be touched from a standing surface without use of specially shaped objects.

Protection by clearance is considered to be provided, if at least the clearances from standing surfaces to live parts depicted in IEC 62128-1:2013, Figure 3, are maintained, excepting the condition of shoe gear adjacent to the platform edge.

This protection is considered to be present, if contact with live parts is possible but clearance is afforded in case of the movement of the vehicle (e.g. on road and foot-crossings). Where only (electrically) instructed persons and skilled persons have access and where operation of the system makes protection by clearance impossible (e.g. systems using third and/or third and fourth rail power supplies) protection shall be afforded by procedure.

5.3.1.4 Protection against hazards from external power supply

Access to live parts that may be energized with voltage band III when the supply system is likely to be energized from an external power supply (e.g. another vehicle, preheating equipment, shed supply, etc.) shall be prevented by an interlocking device or a procedure.

Connectors in the power supply bus line shall be fitted with warning labels as set out in 5.5.

5.3.2 Voltages in band IV

5.3.2.1 Protection by the use of closed electrical operating areas

Access to live parts energized with voltages in band IV shall be excluded to all persons including skilled persons.

Access to live parts normally energized with voltages in band IV shall only be possible to (electrically) instructed persons and skilled persons after the live parts have been de-energized and made safe by one or more of the following methods:

- procedure;
- interlocking devices;
- protective-equipotential-bonding;
- safety or monitoring devices.

Means of preventing access and making live parts safe shall comply with the following:

- covers in areas accessible to ordinary persons in vehicles shall conform to the degree of protection IP4X as set out in IEC 60529; areas accessible to instructed persons and skilled persons shall conform to the degree of protection IP2X as set out in IEC 60529;
- in cases where band III voltages are not eliminated after band IV live parts have been deenergized, the precautions of 5.3.1 shall be taken to prevent direct contact with live parts which remain energized with voltages in band III.

5.3.2.2 Protection by clearance

For live parts on the outside of the vehicle (e.g. current collectors, roof conductors, resistors), which are potentially accessible to persons in a straight line from any standing surface in, on or by vehicles, protection against direct contact by means of clearance shall be provided, except for the pantograph head, if no other protective measures as defined in this document are used.

NOTE Accessible in a straight line implies that live parts can be touched from a standing surface without use of specially shaped objects.

Protection by clearance is considered to be provided, if at least the clearances from standing surfaces to live parts depicted in IEC 62128-1:2013, Figure 4, are maintained, except for the condition of shoe gear adjacent to the platform edge.

5.3.2.3 Protection against hazards from external power supply

Access to live parts when the supply system is likely to be energized from an external power supply (e.g. another vehicle, preheating equipment, shed supply, etc.) shall be prevented by an interlocking device or procedure.

For equipment requiring frequent intervention, such as electric train supply jumpers, interlocking devices or procedures shall be provided to ensure that the live parts of the equipment become accessible only after their power supply has been switched off and the live parts have been made safe by protective bonding.

Connectors in the power supply bus line shall be fitted with warning labels as set out in 5.5.

5.4 Protection by the use of band I (ELV)

5.4.1 Requirements for systems of band I (SELV and PELV)

Systems of band I shall meet the following requirements:

- the power sources for SELV and PELV shall meet the requirements of 414.3, power sources for SELV and PELV, of IEC 60364-4-41:2005;
- the system shall meet the requirements of 414.4, requirements for SELV and PELV system, of IEC 60364-4-41:2005;
- the system shall meet the requirements of Clause 8 of this document.

5.4.2 Additional requirements for SELV

A SELV system shall not be connected to the protective bonding circuit (vehicle body). For SELV system at a voltage in band I no further protective provision is required provided that the circuit meets the requirements of 5.4.1.

5.4.3 Additional requirements for PELV

One pole of the PELV system or one pole of the source of the supply of that PELV system shall be connected to the protective bonding circuit. No further protective provision is required provided that the nominal voltage does not exceed 6 V AC or 15 V DC and the system meets the requirements of 5.4.1.

If the voltage exceeds 6 V AC or 15 V DC and ordinary persons have access, protection as set out in 411.7.2 of IEC 60364-4-41:2005 is required.

5.5 Warning labels

Warning labels for electrical hazards shall be as set out in IEC 61310-1.

If a hazard is considered to exist, after all interlocking devices or design features have been operated to gain access to equipment, then warning labels shall be fitted to identify the hazard and provide any supplementary information necessary to avoid danger to persons. The labels shall be fitted in positions that ensure that they are clearly visible and will remain so throughout the life of the equipment.

Access to elevated vehicle standing surfaces, from which live parts of a contact line system can be reached, shall be marked by means of warning labels.

A warning label shall be placed on the access points to any closed electrical operating areas containing voltages in bands III or IV. It is permitted not to provide warning labels where a locking system is used to ensure access is prohibited until the hazardous voltage is no longer present.

6 Protective provisions against indirect contact

6.1 General

Clause 6 defines the allowable methods permitted for use in order to ensure that the potential of the vehicles body is kept sufficiently close to the potential of the protective conductor of the fixed installation.

The methods described in 6.2 to 6.5 shall ensure that exposed conductive parts are incapable of causing electric shock through induction or contact with live parts in the vicinity under failure conditions.

The aim is to ensure that the exposed conductive parts which present such a risk are at the same potential. This aim may be achieved by protective bonding as set out in 6.2 alone or in conjunction with automatic disconnection of supply, or exceptions as described in 6.5.

Clarifications and exceptions are covered in 6.5.

Additional requirements are covered in 6.6.

6.2 Protective bonding

6.2.1 General

Bonding to the protective conductor shall be provided for any exposed conductive parts which are capable of causing electric shock through induction, capacitive coupling or contact with live parts under foreseeable failure conditions.

6.2.2 Equipotential bond

All parts of the protective equipotential bonding shall be capable of withstanding all internal and external influences (including mechanical, thermal and corrosive) which can be expected.

Conductors of a protective equipotential bonding system shall be as set out in IEC 62995:2018, 4.6.

6.2.3 Protective bonding rating

Protective bonding shall be dimensioned to provide adequate strength and current carrying capacity to ensure that the exposed conductive parts are incapable of causing electric shock under failure conditions. See also 6.3.

For characteristic values to support the dimensioning of cross-section for protective bonding, see IEC 62313.

Due regard shall be paid to all currents flowing in the running rail which may affect the rating of the bonding connections.

6.2.4 Sliding contacts

Sliding contacts, e.g. earth-return brushes, shall conform to the other requirements of 6.2. The failure of any one such contact shall not cause risk of electric shock.

6.3 Disconnection of the supply

6.3.1 Application

Automatic disconnection of supply or automatic limitation of fault current, e.g. by resistance insertion, shall be used in conjunction with protective bonding, where 6.2.3 would not be achieved.

Automatic disconnection of supply shall be provided where a risk of harmful physiological effects to a person could arise when a fault occurs, due to the value and duration of the touch voltage (for guidance, see IEC TS 60479-1).

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 independent faults occurring simultaneously do not need to be considered.

6.3.2 Disconnection characteristic

In the event of a fault between a live part and an exposed conductive part (or a protective conductor) in the circuit or equipment, an automatic protection device shall operate and disconnect the circuit or equipment for which the device provides protection against indirect contact. The protection shall prevent a prospective touch voltage exceeding the upper limit of band II voltages persisting for a time sufficient to cause a risk of harmful physiological effect to a person in contact with simultaneously accessible conductive parts. For further guidance, refer to 411 of IEC 60364-4-41:2005.

6.4 Main protective bonding

6.4.1 General

The following applies to all vehicles operating on systems employing a protective conductor. This protective conductor may be separated from or combined with the running rails which form a part of the return circuit for the traction return current. For insulated wheel or levitation systems without a protective conductor, refer to 6.5.5.

Vehicle bodies shall be bonded as set out in 6.4.2 and 6.4.3.

6.4.2 Bonding paths

There shall be at least two protective bonding paths between a vehicle body and the protective conductors of the fixed installation so that, if a failure occurs in one path, there shall be no risk of electric shock. Both paths shall be accessible for visual inspection.

Any protective bonding path of a vehicle body to the protective conductors of the fixed installation could be direct within the vehicle or via another vehicle.

NOTE 1 The protective conductors are normally the running rails. (See IEC 62128-1).

NOTE 2 The special national conditions for Great Britain are listed in Annex B, Clause B.3.

For the design of bonding path on vehicles it should be considered that the current values of IEC 62313 will be reduced by the vehicle impedance. Main protection can be assumed to operate normally. Even for the thermal design of earthing conductors on vehicles this main protection tripping time can be applied.

Additionally for DC systems main protection will further limit the maximum current to a value below the prospective current.

NOTE 3 Experience shows that in DC systems current peaks for faults to the vehicle typically do not exceed values of 50 kA for 20 ms.

The probability of a fault on the vehicle which is not seen by its circuit-breaker (e.g. current collector short-circuit) and an outage of the main protection in the traction power substation at the same time is low. For such cases the overheating of earthing conductors is acceptable if they remain in place until the fault is cleared. This includes cases where auto-reclosure in the traction power substation doubles the thermal stress. Maintenance rules should be in place to check their condition afterwards.

6.4.3 Impedance

The impedance between the unit and the protective conductor of the fixed installation, e.g. the running rails, shall be low enough to prevent the existence of a hazardous voltage between them, using the criteria set out in IEC 62128-1:2013, Clause 9.

The maximum impedance between the unit and the protective conductor of the fixed installation are set out in Table 2. Lower figures shall be used if these values could cause the occurrence of a hazardous voltage. Consideration should also be given to the possible rail potentials set out in IEC 62128-1:2013, Clause 9. This should be demonstrated both by calculation with an assumption of 1 mΩ per earth brush and verification by measurement (maximum values are set out in Table 2).

Table 2 – Maximum impedance between each vehicle body of a unit and protective conductor of the fixed installation

Type of vehicle	Maximum impedance Ω
Tractive stock	0,05
Coaches	
Wagons	0,15

These values shall be measured with a constant current of 50 A, where the open-circuit voltage shall not exceed 50 V. The measurement shall be carried out with a clean wheel to rail interface.

Resistance of protective bonding path can be calculated.

NOTE 1 The total impedance of units electrically connected is considered.

The calculated resistance should be smaller than 10 mΩ in DC and 15 kV AC systems and 20 mΩ in 25 kV AC systems.

Experience suggests that values in Table 2 are indicative of impedance at high current which is substantially lower.

NOTE 2 Example solutions for impedance management of electric multiple units can be found in Annex C.

6.4.4 Contact line fault

In the event of contact between an external electric traction power supply and a vehicle body (i.e. a broken contact wire), the system design shall reduce any excessive voltage at or within the vehicle body, to the levels required in 6.3 in the shortest practicable time.

Since the fault would normally be cleared by the fixed installations, in order to determine the voltage likely to occur at the vehicle, reference should be made to IEC 62128-1.

The vehicle protective bonding shall take account of the above aim, and shall remain intact.

NOTE Special national conditions in Japan can be found in Annex B, Clause B.4.

6.5 Clarifications and exceptions with reference to indirect contact

6.5.1 Parts requiring protective provisions

Protective provisions shall be made for exposed conductive parts in the proximity of electrical equipment, for example: sinks, metal cupboards, aerial ground planes and other similar parts.

Where no electrical equipment is fixed to covers, doors and cover plates of the electronic equipment, the normal metal screws and locking devices as well as conducting corrosion-proof hinges are considered to be sufficient protective bonding. Where electrical equipment is attached to these movable parts of electronic equipment, the exposed conductive parts of the particular electrical equipment need a protective bonding. The protective bonding to these movable parts of electronic equipment should be made via a protective conductor.

6.5.2 Parts not requiring protective provisions

6.5.2.1 Exceptions of protective provisions

Protective provisions are not needed for exposed conductive parts separated from any source which may cause electric shock.

Furthermore, no protective provisions are required for equipment defined in 6.5.2.2, 6.5.2.3 and 6.5.2.4, tested and marked to the relevant standards.

6.5.2.2 Band II voltage

Protection against indirect contact may be dispensed with for the exposed conductive parts of equipment energized at voltages in band II, if the circuits meet the requirements of SELV or PELV (as defined in IEC 60364-4-41).

6.5.2.3 Double insulation

Electrical equipment having double or reinforced insulation shall comply with the requirements set out in IEC 62497-1 or IEC 60364-4-41.

6.5.2.4 Total insulation (for voltages in band III only)

Assemblies of electrical equipment having total insulation shall meet the requirements set out in IEC 61140.

6.5.3 Multi-stage insulation

When multi-stage insulation is used, for example in roof or underframe-mounted traction resistors which are air-insulated, exposed conductive parts located between the basic and supplementary insulation shall be regarded as live parts and the provisions of Clause 5 shall apply.

6.5.4 Floating supplies

Circuits at voltages in bands III or IV not bonded to the vehicle body (floating supplies) shall not be used to provide sole protection against indirect contact. The provisions of either 6.2 or 6.3 shall also be applied. Account shall also be taken of the requirements of 7.1.

Equipment that is isolated and remains floating should be viewed as not protected with respect to indirect touch.

6.5.5 Insulated wheel or levitation systems without a protective conductor

The requirements of 6.4 do not apply to insulated wheel or levitation systems without a protective conductor. The vehicle body including its exposed conductive parts shall be insulated from the power supply system.

No supply circuit derived from within the unit or vehicle shall be capable of acquiring a voltage above the design range under normal or fault conditions either between poles or with respect to any exposed conductive parts.

Where a transport system is deemed touchable when not in earthed conditions, all electrical equipment shall be double insulated. Earthed conditions are where a connection is made, either automatically or manually, to the protective conductor of the fixed installation.

Any failure of either level of insulation shall be detectable either by procedure or by the use of monitoring devices.

Such transport systems shall only be used on power supply systems that meet the requirements set out in IEC 62128-1.

6.6 Additional requirements – Bearings

Bearings on vehicles other than wagons shall not be used to connect exposed conductive parts.

Bearings on wagons should not be used to connect exposed conductive parts, if there is a risk of damage to the bearings caused by electrical current.

7 Power circuit

7.1 General principles

Power circuit design shall ensure that all currents are returned to the source of supply without resulting in damage or risk of electric shock.

Where sliding or flexing connections between the body or bogie and the running rail are used, there shall be at least two separate paths per unit and a failure in one path shall not cause damage or risk of electric shock.

Paths shall be dimensioned to carry all currents which may flow through them. Due regard shall be paid to fault currents and currents flowing in the running rail.

Bearings in general shall not be used as part of the return path. Dedicated current limits of the bearing manufacture may be considered.

If any part of the return path is combined with the vehicle protective bonding at any point, the requirements set out in Clause 6 shall additionally apply.

To prevent damage or risk of electric shock from circuits directly fed from an external power supply, failures in the return current paths shall be detectable by an appropriate means, e.g. procedure or monitoring device.

Current return may conform to either of the methods below. The method chosen shall be the responsibility of the railway authorities and shall comply with requirements set out in either 7.2 or 7.3.

7.2 Power circuit insulated from the vehicle body or bogie

A path or paths insulated from the vehicle, or from any exposed conductive parts thereof, shall be provided to conduct current from the return of the power equipment to the return conductor of the supply system.

7.3 Power circuit using the vehicle body or bogie

Where returns are connected to the vehicle body, the connections shall be through members of sufficient cross-section to comply with the paragraphs below.

Current flowing in any paths through the body or bogie frame shall not cause damage or unacceptable deterioration to the structure or any mechanical parts.

Voltage differences between two different parts of the body or bogie sections shall not be sufficient to cause electric shock under any normal or failure condition.

In the event of contact between an external electric power supply and the vehicle body, additionally 6.4.4 shall apply.

8 Additional requirements

8.1 General

Means shall be provided for any live parts which may be sufficiently energized to cause electric shock after disconnection from the supply to be secured against electric shock.

8.2 Current collectors

In addition to the requirements set out in Clause 5, means shall be provided to separate the overhead current collector from the contact wire and prevent accidental contact of the current collector with the wire.

For overhead current collectors and associated live parts normally energized in band III, see also 5.3.1.3.

For overhead current collectors and associated live parts normally energized in band IV, see also 5.3.2.1.

Shoe gear adjacent to the platform edge shall comply with the requirements set out in 5.3.

8.3 Capacitors

For capacitors, which may retain charge when they become accessible to direct contact, means shall be provided to ensure that there is no risk of electric shock. This may be by means of integral design of discharge circuits, additional circuits or procedure.

An integral discharge circuit shall be a reliable and, if necessary, redundant discharge system connected directly across the capacitors, unless another suitable piece of electrical equipment is connected directly across the capacitors, thus constituting a discharge path. The discharge path shall only include devices which are operated as part of the means of gaining access to the capacitor or related circuits and shall exclude devices which could cause automatic disconnection of the discharge path.

The discharge system shall be capable, after the equipment has been switched off, of bringing the residual voltage down to 60 V, within a defined time period commensurate with the maintenance methods to be employed.

The requirement may also be met by means of additional discharge circuits which may be switched automatically by unlocking operations as set out in 5.3, or by separate connectable discharge devices. These methods may also be used to achieve a shorter discharge time.

Where separate connectable devices are used, the equipment shall be fitted with suitable connection points for checking the de-energized condition, and, if necessary, for discharging the equipment.

In addition to the above, a clearly visible warning label, identifying the hazard and the appropriate procedure shall be permanently attached to the equipment or its cover.

8.4 Plug and socket devices

8.4.1 Portable apparatus

The following paragraphs cover plug and socket devices for the supply of power to portable equipment from a power source up to band III on the train.

Sockets or couplers providing power supply to various devices used while running the train (ovens, cash registers, bottle heaters, etc.) and for maintenance (vacuum cleaners, etc.) shall be fitted with a protective-equipotential-bonding.

As additional protection, these sockets should be protected by a residual current device as recommended in IEC 60364-4-41:2005, 415.1.

Sockets situated in passenger compartments and reserved for maintenance purposes shall be protected by an external flap or a shutter within the socket.

Sockets for electric shavers shall only be supplied from an isolating transformer with protective separation between the input winding(s) and output winding(s), or by other protective measure achieving an equivalent level of protection against electric shock originating from other circuits.

Sockets for the use of portable power tools which might be used outside the train shall be protected by the use of one of the following:

- SELV as set out in 5.4;
- automatic disconnection of the supply either by a residual current device or by an interlocking device upon removal of the plug;
- safe electrical separation of the circuit by an isolating transformer.

NOTE Special national conditions in Japan can be found in Annex B, Clause B.4.

8.4.2 Vehicle and intervehicle connectors

Plug and socket devices for shed or trolley traction and also for train auxiliary supplies which present the risk of electric shock or arcing if disconnected when energized, shall not be disconnected in this condition. This may be achieved by an interlocking device or procedure.

8.5 Special sources

8.5.1 General

For sources for which the rules set out in Clause 5 are not reasonably practicable or are inadequate, the following subclauses may be used to cover the requirements for protection against direct contact for live parts instead. Examples are batteries, high voltage sources for electronic equipment, high current inductors, etc.

8.5.2 Live parts not requiring protective provisions

Protective provisions are not required for live parts energized with voltages above band I where the source satisfies the conditions for safe insulation and the current and the stored energy are both limited to safe values using the criteria set out in IEC TS 60479-1.

8.5.3 Live parts requiring protective provisions

Protective provisions are required for live parts energized with voltages in band II or below which have high stored energy and may present a risk of electric shock.

Protective provisions are required for live parts energized with voltages in band II or below which are not protected by an over current protection device or for which the rating of the over current protection device may still present a hazard, for example battery circuits in which the hazard is mainly from burning by objects making contact.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

Annex A

(normative)

List of items where contracting parties shall co-operate

- 5.3.1.3 Protection by clearance
- 5.3.1.4 Protection against hazards from external power supply
- 5.3.2.1 Protection by the use of closed electrical operating areas
- 5.3.2.3 Protection against hazards from external power supply
- 6.5.5 Insulated wheel or levitation systems without a protective conductor
- 7.1 Power circuit – General principles
- 8.2 Current collectors
- 8.3 Capacitors
- 8.4.2 Vehicle and intervehicle connectors

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

Annex B (informative)

Special national conditions

B.1 General

Special national condition: National characteristic or practice that cannot be changed even over a long period, e. g. climatic conditions, electrical earthing conditions.

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

B.2 France

All French rolling stock have additional protection as set out in Table B.1 to protect people with a locking system (special keys to $U > \text{AC } 500 \text{ V}$ and $U > \text{DC } 750 \text{ V}$, in particular to DC 1 500 V). Replace Table 1 by:

Table B.1 – Voltage bands

Band	Nominal voltage	
	AC V	DC V
I	$U \leq 25$	$U \leq 60$
II	$25 < U \leq 50$	$60 < U \leq 120$
III	$50 < U \leq 500$	$120 < U \leq 750$
IV	$U > 500$	$U > 750$

B.3 Great Britain

B.3.1 Operate over 750 V DC third rail electrified lines

On vehicles that have to operate over the 750 V DC third rail electrified lines in Great Britain, it is permitted to have only a single protective bonding path between a vehicle body and the protective conductors of the fixed installation, as set out in B.3.2 and B.3.3.

B.3.2 Bonding between rail vehicle main body to bogie

Equipotential bonding of the rail vehicle main body should be provided by a single bonding path fitted between the vehicle main body and one bogie only.

The above equipotential bond should be provided by two bonding cables.

The frame of the other bogie should be electrically insulated from the vehicle main body structure.

There should be no low resistance conducting paths between the rail vehicle main body structure and the bogie frames, for example via suspension components.

Provisions of bonding at both bogies result in current flow between the bonded axles via the vehicle components.

B.3.3 Intervehicle bonding

Intervehicle frame bonding should not be used on multiple unit vehicles where power is derived from a trackside DC substation.

B.4 Japan

B.4.1 General

This clause specifies special national conditions only applicable to Japan.

In the title of the following subclauses the numbers in square brackets e.g. [1], [2.3.4] indicate the corresponding subclause in this document.

B.4.2 [6.4.4] Contact line fault

In addition to 6.4.4, the following applies:

To prevent from catching fire in the event of contact between an external electric traction power supply and a vehicle roof, the roof top surface shall be covered with a flame retardant insulating material. This is limited to passenger trains that can be used for service on sections of track with electrified overhead contact lines except extremely high voltage contact lines.

In this case no fault current will flow due to the insulating materials and therefore the circuit breaker in the fixed installation will not trip. Since the vehicle body is connected to the running rail, the vehicle potential stays equal to that of the running rail.

NOTE Extremely high voltage contact line in Japan means 20 kV AC and 25 kV AC nominal voltages.

B.4.3 [8.4.1] Portable apparatus

To the second paragraph in 8.4.1, the following applies.

It is accepted that a protective-equipotential-bonding may be provided in proximity to the socket.

To the third paragraph in 8.4.1, the following may apply:

If a single phase nominal voltage of 100 V AC is insulated from the power supply by a transformer, etc., and one pole is connected to the vehicle body, a socket without a protective-equipotential-bonding may be used.

To the fifth paragraph in 8.4.1, the following applies:

For sockets of a single phase nominal voltage of 100 V AC, this subclause may apply.

Annex C (informative)

Example solutions for impedance management in electric multiple units (EMUs)

C.1 Preventing absorption of return current in EMUs

Lower impedance of bonding between vehicle main bodies and protective conductors (usually rails) is necessary for preventing hazardous touch voltage on the vehicle main bodies. However, the lower impedance bonding also causes absorption of return current. The reason is that the impedance of vehicle main bodies is lower than that of rails. The absorption concentrates the return current on the end vehicle, and the current concentration may damage the bogie's earth brush or bearings (see Figure C.1).

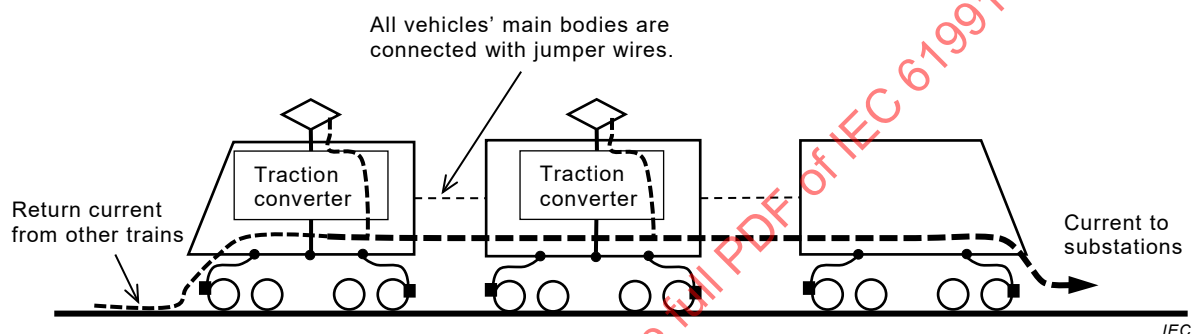


Figure C.1 – Concentration of return current

The fault is more likely to happen in long-length (above 200 m) EMU trains. Therefore, such trains' vehicles may have additional impedances intentionally; e.g. attach earth resistors between the main body and the earth brush (see Figure C.2) for preventing the absorption, if necessary.

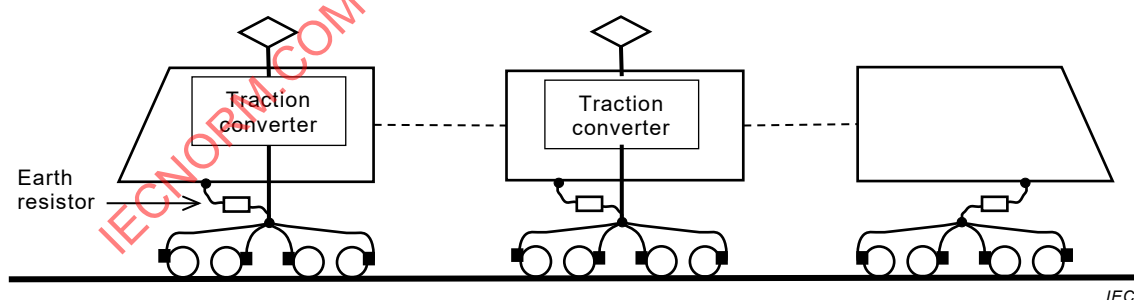


Figure C.2 – Attach earth resistors for long-length EMUs
preventing current absorption

In the case of Figure C.2, the impedance between the main body of a vehicle and the protective conductor is larger than that defined in 6.4.3. However, the impedance between the main bodies of the train and the protective conductor is sufficiently low, since all the earth resistors are connected in parallel to the protective conductor. Hence the EMU train seldom causes hazardous voltage when the contact wire touches the EMU vehicle's body.

C.2 Examples of solutions

The vehicle body and its bogie frames may be connected either to the current return busbar or directly to the current return collectors or, where appropriate (i.e. for low current where no risk of bearing damage is proven), to the axle bearings.

In protective circuits, it may be necessary to connect the vehicle body structure via resistors or inductors to the current return collectors in order to:

- offer a circuit with a higher impedance than the current return paths;
- limit the return current flowing through axle bearings.

This may be particularly considered for axle bearings which have no axle brushes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

Bibliography

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
INTRODUCTION.....	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes, définitions et termes abrégés	38
3.1 Termes et définitions	38
3.1.1 Définitions concernant les personnes	38
3.1.2 Autres définitions	38
3.2 Termes abrégés	42
4 Classification des classes de tension.....	42
4.1 Principes généraux	42
4.2 Connexions entre circuits	43
4.3 Exceptions	43
5 Mesures de protection contre les contacts directs.....	44
5.1 Généralités	44
5.2 Protection par isolation	44
5.3 Protection par prévention d'accès	44
5.3.1 Tensions des classes I à III	44
5.3.2 Tensions de la classe IV	45
5.4 Protection par l'emploi de la classe I (TBT)	46
5.4.1 Exigences pour les systèmes de la classe I (TBTS et TBTP)	46
5.4.2 Exigences supplémentaires pour TBTS.....	47
5.4.3 Exigences supplémentaires pour TBTP.....	47
5.5 Avertissements de sécurité.....	47
6 Mesures de protection contre les contacts indirects.....	47
6.1 Généralités	47
6.2 Liaison de protection.....	48
6.2.1 Généralités	48
6.2.2 Liaison equipotentielle	48
6.2.3 Dimensionnement de la liaison de protection	48
6.2.4 Contacts glissants	48
6.3 Coupure de l'alimentation	48
6.3.1 Application.....	48
6.3.2 Caractéristique de coupure	49
6.4 Liaisons principales de protection	49
6.4.1 Généralités	49
6.4.2 Circuits de liaison	49
6.4.3 Impédance.....	50
6.4.4 Défaut de ligne de contact	50
6.5 Clarifications et exceptions avec référence aux contacts indirects.....	51
6.5.1 Parties nécessitant des mesures de protection	51
6.5.2 Parties ne nécessitant pas de mesures de protection	51
6.5.3 Isolation multi-niveaux	51
6.5.4 Alimentations flottantes	51
6.5.5 Systèmes à roues isolées ou à sustentation sans un conducteur de protection	52

6.6	Exigences complémentaires – Roulements	52
7	Circuit de puissance	52
7.1	Principes généraux	52
7.2	Circuit de puissance isolé de la caisse du véhicule ou du bogie	53
7.3	Circuit de puissance passant par la caisse du véhicule ou par le bogie	53
8	Exigences complémentaires	53
8.1	Généralités	53
8.2	Captage de courant	53
8.3	Condensateurs	54
8.4	Prises fixes et mobiles	54
8.4.1	Appareils portables	54
8.4.2	Connecteurs sur le véhicule et entre véhicules	55
8.5	Sources particulières	55
8.5.1	Généralités	55
8.5.2	Parties sous tension ne nécessitant pas de mesures de protection	55
8.5.3	Parties sous tension nécessitant des mesures de protection	55
Annexe A (normative) Liste des éléments pour lesquels les parties contractantes doivent coopérer		56
Annexe B (informative) Conditions nationales particulières		57
B.1	Généralités	57
B.2	France	57
B.3	Grande-Bretagne	57
B.3.1	Fonctionnement sur des lignes électrifiées par troisième rail à 750 V CC	57
B.3.2	Liaison entre la caisse principale du véhicule ferroviaire et le bogie	57
B.3.3	Liaisons entre véhicules	58
B.4	Japon	58
B.4.1	Généralités	58
B.4.2	[6.4.4] Défaut de ligne de contact	58
B.4.3	[8.4.1] Appareils portables	58
Annexe C (informative) Exemples de solutions pour la gestion de l'impédance dans les rames électriques multiples (EMU)		59
C.1	Prévenir l'absorption du retour de courant dans les EMU	59
C.2	Exemples de solutions	60
Bibliographie		61
Figure C.1 – Concentration du retour de courant		59
Figure C.2 – Attache des résistances de terre pour les EMU longs pour prévenir l'absorption du courant		59
Tableau 1 – Classes de tension		43
Tableau 2 – Impédance maximale entre chaque caisse de véhicule d'une rame et le conducteur de protection de l'installation fixe		50
Tableau B.1 – Classes de tension		57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

Dispositions de protection contre les dangers électriques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61991 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 2000. Cette édition constitue une révision technique. Elle est basée sur l'EN 50153:2014.

Cette édition inclut les changements techniques significatifs suivants par rapport à l'édition précédente:

- a) Remplacement de plusieurs références de normes.
- b) Ajout de plusieurs termes et termes abrégés.
- c) Le Tableau 2 – Classes de tension pour la France est déplacé dans l'Annex B comme Tableau B.1, le Tableau 3 – Classes de tension pour l'Italie est supprimé.

- d) L'Annexe B et l'Annexe C sont introduites.
- e) L'Annexe B inclut des conditions nationales particulières.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2467/FDIS	9/2487/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

INTRODUCTION

Il est généralement admis que la sécurité dépend de facteurs humains, reposant sur le comportement normal des opérateurs impliqués, ainsi que de facteurs techniques.

C'est pour cette raison que, dans certains cas, le présent document laisse aux parties contractantes le choix entre deux possibilités. Ces possibilités correspondent, d'une part à la mise en place de modes opératoires, réglementations ou procédures, et d'autre part à la prise de mesures techniques comme des dispositifs de verrouillage mécaniques ou électriques.

Une liste des cas pour lesquels les parties contractantes (c'est-à-dire l'utilisateur et le fabricant) doivent conclure un accord préalable au contrat est donnée en Annexe A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61991:2019

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

Dispositions de protection contre les dangers électriques

1 Domaine d'application

Le présent document définit les exigences appliquées, dans la conception et la fabrication des installations et équipements électriques à utiliser sur le matériel roulant, pour la protection des personnes contre les chocs électriques.

Le présent document est applicable aux matériels roulants des systèmes de transport sur rails, aux systèmes de transport routier, s'ils sont alimentés par une source extérieure (trolleybus), aux systèmes de transport à sustentation magnétique et aux équipements électriques installés dans ces systèmes.

Le présent document ne s'applique pas aux:

- chemins de fer miniers,
- installations de grues, plates-formes mobiles et systèmes de transport similaires sur rails,
- funiculaires,
- constructions provisoires.

Les exigences pour les installations fixes sur la protection contre le potentiel des véhicules ne sont pas couvertes dans le présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 61140:2016, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61310-1, *Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 1: Exigences pour les signaux visuels, acoustiques et tactiles*

IEC 62128-1:2013, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Sécurité électrique, mise à la terre et circuit de retour – Partie 1: Mesures de protection contre les chocs électriques*

IEC 62313, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant*

IEC 62497-1, *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 62995:2018, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Règles d'installation du câblage*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

NOTE Pour de plus amples informations relatives aux définitions de parties d'installations fixes, se référer à l'IEC 62128-1 d'où ces définitions ont été extraites.

3.1.1 Définitions concernant les personnes

3.1.1.1

personne avertie <en électricité>

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

3.1.1.2

personne ordinaire

personne qui n'est ni une personne qualifiée ni une personne avertie

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-03]

3.1.1.3

personne qualifiée <en électricité>

personne ayant la formation et l'expérience appropriées pour lui permettre de percevoir les risques et d'éviter les dangers que peut présenter l'électricité

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-04-01]

3.1.2 Autres définitions

3.1.2.1

zone de service électrique fermée

local ou emplacement renfermant exclusivement des équipements électriques en fonctionnement et protégé d'une manière sûre en fonction de la tension et de l'environnement

Note 1 à l'article: L'accès à ce type de zone n'est autorisé qu'aux personnes qualifiées et aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité).

Note 2 à l'article: La définition de zone de service électrique fermée peut s'appliquer à des armoires sous caisse ou en toiture. D'une manière générale, il s'agit d'un emplacement (à l'intérieur ou à l'extérieur de la caisse du véhicule) qui reste sécurisé en fonction de la tension qui peut être supposée présente sur les équipements qui se trouvent à l'intérieur. L'accès à ce type de zone n'est pas autorisé aux personnes ordinaires.

3.1.2.2**ligne de contact**

ligne électrique destinée à alimenter le matériel roulant en énergie électrique, par l'intermédiaire d'organes de prise de courant

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-33-01, modifié – Le terme “véhicule” a été remplacé par “matériel roulant” et la Note 1 à l'article a été omise.]

3.1.2.3**fil de contact**

conducteur électrique d'une ligne aérienne de contact sur lequel appuie l'appareil de prise de courant

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-33-15]

3.1.2.4**contact direct**

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-03]

3.1.2.5**double isolation**

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

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

3.1.2.6**terre**

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

3.1.2.7**zone de service électrique**

local ou emplacement qui sert principalement au fonctionnement d'un équipement électrique et n'est normalement accessible qu'aux personnes qualifiées ou aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité)

Note 1 à l'article: En général, zone de service électrique désigne tout emplacement (principalement à l'intérieur de la caisse) où fonctionne un équipement électrique. Même s'il s'agit de l'utilité principale de cette zone, elle n'en est pas la seule. En fait, la zone n'est généralement pas verrouillée et la protection contre les contacts directs est assurée par d'autres moyens (par exemple des obstacles de protection (électriques)).

3.1.2.8**choc électrique**

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-04]

3.1.2.9**très basse tension**

tension ne dépassant pas les limites spécifiées dans le domaine II du Tableau 1

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-30, modifié – Le terme “bande I” a été remplacé par “bande II” et “l'IEC 60449” a été remplacé par le “Tableau 1”.]

3.1.2.10

liaison équipotentielle

connexion électrique qui fixe le potentiel de plusieurs parties conductrices accessibles à un niveau similaire

Note 1 à l'article: Peut être désigné de manière abrégée par le terme "liaison".

3.1.2.11

partie conductrice accessible <d'un équipement électrique>

partie conductrice d'un équipement électrique, susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension, mais qui peut le devenir en cas de défaillance de l'isolation principale

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

3.1.2.12

contact indirect

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

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-06-04]

3.1.2.13

dispositif de verrouillage

dispositif qui subordonne la possibilité de fonctionnement d'un appareil de connexion à la position ou au fonctionnement d'un ou de plusieurs autres éléments de l'équipement

[SOURCE: IEC 60050-441:2000, 441-16-49]

3.1.2.14

isoler, verbe

empêcher la conduction électrique entre des éléments conducteurs au moyen d'isolants

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-36]

3.1.2.15

isolation

ensemble des matériaux et parties utilisés pour isoler des éléments conducteurs d'un dispositif

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-15-41]

3.1.2.16

partie sous tension <en traction électrique>

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal

Note 1 à l'article: La notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

Note 2 à l'article: Par convention, ceci n'inclut pas les rails de roulement et les parties qui leur sont connectées.

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-36-23]

3.1.2.17

système de blocage

système qui comprend des dispositifs de verrouillage et empêche physiquement l'accès aux parties sous tension à moins que l'alimentation en énergie électrique des parties sous tension n'ait été coupée et sécurisée

3.1.2.18**blocage mécanique**

utilisation d'une serrure ou de fixations boulonnées/vissées pour empêcher l'ouverture de panneaux ou de portes d'accès et nécessitant l'utilisation d'une clé ou d'un outil

3.1.2.19**isolation multi-niveaux**

système d'isolation ayant plus d'un niveau d'isolation et une masse intermédiaire entre deux niveaux consécutifs

[SOURCE: IEC 60322:2001, 3.4, modifié – Les Notes ont été supprimées.]

3.1.2.20**tension nominale** <d'un système>

valeur approchée appropriée d'une tension utilisée pour identifier ou désigner un réseau

Note 1 à l'article: Les tensions sont exprimées par la valeur de la tension entre pôles pour le courant continu lisse et la valeur efficace de la tension entre phases pour le courant alternatif.

Note 2 à l'article: La tension réelle peut différer de la tension nominale dans la limite des tolérances admissibles. Pour de plus amples informations concernant les tensions d'alimentation des systèmes de traction, se reporter à l'IEC 60850.

[SOURCE: IEC 60050-601:1985, 601-01-21, modifié – Les Notes à l'article ont été ajoutées.]

3.1.2.21**schéma TBTP**

schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la très basse tension:

- dans des conditions normales et
- dans des conditions de premier défaut, à l'exception des défauts à la terre dans les autres circuits électriques

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-32, modifié – La Note a été supprimée]

3.1.2.22**obstacle de protection** <électrique>

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

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

3.1.2.23**circuit de puissance**

circuit parcouru par le courant des machines et appareils, tels que les convertisseurs et les moteurs de traction, qui transmet la puissance de traction

[SOURCE: IEC 60050-811:2017, 811-25-03]

3.1.2.24**conducteur de protection**

conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-09]

3.1.2.25**liaison équipotentielle de protection**

liaison équipotentielle réalisée à des fins de sécurité

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-15]

3.1.2.26

schéma TBTS

schéma électrique dont la tension ne peut pas dépasser la valeur de la très basse tension:

- dans des conditions normales et
- dans des conditions de premier défaut, y compris les défauts à la terre dans les autres circuits électriques

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-31, modifié – La Note a été supprimée]

3.1.2.27

isolation totale

isolation comprenant l'isolation principale comme mesure de protection principale, et l'isolation supplémentaire comme mesure de protection en cas de défaut ou dont les protections principales et protections en cas de défaut sont assurées par une isolation renforcée conformément à la IEC 61140:2016, 7.4

[SOURCE: IEC 60050-851:2008/AMD1:2014, 851-15-11, modifié – “matériel dont” a été remplacé par “isolation comprenant” et “l'IEC 61140:2011, 7.3” a été remplacé par “l'IEC 61140:2016, 7.4”.]

3.1.2.28

rame <connectée électriquement>

plus petit ensemble fonctionnel formé du couplage d'un ou de plusieurs véhicules

3.2 Termes abrégés

CA	Courant Alternatif
CC	Courant Continu
EMU	Rames électriques multiple
TBT	Très Basse Tension
TBTP	Très Basse Tension de Protection
r.m.s.	root-mean-square value (valeur efficace)
TBTS	Très Basse Tension de Sécurité

4 Classification des classes de tension

4.1 Principes généraux

Dans le présent document, les mesures de protection applicables sont basées sur la valeur la plus élevée de la tension nominale à laquelle les équipements ou les circuits électriques sont soumis.

Les tensions sont rangées dans des classes en fonction de leur valeur nominale comme indiqué dans le Tableau 1. Différentes règles d'installation s'appliquent à chacune de ces classes.

Les sources d'énergie alimentant les divers circuits installés dans le matériel roulant peuvent être de différentes sources telles que:

- des batteries,
- des transformateurs,
- des diviseurs de tension,
- des machines tournantes,

- des convertisseurs statiques,
- des condensateurs,
- des sources spéciales.

Tableau 1 – Classes de tension

Classe	Tension nominale	
	U_n	
	CA V	CC V
I	$U \leq 25$	$U \leq 60$
II	$25 < U \leq 50$	$60 < U \leq 120$
III	$50 < U \leq 1\,000$	$120 < U \leq 1\,500$
IV	$U > 1\,000$	$U > 1\,500$

NOTE Les conditions nationales particulières pour la France sont listées dans l'Annexe B, Article B.2.

4.2 Connexions entre circuits

Les circuits fonctionnant à différentes tensions nominales reliés par un équipement de conversion de puissance qui fournit une isolation suffisante entre eux sont classés individuellement à la tension nominale de chaque circuit.

Si les chemins conducteurs référencés dans ce paragraphe comprennent des connexions capacitatives ou inductives dont l'impédance est suffisamment faible pour induire des potentiels dangereux dans un circuit dans des conditions normales ou de défaut, tous les circuits connectés de la sorte sont classés à la tension nominale du circuit présentant la tension la plus élevée.

NOTE Cette condition peut s'appliquer à des circuits connectés, par exemple, au moyen d'un convertisseur à découpage avec une impédance de couplage.

Lorsque des circuits sont reliés électriquement à une source à une tension supérieure autrement que par des connexions directes à la caisse du véhicule (par exemple, par un autotransformateur ou un diviseur de tension), tous les circuits connectés sont traités comme s'ils étaient alimentés à la tension nominale de la source, sauf si les conditions en 4.3 sont respectées.

4.3 Exceptions

Si la conversion de tension d'une classe à une autre comprend une détection de surtension provoquant la coupure du circuit primaire ou secondaire, ou disposant d'autres moyens capables d'éviter une tension excessive dans le circuit secondaire, il est permis de classer le circuit secondaire en fonction de la plus haute tension à laquelle l'équipement de détection fonctionnera. Lorsque la détection de surtension est utilisée, il convient d'évaluer l'intégrité de l'équipement de manière appropriée.

Les circuits qui ne sont pas reliés à la caisse du véhicule, par exemple des alimentations flottantes, peuvent être classés dans toutes les classes de tension. Il convient de choisir convenablement la classe en tenant compte des différents potentiels possibles auxquels les circuits peuvent être portés dans les conditions normales ou de défaut, de façon à s'assurer que les exigences du présent document sont respectées.

La frontière entre la classe III et la classe IV peut être abaissée pour tenir compte des conditions nationales particulières.

5 Mesures de protection contre les contacts directs

5.1 Généralités

Les parties sous tension susceptibles de causer un choc électrique doivent être protégées contre les contacts directs. Tous les types d'équipements doivent pouvoir être utilisés sans perte de la protection contre les contacts directs. La protection contre les contacts directs doit être assurée par l'un au moins des moyens décrits en 5.2 et 5.3.

Lorsque les mesures de protection selon 5.2 ou 5.3 ne sont pas applicables, la protection peut être assurée par l'emploi de tensions de la classe I, en respectant les conditions de 5.4.

En complément, des avertissements de sécurité en 5.5 doivent être fournis pour assurer une protection adéquate contre les contacts directs.

5.2 Protection par isolation

Outre les exigences de l'IEC 62497-1, les matériaux utilisés pour l'isolation des parties sous tension doivent être adaptés à la tension assignée de fonctionnement de l'équipement et aux conditions d'emploi. Il convient d'envisager d'autres dispositions pour minimiser les conséquences de détérioration.

5.3 Protection par prévention d'accès

5.3.1 Tensions des classes I à III

5.3.1.1 Protection par l'emploi de zones de service électrique fermées

Les parties sous tension à l'intérieur d'un véhicule, à un potentiel des classes I à III, doivent être contenues dans des zones de service électrique fermées.

L'accès aux zones de service électrique fermées contenant des parties sous tension sous tension est autorisé comme suit:

- classes I et II: l'accès est autorisé aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité) et aux personnes qualifiées;
- classe III: l'accès est uniquement autorisé aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité) et aux personnes qualifiées à condition que des précautions soient prises contre les contacts directs accidentels.

La prévention d'accès doit être réalisée par blocage mécanique avec en appui des procédures et des avertissements de sécurité adaptés à l'emplacement et à l'équipement enfermé.

Les moyens utilisés pour empêcher l'accès doivent se conformer aux principes suivants:

- dans les zones accessibles aux personnes ordinaires à l'intérieur des véhicules, les écrans et les panneaux doivent être conformes au degré de protection IP4X comme indiqué dans l'IEC 60529 ou, lorsqu'ils sont électriquement reliés à la caisse du véhicule, au degré de protection IP2XD comme indiqué dans l'IEC 60529; les exigences de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux connecteurs enfichables, douilles sans lampes, porte-fusibles pour fusibles à visser sans la cartouche;
- dans les autres zones, lorsque des écrans grillagés ou maillés sont utilisés, ils doivent être placés à une distance suffisante pour empêcher tout contact direct, compte tenu de leur déformation possible.

5.3.1.2 Protection par l'emploi de zones de service électrique

Pour les parties sous tension contenues dans une zone de service électrique, les dispositions suivantes doivent s'appliquer:

- les parties sous tension des classes I et II ne nécessitent aucune protection contre les contacts directs sous réserve que les exigences de 8.5.2 soient respectées;
- l'utilisation d'obstacles de protection (électrique) peut être admise pour offrir une protection limitée contre les contacts directs avec les parties sous tension de la classe III dans les zones de service électrique inaccessibles aux personnes ordinaires du fait de leur emplacement (telles que coffres sous caisse, toitures, intérieur des matériels moteurs, à l'exclusion des cabines de conduite), sous réserve que le danger soit facilement identifiable. Par exemple, il est acceptable de ne pas protéger les fusibles et les barrettes d'isolement des équipements à des tensions de la classe III et dont les parties préhensibles sont recouvertes d'un matériau isolant. Ces composants ne doivent être montés que dans des zones de service électrique.

5.3.1.3 Protection par éloignement

Les parties sous tension à l'extérieur du véhicule (par exemple les organes de captage de courant, les lignes de toiture, les résistances) qui sont potentiellement accessibles aux personnes en ligne droite depuis un plan porteur situé dans, en-dessus ou à côté des véhicules, doivent être protégées contre les contacts directs par éloignement si aucunes autres mesures de protection telles que définies dans le présent document ne sont prises.

NOTE Accessible en ligne droite implique que les parties sous tension sont accessibles depuis un plan porteur sans recourir à l'usage d'outils spéciaux.

La protection par éloignement est considérée acquise si au moins les distances dans l'air entre les plans porteurs et les parties sous tension décrites dans la Figure 3 de l'IEC 62128-1:2013 sont maintenues, à l'exception des frotteurs adjacents aux bordures de quais.

Cette protection est considérée comme réalisée si le contact avec des parties sous tension est possible mais que l'éloignement est assuré en cas de déplacement du véhicule (par exemple aux passages à niveau routiers ou pour piétons). Lorsque l'accès est limité aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité) et aux personnes qualifiées et lorsque l'exploitation du système rend la protection par éloignement impossible (par exemple pour les systèmes utilisant des alimentations par 3ème rail et/ou 3ème et 4ème rails), la protection doit être fournie par une procédure.

5.3.1.4 Protection contre les dangers induits par une alimentation électrique extérieure

L'accès aux parties sous tension qui peuvent être portées à des potentiels de la classe III lorsque la ligne d'alimentation en énergie électrique du train est susceptible d'être alimentée par une alimentation électrique extérieure (par exemple un autre véhicule, un équipement de préchauffage, une prise d'atelier, etc.) doit être protégé par un dispositif de verrouillage ou par une procédure.

Les connecteurs de la ligne d'alimentation en énergie électrique du train doivent être munis d'avertissements de sécurité comme indiqué en 5.5.

5.3.2 Tensions de la classe IV

5.3.2.1 Protection par l'emploi de zones de service électrique fermées

L'accès aux parties sous tension portées à un potentiel de la classe IV doit être interdit à toute personne, y compris aux personnes qualifiées.

L'accès aux parties sous tension normalement portées à un potentiel de la classe IV ne doit être possible qu'aux personnes averties (dans le domaine de l'électricité) et aux personnes qualifiées, après coupure de l'alimentation électrique des parties sous tension et après leur mise en sécurité grâce à l'application d'une ou plusieurs des méthodes suivantes:

- procédure;

- dispositifs de verrouillage;
- liaison équipotentielle de protection;
- dispositifs de sécurité ou de surveillance.

Les moyens utilisés pour empêcher l'accès et sécuriser les parties sous tension doivent se conformer aux principes suivants:

- les panneaux dans les zones des véhicules accessibles aux personnes ordinaires doivent être conformes au degré de protection IP4X comme indiqué dans l'EN 60529; les zones accessibles aux personnes averties et aux personnes qualifiées doivent être conformes au degré de protection IP2X comme indiqué dans l'EN 60529;
- dans le cas où des tensions de la classe III ne sont pas éliminées suite à la mise hors tension des parties sous tension de la classe IV, les dispositions en 5.3.1 doivent être appliquées pour éviter les contacts directs avec les parties sous tension qui restent sous une tension de la classe III.

5.3.2.2 Protection par éloignement

Les parties sous tension à l'extérieur du véhicule (par exemple les organes de captage de courant, les lignes de toiture, les résistances) qui sont potentiellement accessibles aux personnes en ligne droite depuis un plan porteur situé en-dedans, en-dessus ou à côté des véhicules, doivent être protégées contre les contacts directs par éloignement, excepté pour l'archet, si aucune autre mesure de protection telle que définie dans le présent document n'est prise.

NOTE Accessible en une ligne droite implique que les parties sous tension sont accessibles depuis un plan porteur sans recourir à l'usage d'outils spéciaux.

La protection par éloignement est considérée acquise si au moins les distances dans l'air entre les plans porteurs et les parties sous tension décrites dans la Figure 4 de l'IEC 62128-1:2013 sont maintenues, à l'exception des frotteurs adjacents aux bordures de quais.

5.3.2.3 Protection contre les dangers induits par l'alimentation électrique extérieure

L'accès aux parties sous tension lorsque le système d'alimentation est susceptible d'être alimentée par une alimentation électrique extérieure (par exemple un autre véhicule, une installation de préchauffage, une prise d'atelier, etc.) doit être évité par un dispositif de verrouillage ou une procédure.

Dans le cas des appareils requérant des interventions fréquentes, tels que les câblots de la ligne d'alimentation en énergie électrique du train, des dispositifs de verrouillage ou des procédures doivent être prévus pour s'assurer que les parties sous tension de l'équipement ne deviennent accessibles qu'après la coupure de leurs sources d'alimentation et que les parties sous tension ont été rendues sans danger par liaison de protection.

Les connecteurs de la ligne d'alimentation en énergie électrique du train doivent être munis d'avertissements de sécurité comme indiqué en 5.5.

5.4 Protection par l'emploi de la classe I (TBT)

5.4.1 Exigences pour les systèmes de la classe I (TBTS et TBTP)

Les systèmes de la classe I doivent satisfaire les exigences suivantes:

- les sources de puissance pour les TBTS et TBTP doivent satisfaire aux exigences de 414.3, sources pour TBTS et TBTP, de l'IEC 60364-4-41:2005;
- le système doit satisfaire aux exigences de 414.4, exigences pour les circuits TBTS et TBTP, de l'IEC 60364-4-41:2005;

- le système doit satisfaire aux exigences de l'Article 8 du présent document

5.4.2 Exigences supplémentaires pour TBTS

Un système TBTS ne doit pas être connecté au circuit de liaison de protection (caisse du véhicule). Pour un système TBTS dans une tension de la classe I, aucune protection supplémentaire n'est nécessaire à condition que le circuit satisfasse aux exigences de 5.4.1.

5.4.3 Exigences supplémentaires pour TBTP

Un pôle du système TBTP ou un pôle de la source de l'alimentation de ce système TBTP doit être connecté au circuit de liaison de protection. Aucune protection supplémentaire n'est nécessaire à condition que la tension nominale ne dépasse pas 6 V en courant alternatif ou 15 V en courant continu et que le système satisfasse aux exigences de 5.4.1.

Si la tension dépasse 6 V en courant alternatif ou 15 V en courant continu et des personnes ordinaires ont un accès, une protection comme indiquée en 411.7.2 de l'IEC 60364-4-41:2005 est exigée.

5.5 Avertissements de sécurité

Les avertissements de sécurité électriques doivent être conformes à l'IEC 61310-1.

Si l'on considère qu'un danger existe après que tous les dispositifs de verrouillage ou prévus de conception ont été manipulés pour accéder à l'équipement, des avertissements de sécurité doivent être apposés pour identifier le danger et fournir toutes les informations complémentaires nécessaires pour éviter les risques pour les personnes. Les avertissements de sécurité doivent être disposés de manière à ce qu'ils soient clairement visibles et qu'ils le restent durant toute la vie de l'équipement.

L'accès aux plans porteurs en parties hautes des véhicules, depuis lesquels des parties sous tension du système d'alimentation par ligne de contact sont accessibles au toucher, doit être pourvu d'avertissements de sécurité.

Un avertissement de sécurité doit être apposé à chaque point d'accès à une zone de service électrique fermée abritant des tensions des classes III ou IV. Il est permis de ne pas placer des avertissements de sécurité lorsqu'un système de blocage est utilisé pour s'assurer que l'accès est interdit jusqu'à ce que la tension présentant un danger n'existe plus.

6 Mesures de protection contre les contacts indirects

6.1 Généralités

L'Article 6 définit les méthodes qu'il est admis d'employer pour s'assurer que le potentiel des véhicules et leurs caisses est conservé suffisamment proche du potentiel du conducteur de protection des installations fixes.

Les méthodes décrites de 6.2 à 6.5 doivent garantir que les parties conductrices accessibles ne puissent pas causer de choc électrique par induction ou contact avec des parties sous tension proches en situation de défaut.

L'objectif est d'assurer que les parties conductrices accessibles présentant un tel risque sont au même potentiel. Cet objectif peut être atteint par une liaison de protection seule comme indiqué en 6.2 ou associée à la coupure automatique de l'alimentation, ou par les exceptions décrites en 6.5.

Des précisions et exceptions sont données en 6.5.

Des exigences complémentaires figurent en 6.6.

6.2 Liaison de protection

6.2.1 Généralités

Une liaison au conducteur de protection doit être assurée pour toute partie conductrice accessible capable de causer un choc électrique par induction, couplage capacitif ou contact avec des parties sous tension en situation de défaut prévisible.

6.2.2 Liaison équipotentielle

Toutes les parties de la liaison équipotentielle de protection doivent être capables de résister à toutes les influences internes et externes (y compris mécaniques, thermiques et corrosives) qui peuvent être attendues.

Les conducteurs des liaisons équipotentielles de protection doivent être comme indiqué dans l'IEC 62995:2018, 4.6.

6.2.3 Dimensionnement de la liaison de protection

La liaison de protection doit être dimensionnée électriquement et mécaniquement de telle sorte que les parties conductrices accessibles soient incapables de causer un choc électrique en situation de défaut. Voir également 6.3.

Concernant les valeurs caractéristiques de dimensionnement des sections des liaisons de protection, se reporter à l'IEC 62313.

Une attention toute particulière doit être portée à tous les courants circulant dans les rails de roulement et qui peuvent affecter les valeurs assignées des connexions de liaison.

6.2.4 Contacts glissants

Les contacts glissants, par exemple les balais de retour par la terre, doivent être conformes aux autres exigences en 6.2. La défaillance de l'un de ces contacts ne doit pas entraîner de risque de choc électrique.

6.3 Coupure de l'alimentation

6.3.1 Application

La coupure automatique de l'alimentation ou la limitation automatique du courant de défaut, par exemple par l'insertion d'une résistance, doivent être utilisées conjointement à une liaison de protection, au cas où les exigences de 6.2.3 ne seraient pas respectées.

La coupure automatique de l'alimentation doit être assurée lorsqu'un risque d'effets physiologiques dangereux sur une personne pourrait survenir en situation de défaut à cause de la valeur et de la tension de contact (pour avoir des lignes directrices, voir l'IEC TS 60479-1).

En ce qui concerne l'évaluation de la durée de défaut correspondant et afin d'évaluer la tension de contact admissible, le fonctionnement correct des dispositifs et interrupteurs de protection doit être pris comme hypothèse. Plusieurs défauts indépendants survenant simultanément ne nécessitent pas d'être pris en considération.

6.3.2 Caractéristique de coupure

Dans le cas d'un défaut entre une partie sous tension et une partie conductrice accessible (ou un conducteur de protection) dans le circuit ou l'équipement, un dispositif de protection automatique doit fonctionner et déconnecter le circuit ou l'équipement pour lequel ce dispositif assure une protection contre les contacts indirects. La protection doit prémunir d'une tension de contact présumée supérieure aux tensions supérieures de classe II qui persistent pendant un temps suffisant pour créer un risque d'effet physiologique dangereux sur une personne en contact avec des parties conductrices simultanément accessibles. Pour de plus amples informations, se reporter au 411 de l'IEC 60364-4-41:2005.

6.4 Liaisons principales de protection

6.4.1 Généralités

Les paragraphes suivants s'appliquent à tous les véhicules fonctionnant avec des systèmes dotés d'un conducteur de protection. Ce conducteur de protection peut être séparé ou combiné avec les rails de roulement qui forment une partie du circuit de retour pour le courant de retour de traction. En ce qui concerne les systèmes à roues isolées ou à sustentation sans conducteur de protection, se reporter à 6.5.5.

Les caisses des véhicules doivent être reliées comme indiqué en 6.4.2 et à 6.4.3.

6.4.2 Circuits de liaison

Il doit y avoir au moins deux circuits de liaison de protection entre la caisse d'un véhicule et les conducteurs de protection des installations fixes de telle façon qu'en cas de défaillance sur l'un des circuits, il ne doit y avoir aucun risque de choc électrique. Les deux circuits doivent être accessibles pour inspection visuelle.

Tout circuit de la liaison de protection entre la caisse d'un véhicule et les conducteurs de protection de l'installation fixe pourrait être réalisé directement sur le véhicule ou par le biais d'un autre véhicule.

NOTE 1 Les conducteurs de protection sont normalement les rails de roulement. (Voir IEC 62128-1).

NOTE 2 Les conditions nationales particulières pour la Grande Bretagne sont listées en Annexe B, Article B.3.

Pour la conception des circuits de liaison sur les véhicules, il convient de considérer que les valeurs du courant de l'IEC 62313 seront réduites par l'impédance du véhicule. La protection principale peut être supposée fonctionner normalement. Même pour la conception thermique des conducteurs de raccordement à la terre des véhicules, la durée d'ouverture de cette protection principale peut être appliquée.

En outre, pour les systèmes CC, la protection principale limitera davantage la valeur maximale du courant à une valeur inférieure au courant présumé.

NOTE 3 L'expérience montre que dans les systèmes CC, les valeurs de crête du courant relatives aux défauts au véhicule ne dépassent généralement pas les valeurs de 50 kA pour 20 ms.

La probabilité d'un défaut sur le véhicule qui n'est pas vu par son disjoncteur (par exemple court-circuit de l'organe de prise courant) et une interruption de service de la protection principale dans la sous-station électrique de traction, en même temps est faible. Pour de tels cas, la surchauffe des conducteurs de raccordement à la terre est acceptable s'ils restent en place jusqu'à ce que le défaut soit réparé. Cela inclut les cas où le ré-enclenchement automatique dans la sous-station électrique de traction double la contrainte thermique. Il convient de mettre en place les règles de maintenance pour vérifier leur état par la suite.

6.4.3 Impédance

L'impédance entre la rame et le conducteur de protection de l'installation fixe, par exemple les rails de roulement, doit être suffisamment faible pour empêcher l'existence d'une tension dangereuse entre eux en utilisant les critères indiqués dans l'IEC 62128-1:2013, Article 9.

Les impédances maximales entre la rame et le conducteur de protection de l'installation fixe sont indiquées dans le Tableau 2. Des valeurs plus faibles doivent être utilisées si ces valeurs peuvent être à l'origine de tensions dangereuses. Il convient également de prendre en considération les éventuels potentiels de rails indiqués dans l'IEC 62128-1:2013, Article 9. Il convient de démontrer cela à la fois par des calculs avec hypothèse de 1 mΩ par balai de terre, et par mesure (les valeurs maximales sont indiquées dans le Tableau 2).

Tableau 2 – Impédance maximale entre chaque caisse de véhicule d'une rame et le conducteur de protection de l'installation fixe

Type de véhicule	Impédance maximale Ω
Matériel de traction	0,05
Voitures	
Wagons	0,15

Ces valeurs doivent être mesurées avec un courant constant de 50 A où la tension en circuit ouvert ne doit pas dépasser 50 V. La mesure doit être réalisée avec une roue propre à l'interface des rails.

La résistance du circuit de la liaison de protection peut être calculée.

NOTE 1 L'impédance totale des rames connectées électriquement est considérée.

Il convient que la résistance calculée soit inférieure à 10 mΩ en CC et dans les systèmes 15 kV CA et inférieure à 20 mΩ dans les systèmes 25 kV CA.

L'expérience montre que les valeurs du Tableau 2 indiquent une impédance à un courant élevé qui est sensiblement inférieure.

NOTE 2 Des exemples de solutions pour la gestion de l'impédance des rames électriques multiples peuvent être trouvées en Annexe C.

6.4.4 Défaut de ligne de contact

En cas de contact entre un système d'alimentation électrique extérieur en courant de traction et une caisse de véhicule (c'est-à-dire, un fil de contact rompu), la conception du système doit réduire toute élévation excessive de la tension au niveau de la caisse du véhicule ou à l'intérieur de celui-ci, aux niveaux exigés en 6.3 dans le temps le plus court possible.

Dans la mesure où le défaut devrait être normalement éliminé par les installations fixes, il convient de se référer à l'IEC 62128-1 pour déterminer la tension susceptible d'apparaître sur le véhicule.

Les liaisons de protection du véhicule doivent tenir compte de l'objectif ci-dessus et doivent conserver leur intégrité.

NOTE Les conditions nationales particulières du Japon peuvent être trouvées dans l'Annexe B, Article B.4.