

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61991

Première édition
First edition
2000-01

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

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61991:2000

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61991

Première édition
First edition
2000-01

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

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

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions.....	10
3.1 Définitions concernant les personnes impliquées	10
3.2 Autres définitions	10
4 Classes de tension.....	14
4.1 Principes généraux	14
4.2 Connexions entre circuits.....	16
4.3 Exceptions	18
5 Mesures de protection contre les <i>contacts directs</i>	18
5.1 Protection par isolation	18
5.2 Protection par prévention d'accès	18
5.3 Protection par l'emploi de la classe I.....	24
5.4 Marques de <i>danger</i>	24
6 Mesures de protection contre les <i>contacts indirects</i>	26
6.1 Principes généraux	26
6.2 <i>Liaisons de protection</i>	26
6.3 Coupure de l'alimentation	26
6.4 <i>Liaisons de protection</i> du véhicule	28
6.5 Précisions et exceptions	30
7 <i>Circuit de puissance</i>	32
7.1 Principes généraux	32
7.2 <i>Circuit de puissance</i> isolé de la caisse du véhicule ou du bogie	34
7.3 <i>Circuit de puissance</i> passant par la caisse du véhicule ou par le bogie	34
8 Exigences complémentaires.....	34
8.1 Captage de courant	34
8.2 Condensateurs	36
8.3 Ensembles prises et embases.....	36
8.4 Alimentations spéciales	38
Annexe A (normative) Liste des sujets pour lesquels les parties contractantes doivent choisir soit une procédure, soit un dispositif mécanique	40
Bibliographie	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
3.1 Definitions concerning persons involved	11
3.2 Other definitions	11
4 Classification of voltage bands	15
4.1 General principles	15
4.2 Connections between circuits	17
4.3 Exceptions	19
5 Protective provisions against <i>direct contact</i>	19
5.1 Protection by insulation	19
5.2 Protection by prevention of access	19
5.3 Protection by the use of band I	25
5.4 Warning labels	25
6 Protective provisions against <i>indirect contact</i>	27
6.1 General principles	27
6.2 <i>Protective bonding</i>	27
6.3 Disconnection of the supply	27
6.4 Vehicle <i>protective bonding</i>	29
6.5 Clarifications and exceptions	31
7 <i>Power circuit</i>	33
7.1 General principles	33
7.2 <i>Power circuit</i> insulated from the vehicle body or bogie	35
7.3 <i>Power circuit</i> using the vehicle body or bogie	35
8 Additional requirements	35
8.1 Current collectors	35
8.2 Capacitors	37
8.3 Plug and socket devices	37
8.4 Special sources	39
Annex A (normative) List of items where contracting parties shall choose either a procedure or a mechanical device	41
Bibliography	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES –

MATÉRIEL ROULANT –

Dispositions de protection contre les dangers électriques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61991 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/534/FDIS	9/550/RVD

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

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2005.

A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS –

ROLLING STOCK –

Protective provisions against electrical hazards

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61991 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Report on voting
9/534/FDIS	9/550/RVD

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

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

Annex A forms an integral part of this standard.

The committee has decided that this publication remains valid until 2005.

At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

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

Pour les raisons dites ci-dessus, dans plusieurs cas la CEI 61991 laisse aux parties contractantes le choix entre deux solutions. Ces variantes consistent d'une part en l'emploi de modes opératoires, règles ou procédures, et d'autre part en des solutions techniques comme des *dispositifs de verrouillage* mécaniques ou électriques.

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

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61991:2000

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, IEC 61991, in several instances, leaves a choice to the contracting parties between two alternatives. These alternatives consist either in the provision of operating rules, regulations and procedures, or in 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.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61991:2000

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT –

Dispositions de protection contre les dangers électriques

1 Domaine d'application

La CEI 61991 définit un ensemble de règles qui sont appliquées dans la conception et la fabrication des installations et équipements électriques utilisés sur le matériel roulant, pour la protection des personnes contre les *chocs électriques*.

Les moyens utilisés pour satisfaire à ces prescriptions peuvent être différents selon les procédures et pratiques des compagnies exploitantes.

La CEI 61991 est applicable aux véhicules des systèmes de transport sur rails, aux véhicules routiers alimentés par une source extérieure (trolleybus), aux véhicules à sustentation magnétique et aux équipements électriques installés dans ces véhicules.

Cette norme ne s'applique pas aux

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

Les essais des véhicules en ce qui concerne les exigences de cette norme ne sont pas traités ici. Se reporter à la CEI 61133.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la CEI 61991. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la CEI 61991 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60077-1, — *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales* ¹⁾

CEI 60364 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments*

CEI 60364-4-41:1992, *Installations électriques des bâtiments – Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité – Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques*

CEI 60439 (toutes les parties), *Ensembles d'appareillage à basse tension*

CEI 60479-1:1994, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques Partie 1: Aspects généraux*

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

¹⁾ A publier.

RAILWAY APPLICATIONS– ROLLING STOCK – Protective provisions against electrical hazards

1 Scope

IEC 61991 offers a set of rules that are applied in the design and manufacture of electrical installations and equipment to be used on rolling stock so as to protect the persons from *electric shocks*.

The methods used to satisfy the rules may differ, in accordance with the procedures and practices of the operating organization.

IEC 61991 is applicable to vehicles of rail transport systems, road vehicles powered by an external supply (trolley buses), magnetic levitated vehicles and to the electrical equipment installed in these vehicles.

This standard does not apply to

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

Testing of vehicles against the requirements of IEC 61991 is not included. For this, refer to IEC 61133.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of IEC 61991. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on IEC 61991 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60077-1, — *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules* ¹⁾

IEC 60364 (all parts), *Electrical installations of buildings*

IEC 60364-4-41:1992, *Electrical installations of buildings – Part 4: Protection for safety – Chapter 41: Protection against electric shock*

IEC 60439 (all parts), *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

¹⁾ To be published.

CEI 60536 (toutes les parties), *Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques*

CEI 60850,— *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction* ¹⁾

CEI 61310-1:1995, *Sécurité des machines – Indication, marquage et manœuvre – Partie 1: Spécifications pour les signaux visuels, auditifs et tactiles*

CEI 62128,— *Applications ferroviaires – Mesures de protection contre les dangers – Installations fixes* ¹⁾

3 Définitions

Pour les besoins de la CEI 61991, les définitions suivantes s'appliquent. Pour de plus amples informations relatives aux définitions de parties d'installations fixes, se reporter à la CEI 62128 d'où sont extraites ces définitions.

NOTE Pour éviter les risques de mauvaise interprétation, les définitions utilisées dans le texte sont écrites en italiques.

3.1 Définitions concernant les personnes impliquées

3.1.1 expert

personne qui peut juger du travail qui lui incombe, connaît les *dangers* potentiels de par sa formation, ses connaissances et expériences professionnelles ainsi que sa connaissance des règles en vigueur

3.1.2

personne formée

personne informée des tâches qui lui incombent et des *dangers* potentiels résultant d'un comportement négligent et qui, si nécessaire, a reçu une formation

3.1.3

public

toute personne ne pouvant être classée ni comme *expert* ni comme *personne formée*

3.2 Autres définitions

3.2.1

zone de service électrique fermée

tout 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 L'accès à ce type de zone n'est autorisé qu'aux *experts* et aux *personnes formées*.

NOTE 2 La définition de *zone de service électrique fermée* peut convenir à des enceintes placées sous le plancher ou au-dessus du toit. En règle générale, il s'agit de n'importe quel emplacement (intérieur ou extérieur au corps de la voiture) qui est maintenu en sécurité à cause de la tension à laquelle peut être porté le matériel à l'intérieur. L'accès à de telles zones n'est pas permis au *public*.

3.2.2

ligne de contact

ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique, par l'intermédiaire d'organes de prise de courant

¹⁾ A publier.

IEC 60536 (all parts), *Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock*

IEC 60850,— *Railway applications – Supply voltages of traction systems* ¹⁾

IEC 61310-1:1995, *Safety of machinery – Indication, marking and actuation – Part 1: Requirements for visual, auditory and tactile signals*

IEC 62128,— *Railway applications – Protective provisions against electrical hazards – Electric equipment for fixed installations* ¹⁾

3 Definitions

For the purposes of IEC 61991, the following definitions apply. For more information relating to definitions of parts of the fixed installations, refer to IEC 62128 from which these definitions are derived.

NOTE In order to avoid risks of misunderstanding, definitions used in the text are written in italics.

3.1 Definitions concerning persons involved

3.1.1

skilled person

person who can judge the work assigned to him and recognize possible dangers on the basis of his professional training, knowledge and experience and of his knowledge of the relevant requirements

3.1.2

instructed person

person informed about the tasks assigned to him and about possible dangers involved in neglectful behaviour and who, if necessary, has been given a degree of training

3.1.3

ordinary person

any person who cannot be defined either as a *skilled person* or as an *instructed person*

3.2 Other definitions

3.2.1

closed electrical operating area

any 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 Access to such areas is permitted only to *skilled persons* and *instructed persons*.

NOTE 2 The definition of *closed electrical operating area* can be suitable for underfloor or upper roof cabinets. Generally speaking it is any location (inside or outside the car body) which is kept secure because of the voltage that can assume the equipment inside it. Access to such areas is not allowed to *ordinary persons*.

3.2.2

contact line

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

¹⁾ To be published.

3.2.3

fil de contact

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

3.2.4

contact direct

contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des *parties actives*

3.2.5

terre

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

3.2.6

zone de service électrique

tout local ou emplacement qui sert principalement au fonctionnement d'un équipement électrique et n'est normalement accessible qu'aux *experts* ou aux *personnes formées*

NOTE La définition de *zone de service électrique fermée* peut convenir à des enceintes placées sous le plancher ou au-dessus du toit. En règle générale il s'agit de n'importe quel emplacement (intérieur ou extérieur au corps de la voiture) qui est maintenu en sécurité à cause de la tension à laquelle peut être porté le matériel à l'intérieur. L'accès à de telles zones n'est pas permis au *public*.

3.2.7

choc électrique

effet physiologique dangereux résultant du passage d'un courant électrique dans un corps humain ou animal

3.2.8

parties non actives conductrices

tout matériau conducteur, métallique ou non, électriquement neutre sauf en situation de *défaillance*, et qui peut être accessible au toucher

3.2.9

défaillance

cessation de la capacité d'un organe à remplir la fonction requise

3.2.10

danger

condition pouvant conduire à un accident potentiel ou à un accident réel

3.2.11

contact indirect

contact de personnes ou d'animaux domestiques ou d'élevage avec des *parties non actives conductrices* devenues actives dans une situation de défaut

3.2.12

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

3.2.13

partie active

tout conducteur ou toute partie conductrice destinée à être sous tension en service normal, ainsi que le conducteur neutre

3.2.3**contact wire**

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

3.2.4**direct contact**

contact of persons or livestock with *live parts*

3.2.5**earth**

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

3.2.6**electrical operating area**

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

NOTE The definition of *closed electrical operating area* can be suitable for underfloor or upper roof cabinets. Generally speaking it is any location (inside or outside the car body) which is kept secure because of the voltage that can assume the equipment inside it. Access to such areas is not allowed to *ordinary persons*.

3.2.7**electric shock**

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

3.2.8**exposed conductive part**

any metallic or other form of conductive material which is not energized except in case of *failure*, and which may be accessible to touch

3.2.9**failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

3.2.10**hazard**

condition that can lead to a potential accident or an actual accident

3.2.11**indirect contact**

contact of persons or livestock with *exposed conductive parts* which have become live under fault conditions

3.2.12**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

3.2.13**live part**

conductor or conductive part intended to be energized in normal use, including a neutral conductor

3.2.14

tension nominale

tension par laquelle une installation ou une partie d'une installation est désignée

NOTE 1 Pour le courant continu lisse, il s'agit de la valeur de la tension entre pôles, et pour le courant alternatif il s'agit de la valeur efficace de la tension entre phases.

NOTE 2 La tension réelle peut différer de la *tension nominale* dans la limite des tolérances admissibles. Pour de plus amples informations sur les tensions d'alimentation des systèmes de traction, se reporter à la CEI 60850.

3.2.15

obstacle

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

3.2.16

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

3.2.17

liaison de protection

connexion équipotentielle destinée à la protection

3.2.18

conducteur de protection

conducteur utilisé comme mesure de protection contre les *chocs électriques* et destiné à relier électriquement certaines des parties suivantes:

- parties non actives conductrices;
- borne principale de terre;
- prise de terre;
- point de l'alimentation ou du neutre artificiel relié à la terre.

4 Classes de tension

4.1 Principes généraux

La présente norme est basée sur les tensions d'alimentation maximales auxquelles l'équipement ou les circuits électriques sont soumis.

Les tensions sont groupées dans des classes d'après leur valeur nominale comme cela est indiqué dans les tableaux 1 à 3. Des règles d'installation différentes s'appliquent à chacune de ces classes.

Les sources d'énergie alimentant les divers circuits installés dans le matériel roulant sont de différents types, à savoir

- batteries;
- transformateurs;
- diviseurs de tension;
- machines tournantes;
- convertisseurs statiques;
- condensateurs;
- sources spéciales.

3.2.14**nominal voltage**

voltage by which an installation or part of an installation is designated

NOTE 1 The voltages are expressed by the value between poles, ripple-free for d.c., and by the r.m.s. value between phases for a.c.

NOTE 2 The actual voltage may differ from the *nominal voltage* by a quantity within permitted tolerances. For further information about traction systems supply voltages, see IEC 60850.

3.2.15**obstacle**

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

3.2.16**power circuit**

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

3.2.17**protective bonding**

equipotential connection for protective purposes

3.2.18**protective conductor**

conductor used for some protective measures for protection against *electric shock* for electrically connecting any of the following parts:

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

4 Classification of voltage bands**4.1 General principles**

This standard is based on the maximum supply voltages at which the equipment or electrical circuits are subjected.

The voltages are classified into bands according to the nominal value as shown in tables 1 to 3. Different installation rules apply to each of these bands.

The power supply of the various circuits installed in railway rolling stock are of different types such as

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

Tableau 1 – Classes de tension

Classe	Tension nominale	
	Courant alternatif V	Courant continu 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	$U > 1\,000$	$U > 1\,500$

Dans certains pays comme la France, le tableau 2 ci-après s'applique.

Tableau 2 – Classes de tension

Classe	Tension nominale	
	Courant alternatif V	Courant continu 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	$U > 500$	$U > 750$

Dans certains pays comme l'Italie, le tableau 3 ci-après s'applique:

Tableau 3 – Classes de tension

Classe	Tension nominale	
	Courant alternatif V	Courant continu V
I	$U \leq 25$	$U \leq 50$
III	$25 < U \leq 400$	$50 < U \leq 600$
IV	$U > 400$	$U > 600$

4.2 Connexions entre circuits

Les circuits fonctionnant à des *tensions nominales* différentes et connectés par un équipement de conversion qui ne constitue pas un chemin conducteur entre eux, ou les circuits reliés seulement par des connexions directes à la caisse du véhicule, connexions externes au circuit de conversion, doivent être classés chacun selon la *tension nominale* de chaque circuit.

Si les chemins conducteurs référencés dans ce paragraphe comprennent des connexions capacitives 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 doivent être 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.

Table 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	$50 < U \leq 1\,000$	$120 < U \leq 1\,500$
IV	$U > 1\,000$	$U > 1\,500$

In some countries such as France, the following table 2 applies:

Table 2 – 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	$U > 500$	$U > 750$

In some countries such as Italy, the following table 3 applies:

Table 3 – Voltage bands

Band	Nominal voltage	
	AC V	DC V
I	$U \leq 25$	$U \leq 50$
III	$25 < U \leq 400$	$50 < U \leq 600$
IV	$U > 400$	$U > 600$

4.2 Connections between circuits

Circuits operating at different *nominal voltages* connected by power conversion equipment which does not provide a conducting path between them, or circuits which are linked only by a connection direct to the vehicle body external to the power conversion circuitry, shall be 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 shall be 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.

Lorsque des circuits sont reliés à une source de tension supérieure, par exemple par un auto-transformateur ou un potentiomètre, autrement que par des connexions à la caisse du véhicule, tous les circuits concernés doivent être traités comme s'ils étaient alimentés à la *tension nominale* de la source, sauf si les conditions de 4.3 ont été 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, alors le circuit secondaire doit être rangé dans la classe de tension correspondant à la valeur maximale de déclenchement de l'équipement de détection.

NOTE Il convient de prendre en compte l'intégrité d'un équipement de détection.

Les circuits qui ne sont pas reliés à la caisse du véhicule, par exemple les alimentations flottantes, doivent être classés de façon à s'assurer que les prescriptions de cette norme sont respectées, en tenant compte des potentiels auxquels ils peuvent être portés dans les conditions normales ou de défaut.

5 Mesures de protection contre les *contacts directs*

Les *parties actives* susceptibles de causer un *choc électrique* doivent être protégées contre les *contacts directs*. Tous les types d'équipements doivent pouvoir être manœuvrés sans altération de la protection contre les *contacts directs*. La protection contre les *contacts directs* doit être assurée par l'un au moins des moyens prescrits de 5.1 à 5.3, complété si nécessaire par les marques de *danger* décrites en 5.4.

5.1 Protection par isolation

En complément des prescriptions de la CEI 60077-1, les matériaux utilisés pour l'isolation des *parties actives* doivent être adaptés à la *tension nominale* de fonctionnement de l'équipement et aux conditions d'emploi. Il convient d'envisager d'autres dispositions pour minimiser les conséquences de détérioration.

5.2 Protection par prévention d'accès

L'accès aux *parties actives* doit être interdit en les plaçant dans des *zones de service électrique fermées* ou en les mettant hors d'atteinte. La suite de la norme expose les mesures à prendre.

5.2.1 Tensions des classes I à III

5.2.1.1 Protection par l'emploi de *zones de service électrique fermées*

Les *parties actives* à l'intérieur d'un véhicule et à un potentiel des classes I à III doivent être enfermées dans des *zones de service électrique fermées*.

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

- classes I et II: l'accès est autorisé aux *personnes formées* et aux *experts*;
- classe III: l'accès n'est autorisé aux *personnes formées* et aux *experts* que si toutes les mesures raisonnablement applicables sont prises pour empêcher tout *contact direct*.

Where circuits are linked conductively to a higher voltage source other than simply by circuit bonds connected to the vehicle body (for example by an auto-transformer or potential divider), all circuits in the group shall be 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 shall be classified according to the highest voltage at which the detection equipment will operate.

NOTE The integrity of the detection equipment should be taken into account.

Circuits not connected to the vehicle body, for example floating supplies, shall be classified as appropriate in order to ensure that the requirements of this standard are met, taking due account of the potentials possible in such circuits under normal or fault conditions.

5 Protective provisions against *direct contact*

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 by at least one of the means described in 5.1 to 5.3, supplemented as necessary by warning labels as described in 5.4.

5.1 Protection by insulation

In addition to the requirements of IEC 60077-1, the insulating materials used to cover *live parts* shall be appropriate to the *nominal* equipment operating *voltage* and the conditions of use. Further provisions should be considered in order to minimize the consequences of damage.

5.2 Protection by prevention of access

Access to *live parts* shall be prevented by placing them within *closed electrical operating areas* or by placing them out of reach. The rest of this standard explains the measures required.

5.2.1 Voltages in bands I to III

5.2.1.1 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 *instructed persons* and *skilled persons*;
- band III: access is only permitted to *instructed persons* and *skilled persons* provided that all reasonably practicable precautions are taken against *direct contact*.

La prévention d'accès peut être réalisée soit par verrouillage mécanique soit par séparation physique, avec en appui un étiquetage ou des procédures adaptés à la situation et à l'équipement enfermé.

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

- dans les zones accessibles au *public* à l'intérieur des véhicules, les écrans ou panneaux doivent être conformes au degré de protection IP4X de la CEI 60529 ou, lorsqu'ils sont électriquement reliés à la caisse du véhicule, au degré de protection IP2XD de la CEI 60529. Les exigences de ce paragraphe ne s'appliquent pas aux connecteurs enfichables, supports de lampes 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.

5.2.1.2 Protection par l'emploi de zones de service électrique

Dans le cas où les conditions de 5.2.1.1 ne s'appliquent pas, les *parties actives* doivent être confinées à l'intérieur des *zones de service électrique* et ce qui suit doit s'appliquer:

- aucune protection contre les *contacts directs* n'est nécessaire pour les *parties actives* des classes I et II, sous réserve qu'elles respectent les exigences de l'article 8;
- l'utilisation d'*obstacles* peut être admise pour offrir une protection limitée contre les *contacts directs* avec les *parties actives* de la classe III dans les *zones de service électrique* inaccessibles au *public* du fait de leur situation (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 admis que les fusibles et barrettes d'isolement des matériels de la classe III et dont les parties préhensibles sont recouvertes d'un matériau isolant ne soient pas protégés. Ces organes ne doivent être montés que dans des *zones de service électrique*.

5.2.1.3 Protection par éloignement

Les *parties actives* à l'extérieur du véhicule (par exemple les organes de captage de courant, les lignes de toiture, les résistances) et potentiellement accessibles aux personnes en droite ligne depuis un plan porteur situé dans, sur ou à côté du véhicule doivent être protégées contre les *contacts directs* par éloignement si aucune autre mesure de protection prévue dans la présente norme n'est prise.

NOTE «Accessible en droite ligne» signifie que les *parties actives* sont accessibles depuis un plan porteur sans recourir à l'usage d'outils spéciaux.

On considère la protection par éloignement acquise si les distances séparant les plans porteurs des *parties actives* sont au moins égales à celles de la CEI 62128 (à l'étude).

On considère que cette protection est réalisée si le contact avec des *parties actives* est possible mais que l'éloignement est assuré par le déplacement du véhicule (par exemple en ligne et aux passages à niveau). Lorsque l'accès est limité aux *personnes formées* et aux *experts* et que l'exploitation du système rend la protection par éloignement impossible (par exemple pour les systèmes utilisant des alimentations par troisième et/ou troisième et quatrième rails), celle-ci doit être fournie par une procédure.

5.2.1.4 Protection contre les dangers induits par l'utilisation de la canalisation d'énergie électrique du train

L'accès aux *parties actives* qui peuvent être portées à des potentiels de la classe III lorsque la canalisation d'énergie électrique du train est susceptible d'être alimentée par une source extérieure (par exemple un autre véhicule, une installation de préchauffage, une prise d'atelier, etc.) doit être empêché par un *dispositif de verrouillage* ou une procédure.

Prevention of access can be achieved either by mechanical locking or by physical separation, supported by labels or procedures appropriate to the location and the 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 per IEC 60529, or, where these are electrically connected to the vehicle body, to the degree of protection IP2XD as per IEC 60529. The requirements of this subclause do not apply to plug connectors, lampholders without lamps or 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.

5.2.1.2 Protection by the use of *electrical operating areas*

Where the conditions of 5.2.1.1 do not apply, then *live parts* shall be contained within *electrical operating areas* and the following shall apply:

- protection against *direct contact* is not required for *live parts* energized within bands I and II, provided that these meet the requirements of clause 8;
- the use of *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 units shall only be situated in *electrical operating areas*.

5.2.1.3 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 standard 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 (under consideration) are maintained.

This protection is considered to be present, if contact with *live parts* is possible but clearance is afforded by virtue of the movement of the vehicle (e.g. on road and foot-crossings). Where only *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.

5.2.1.4 Protection against *hazards* from power supply bus lines

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

Les connecteurs de la canalisation d'énergie électrique du train doivent être munis de marques de *danger* conformément à 5.4.

5.2.2 Tensions de la classe IV

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

L'accès aux *parties actives* portées à un potentiel de la classe IV doit être interdit à toute personne, y compris aux *experts*.

L'accès aux *parties actives* normalement portées à un potentiel de la classe IV ne doit être possible qu'aux *personnes formées* et aux *experts*, après coupure de l'alimentation électrique des *parties actives* et après qu'elles ont été rendues sans *danger* grâce à l'application de l'une au moins des méthodes suivantes:

- une procédure;
- un *dispositif de verrouillage*;
- une *liaison de protection*;
- des dispositifs de sécurité ou de contrôle.

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

- les capotages ou panneautages dans les zones des véhicules accessibles au *public* doivent être conformes au degré de protection IP4X de la CEI 60529;
- dans le cas des appareils ne nécessitant pas d'interventions fréquentes, la protection peut être réalisée au moyen de panneaux vissés ou boulonnés. La dépose de ces panneaux doit nécessiter l'utilisation d'un outillage. Donc, aucun verrouillage spécial n'est exigé dans ce cas;
- dans le cas des appareils requérant des interventions fréquentes, des *dispositifs de verrouillage* doivent être prévus pour s'assurer qu'on ne puisse accéder aux *parties actives* qu'après la coupure des sources d'alimentation et que les *parties actives* sont rendues sans *danger* au moyen de *conducteurs de protection*. Les fermetures et *dispositifs de verrouillage* doivent permettre d'effectuer les essais à blanc des équipements de commande.

Dans le cas où l'élimination des tensions de la classe IV n'entraîne pas la disparition des tensions de la classe III, les dispositions de 5.2.1 doivent être appliquées pour éviter les *contacts directs* avec les *parties actives* qui restent sous une tension de la classe III.

5.2.2.2 Protection par éloignement

Les *parties actives* à l'extérieur du véhicule (par exemple les organes de captage de courant, les lignes de toiture, les résistances) ainsi que celles des systèmes de lignes aériennes, et qui sont potentiellement accessibles aux personnes en droite ligne depuis des plates-formes fixes ou un plan porteur situés dans, sur ou à côté du véhicule doivent être protégées contre les *contacts directs* par éloignement si aucune autre mesure de protection prévue dans la présente norme n'est prise.

NOTE «Accessible en droite ligne» signifie que les *parties actives* sont accessibles depuis un plan porteur sans recourir à l'usage d'outils spéciaux.

La protection par éloignement est considérée comme étant fournie si les distances séparant les plans porteurs des *parties actives* sont au moins égales à celles de la CEI 62128 (à l'étude).

Connectors in the power supply bus line shall be fitted with warning labels in accordance with 5.4.

5.2.2 Voltages in band IV

5.2.2.1 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 *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 bonding*;
- safety or monitoring devices.

Means of preventing access shall comply with the following:

- covers in areas accessible to *ordinary persons* in vehicles shall conform to the degree of protection IP4X as per IEC 60529;
- protection of equipment requiring infrequent intervention may consist of screwed or bolted panels. It shall only be possible to remove these panels by use of a tool. No specific locking system is thus required in these cases;
- for equipment requiring frequent intervention, *interlocking devices* shall be provided to ensure that *live parts* become accessible only after their power supply has been cut off and the *live parts* have been made safe by *protective bonding*. Locks and *interlocking devices* shall allow off-load tests to be performed on control equipment.

In cases where band III voltages are not eliminated after band IV *live parts* have been de-energized, the precautions of 5.2.1 shall be taken to prevent *direct contact* with *live parts* which remain energized with voltages in band III.

5.2.2.2 Protection by clearance

For *live parts* on the outside of the vehicle (e.g. current collectors, roof conductors, resistors) as well as those of overhead line systems, which are potentially accessible to persons in a straight line from fixed platforms as well as 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 standard 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 (under consideration) are maintained.

5.2.2.3 Protection contre les *dangers* induits par l'utilisation de la canalisation d'énergie électrique du train

L'accès aux *parties actives* lorsque la canalisation d'énergie électrique du train est susceptible d'être alimentée par une source extérieure (par exemple un autre véhicule, une installation de préchauffage, une prise d'atelier, etc.) doit être empêché par un *dispositif de verrouillage* ou une procédure.

Dans le cas des appareils requérant des interventions fréquentes, tels que les câblots de la canalisation d'énergie électrique du train, des *dispositifs de verrouillage* ou des consignes doivent être prévus pour s'assurer que les *parties actives* de l'équipement ne deviennent accessibles qu'après la coupure des sources d'alimentation et que les *parties actives* sont rendues sans *danger* par *liaison de protection*.

Les connecteurs de la canalisation d'énergie électrique du train doivent être munis de marques de *danger* conformément à 5.4.

5.3 Protection par l'emploi de la classe I

Lorsque la mise en œuvre des mesures de protection conformes à 5.1 ou à 5.2 n'est pas possible, la protection peut être assurée par l'emploi de la classe I conformément aux conditions de 5.3.1 ou de 5.3.2 ci-après.

5.3.1 Circuits non reliés au châssis du véhicule

Lorsqu'un circuit en classe I n'est pas relié au châssis du véhicule, aucune protection n'est exigée, à condition que le circuit respecte les prescriptions de 411.1.2, 411.1.3 et 411.1.4 de la CEI 60364-4-41 et que les prescriptions de l'article 8 de la présente norme soient également respectées.

5.3.2 Circuits reliés au châssis du véhicule

Lorsqu'un circuit en classe I est relié au châssis du véhicule, aucune protection n'est exigée, à condition que la *tension nominale* ne dépasse pas 6 V en courant alternatif ou 15 V en courant continu et que le circuit respecte les prescriptions de 411.1.2, 411.1.3 et 411.1.5 de la CEI 60364-4-41. Si la *tension nominale* dépasse 6 V en courant alternatif ou 15 V en courant continu, une protection selon 411.1 de la CEI 60364-4-41 n'est exigée que dans les endroits accessibles au *public*.

5.4 Marques de *danger*

Les marques de *danger*, particulièrement pour les *dangers* d'origine électrique, doivent être conformes à la CEI 61310-1 (ATTENTION: risque de *choc électrique*).

Si on considère qu'un *danger* existe après que tous les *dispositifs de verrouillage* et/ou prévus de conception ont été manipulés pour accéder à l'équipement, alors des marques de *danger* doivent être apposées pour identifier le *danger* et fournir toutes les informations complémentaires permettant d'écarter les risques pour les personnes. Les marques doivent être disposées de manière qu'elles soient facilement visibles et qu'elles le restent durant toute la vie de l'équipement.

L'accès aux plans porteurs en parties hautes des véhicules, depuis lesquels des *parties actives* du système d'alimentation par *ligne de contact* sont accessibles au toucher, doit être pourvu de marques de *danger*.

Une marque de *danger* doit être apposée à chaque point d'accès à une *zone de service électrique fermée* abritant des tensions des classes III ou IV. Il y a dispense de marque de *danger* en cas d'utilisation de *dispositifs de verrouillage*.

5.2.2.3 Protection against *hazards* from power supply bus line

Access to *live parts* when the supply system is likely to be energized from an external source (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 cut 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 in accordance with 5.4.

5.3 Protection by the use of band I

Where protective provisions in accordance with 5.1 or 5.2 are not possible, then protection by the use of band I voltage can be provided in accordance with the conditions of 5.3.1 or 5.3.2 below.

5.3.1 Unbonded from a safe source

Where a circuit at a voltage in band I is not bonded to the vehicle body, no further protective provision is required provided that the circuit meets the requirements of 411.1.2, 411.1.3 and 411.1.4 of IEC 60364-4-41 as well as the requirements of clause 8 of this standard.

5.3.2 Bonded from a safe source

Where a circuit at a voltage in band I is bonded to the vehicle body, no further protective provision is required provided that the *nominal voltage* does not exceed 6 V a.c. or 15 V d.c. and the circuit meets the requirements of 411.1.2, 411.1.3 and 411.1.5 of IEC 60364-4-41. If the voltage exceeds 6 V a.c. or 15 V d.c., protection in accordance with 411.1 of IEC 60364-4-41 is required only where *ordinary persons* have access.

5.4 Warning labels

Warning labels especially for electrical *hazards* shall be in accordance with IEC 61310-1 (WARNING: risk of *electric shock*).

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 allowed not to provide warning labels where *interlocking devices* are used.

6 Mesures de protection contres les *contacts indirects*

Cet article définit les méthodes à employer pour relier les véhicules et leurs parties constitutives au potentiel de la *terre* à travers les installations fixes.

6.1 Principes généraux

Les *parties non actives conductrices* ne doivent pas pouvoir causer de *choc électrique* par induction ou contact avec des *parties actives* proches en situation de *défaillance*.

L'objectif doit être de s'assurer que les *parties non actives conductrices* présentant un tel risque sont au même potentiel. Cela peut être réalisé par une *liaison de protection* seule ou associée à la coupure automatique de l'alimentation, ou par d'autres moyens appropriés.

On ne doit pas utiliser des roulements pour connecter des *parties non actives conductrices* s'il y a risque d'endommager les roulements par le courant électrique.

Des précisions et exceptions sont données en 6.5.

6.2 Liaisons de protection

6.2.1 Liaisons équipotentielles

Les *parties non actives conductrices* (sauf exceptions mentionnées en 6.5) doivent être reliées à la caisse du véhicule ou à ses parties constitutives directement ou par des conducteurs de *liaison de protection*.

Toutes les précautions doivent être prises pour prévenir l'augmentation dans le temps des valeurs de résistance des liaisons, variation qui pourrait être due en particulier aux effets de la corrosion ou au phénomène de fatigue.

Les conducteurs des liaisons équipotentielles de protection, qu'ils soient gainés ou nus, doivent être aisément reconnaissables à leur forme, leur emplacement, leur marquage ou leur couleur. Lorsque le repérage par la couleur est employé, on doit utiliser la combinaison bicolore jaune-vert.

6.2.2 Dimensionnement de la liaison de protection

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

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.

6.2.3 Contacts glissants

Les contacts glissants, par exemple les frotteurs sur essieux, doivent être conformes aux autres prescriptions de 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 en complément de l'utilisation d'une *liaison de protection*, lorsque les prescriptions de 6.2.2 ne peuvent être respectées.

6 Protective provisions against *indirect contact*

This clause defines the methods to be used to bring vehicles and their constituent parts to *earth* potential via the fixed installation.

6.1 General principles

Exposed conductive parts shall be incapable of causing *electric shock* through induction or contact with *live parts* in the vicinity under *failure* conditions.

The aim shall be to ensure that the *exposed conductive parts* which present such a risk are at the same potential. This may be achieved by *protective bonding* alone or in conjunction with automatic disconnection of supply, or other suitable means.

Bearings shall not be used to connect *exposed conductive parts* if there is a risk of damage to the bearings caused by electrical current.

Clarifications and exceptions are covered in 6.5.

6.2 Protective bonding

6.2.1 Equipotential connections

Exposed conductive parts (except where excluded by 6.5) shall be bonded to the vehicle body, or constituent part thereof, either directly or via *protective bonding* conductors.

All precautions shall be taken to prevent bonding resistance values from increasing with time, in particular due to corrosion effects or fatigue.

Conductors of a protective equipotential bonding system whether insulated or bare shall be readily distinguishable by shape, location, marking or colour. If identification by colour is used, it shall be the bicolour combination green-and-yellow.

6.2.2 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.

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

6.2.3 Sliding contacts

Sliding contacts, e.g. axle 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 6.2.2 would not be achieved.

La coupure automatique de l'alimentation est exigée lorsqu'un risque d'effet physiologique dangereux sur une personne existe en situation de *défaut*, cet effet étant la conséquence de la valeur et de la durée du contact avec l'électricité (voir la CEI 60479-1).

6.3.2 Caractéristiques de coupure

Un dispositif de protection doit séparer automatiquement de l'alimentation le circuit ou le matériel protégé contre les *contacts indirects* par ce dispositif de telle façon que, à la suite d'un défaut entre une *partie active* et une *partie non active conductrice* ou une *liaison de protection* du circuit ou du matériel, une tension de contact présumée supérieure à la classe II ne puisse se maintenir 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 à la recommandation de 413.1 de la CEI 60364-4-41.

6.4 Liaisons de protection du véhicule

Les prescriptions suivantes doivent être appliquées à tous les véhicules exploités sur des systèmes utilisant un *conducteur de protection*, que celui-ci soit distinct ou confondu avec les rails de roulement. Pour les autres systèmes, se référer à 6.5.5.

6.4.1 Les caisses des véhicules doivent être reliées conformément aux prescriptions de 6.4.2 à 6.4.4.

6.4.2 Il doit y avoir au moins deux circuits de *liaison de protection* entre la caisse du véhicule et les *conducteurs de protection* des installations fixes de telle sorte qu'il n'y ait aucun risque de *choc électrique* en situation de *défaillance* affectant l'un des circuits. Ces deux circuits doivent être visibles pour inspection.

6.4.3 L'impédance entre la caisse du véhicule 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 selon les critères de la CEI 60479-1.

Les impédances maximales entre la caisse du véhicule et le *conducteur de protection* de l'installation fixe sont données à titre indicatif dans le tableau 4. Des valeurs plus faibles doivent être utilisées si ces valeurs peuvent être à l'origine de tensions dangereuses. Il convient également de prendre en compte les possibles potentiels de rails référencés dans la CEI 62128 (à l'étude) qui peuvent s'ajouter à la tension entre caisse du véhicule et rails.

Tableau 4 – Impédance maximale entre la caisse du véhicule et le conducteur de protection

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

Ces valeurs doivent être mesurées sous un courant constant de 50 A, sous une tension à vide ne devant pas dépasser 50 V. Les mesures doivent être réalisées avec une interface roue/rail net.

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 60479-1).

6.3.2 Disconnection characteristic

A protective device shall automatically disconnect the supply to the circuit or equipment for which the device provides protection against *indirect contact* so that, in the event of a fault between a *live part* and an *exposed conductive part* or a *protective conductor* in the circuit or equipment, a prospective touch voltage exceeding band II voltages does not persist 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 413.1 of IEC 60364-4-41.

6.4 Vehicle *protective bonding*

The following shall apply to all vehicles operating on systems employing a *protective conductor* where this may be separate or combined with the running rails. For other systems refer to 6.5.5.

6.4.1 Vehicle bodies shall be bonded in accordance with 6.4.2 to 6.4.4.

6.4.2 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 visible for inspection.

6.4.3 The impedance between the vehicle body 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, according to the criteria of IEC 60479-1.

The maximum impedances between the vehicle body and the *protective conductor* of the fixed installation are given as a guide in table 4. 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 referred to in IEC 62128 (under consideration) which may add to the voltage between vehicle body and the rails.

Table 4 – Maximum impedance between vehicle body and *protective conductor*

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

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

6.4.4 En situation de contact entre un système extérieur d'alimentation électrique en courant de traction et une caisse de véhicule (par exemple *fil de contact* rompu), l'objectif de la conception du système doit être de réduire toute élévation excessive du potentiel du véhicule ainsi qu'à l'intérieur de celui-ci, aux niveaux définis en 6.3 dans le temps le plus court possible.

Dans la mesure où le *défaut* est normalement traité par les installations fixes, il convient de se référer à la CEI 62128 (à l'étude) pour déterminer la tension susceptible d'apparaître sur le véhicule.

Les *liaisons de protection* du véhicule doivent être conçues en tenant compte de l'objectif ci-dessus et doivent conserver leur intégrité.

6.5 Précisions et exceptions

6.5.1 Parties nécessitant des mesures de protection

Des mesures de protection doivent être prises pour les *parties non actives conductrices* situées à proximité d'équipements électriques, par exemple les évier, placards métalliques, plans de travail, ou autres composants semblables.

6.5.2 Parties ne nécessitant aucune mesure de protection

Aucune mesure de protection n'est nécessaire pour toute *partie non active conductrice* séparée de toute source pouvant provoquer un *choc électrique*, par exemple petits éléments d'aménagement intérieur dans un environnement protégé par ailleurs par une *liaison de protection* et/ou une isolation (par exemple manchons, perche munie d'un revêtement, etc.).

En outre, aucune mesure de protection n'est nécessaire pour les équipements décrits de 6.5.2.1 à 6.5.2.3, essayés et estampillés comme étant conformes aux normes correspondantes.

6.5.2.1 Tensions de classe II

La protection contre les *contacts indirects* est facultative pour les *parties non actives conductrices* des équipements de la classe II, si les circuits respectent les prescriptions de 5.3.1 et 5.3.2.

6.5.2.2 Double isolation

Les équipements électriques ayant une double isolation ou une isolation renforcée doivent être conformes aux exigences applicables aux équipements de la classe II de la CEI 60536.

6.5.2.3 Isolation totale (uniquement pour les tensions de la classe III)

Les équipements électriques à isolation totale doivent respecter les exigences de la CEI 60439.

6.5.3 Isolation multiniveaux

Quand l'isolation multiniveaux est utilisée par exemple pour les résistances de traction montées sur le toit ou sous caisse avec isolement dans l'air, les *parties non actives conductrices* situées entre les isolations primaire et supplémentaire doivent être considérées comme des *parties actives* et les prescriptions de l'article 5 doivent s'appliquer.

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

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

6.5 Clarifications and exceptions

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.

6.5.2 Parts not requiring protective provisions

Protective provisions are not needed for *exposed conductive parts* separated from any source which may cause *electric shock*, for example small items of interior trim in an environment otherwise protected by bonding and/or insulation (e.g. grips, coat hooks, etc.).

Furthermore, no protective provisions are required for equipment in 6.5.2.1 to 6.5.2.3, tested and marked to the relevant standards.

6.5.2.1 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 5.3.1 and 5.3.2.

6.5.2.2 Double insulation

Electrical equipment having double or reinforced insulation shall comply with the requirements of class II equipment of IEC 60536.

6.5.2.3 Total insulation (for voltages in band III only)

Assemblies of electrical equipment having total insulation shall meet the requirements of IEC 60439.

6.5.3 Multi-stage insulation

When multi-stage insulation is employed, 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 Alimentations flottantes

Les circuits des classes III ou IV non reliés au véhicule (alimentations flottantes) ne doivent pas être utilisés comme unique protection contre les *contacts indirects*, à moins qu'ils ne soient conformes à la CEI 60364 (se reporter également à l'article 8). Dans tous les autres cas, les prescriptions de 6.2 ou de 6.3 doivent également être appliquées. On doit aussi tenir compte des prescriptions de 7.1.

6.5.5 Systèmes à roues isolées ou à sustentation sans *conducteur de protection*

6.5.5.1 Dans ce cas, les prescriptions de 6.4 ne sont pas applicables. La caisse du véhicule y compris ses *parties non actives conductrices* doivent être totalement isolées du système d'alimentation électrique.

Tous les équipements électriques des trolleybus ou autres véhicules dépourvus de moyens de connexion au *conducteur de protection* de l'installation fixe, à l'arrêt, doivent être à double isolation. Toute *défaillance* de l'un des niveaux d'isolation doit être détectable soit par procédure, soit par mise en œuvre de dispositifs de contrôle.

6.5.5.2 Ces types de véhicules ne doivent être utilisés que lorsque le système d'alimentation de puissance respecte les prescriptions de la CEI 62128 (à l'étude).

7 Circuit de puissance

7.1 Principes généraux

La conception des circuits doit être telle que tous les courants retournent à la source d'alimentation sans causer de dommage ou de risque de *choc électrique*.

Lorsque des contacts glissants ou des connexions souples sont utilisés entre la caisse ou le bogie et le rail de roulement, il doit y avoir au moins deux chemins séparés par véhicule, et une *défaillance* sur l'un des chemins ne doit pas entraîner de dommage ou de risque de *choc électrique*.

Lorsque les roues font partie du chemin de retour, deux roues au moins, situées sur des essieux différents, doivent être utilisées.

Les chemins de retour doivent être dimensionnés pour supporter tous les courants qui pourraient les parcourir. Une attention toute particulière doit être portée aux courants de défaut et aux courants circulant dans les rails de roulement.

Les roulements ne doivent pas faire partie du chemin de retour.

Si une partie du chemin de retour est confondue en un point quelconque avec une *liaison de protection* du véhicule, les prescriptions de l'article 6 doivent être respectées.

Pour prévenir les dommages ou les risques de *choc électrique* des circuits alimentés directement par une source externe, les *défaillances* des chemins de retour de courant doivent être détectés par des moyens appropriés, par exemple des procédures ou des dispositifs de contrôle.

En fonctionnement normal ou en situation de défaut, aucun circuit d'alimentation dérivé de l'intérieur d'un train ou d'un véhicule ne doit pouvoir être porté, entre phases ou par rapport aux *parties non actives conductrices*, à une tension supérieure à celle pour laquelle il a été conçu.

Le circuit de retour de courant peut être conforme à l'un des principes ci-dessous. Le choix du principe doit relever de la responsabilité de l'exploitant du réseau ferré et doit répondre aux prescriptions soit de 7.2 soit de 7.3.

6.5.4 Floating supplies

Circuits at voltages in bands III or IV not bonded to the vehicle (floating supplies) shall not be used to provide sole protection against *indirect contact*, unless they comply with IEC 60364 (refer also to clause 8). In all other cases, the provisions of either 6.2 or 6.3 shall also be applied. Account shall also be taken of the requirements of 7.1.

6.5.5 Insulated wheel or levitation systems without a *protective conductor*

6.5.5.1 In this case 6.4 does not apply. The vehicle body including its *exposed conductive parts* shall be insulated from the power supply system.

For trolleybuses or other vehicles with no means of connection to the *protective conductor* of the fixed installation when stationary, all electrical equipment shall be double insulated. Any *failure* of either level of insulation shall be detectable either by procedure or by the use of monitoring devices.

6.5.5.2 Such vehicles shall only be used on power supply systems that meet the requirements of IEC 62128 (under consideration).

7 Power circuit

7.1 General principles

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 employed, there shall be at least two separate paths per vehicle and a *failure* in one path shall not cause damage or risk of *electric shock*.

Where wheels are used as part of the return path, at least two wheels on different axles shall be used.

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 shall not be used as part of the return path.

If any part of the return path is combined with the vehicle *protective bonding* at any point, the requirements of clause 6 shall 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.

No supply circuit derived from within a train 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*.

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 either 7.2 or 7.3.

7.2 *Circuit de puissance isolé de la caisse du véhicule ou du bogie*

Un ou des chemins isolés du véhicule, ou de toute *partie non active conductrice* de celui-ci, doivent être prévus pour assurer le retour de courant depuis le retour des équipements de puissance jusqu'au conducteur de retour du système d'alimentation.

7.3 *Circuit de puissance passant par la caisse du véhicule ou par le bogie*

Lorsque les retours sont connectés à la caisse du véhicule, les connexions doivent se faire sur des éléments de section suffisante pour respecter les prescriptions ci-dessous.

Le courant circulant dans tout chemin à travers la caisse ou le châssis de bogie ne doit causer ni dommage ni détérioration à la structure ou à tout organe mécanique.

Les différences de potentiel entre deux parties distinctes des éléments de caisse ou de bogie ne doivent pas atteindre une valeur susceptible de causer un *choc électrique* en situation normale ou de *défaillance*.

En cas de contact d'une source d'alimentation extérieure avec la caisse du véhicule, le paragraphe 6.4.4 doit être appliqué.

8 Exigences complémentaires

Des mesures doivent être prises pour rendre inoffensive toute *partie active* qui peut conserver après coupure de la source d'alimentation une énergie électrique suffisante pour causer un *choc électrique*.

8.1 Captage de courant

8.1.1 En plus des prescriptions de l'article 5, des moyens doivent être prévus pour séparer l'organe de prise de courant aérien de la *ligne de contact* et empêcher tout contact accidentel de l'organe de prise de courant avec la ligne.

Pour les organes de prise de courant aériens et les *parties actives* associées normalement alimentés en potentiel de classe IV, voir également 5.2.2.1.

8.1.2 Lorsque les véhicules avec captage de courant par frotteurs sont alimentés en courant de traction par une ligne d'atelier ou une ligne de trolley, une protection contre les contacts avec les frotteurs sous tension doit être assurée par des moyens appropriés, par exemple par procédure ou par *dispositif de verrouillage*.

8.1.3 Il ne doit pas être autorisé d'effectuer la séparation des frotteurs utilisés exclusivement pour la *liaison de protection* d'avec le *conducteur de protection* des installations fixes avant que le véhicule soit mis hors tension. Cela doit être assuré par procédure ou par *dispositif de verrouillage*.

8.1.4 Les frotteurs du côté des bordures de quais doivent respecter les prescriptions de 5.2. Dans des circonstances exceptionnelles, si cette condition ne peut pas être respectée, une protection doit être prévue pour empêcher l'accès en droite ligne (voir également la CEI 62128 (à l'étude)).