



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines**

**Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XD**  
CODE PRIX

---

ICS 45.060

ISBN 978-2-83220-638-6

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references.....	10
3 Terms, definitions, symbols and abbreviations.....	13
3.1 Systems.....	13
3.2 Conductors.....	15
3.3 Electrical.....	15
3.4 Geometrical.....	16
3.5 Foundations.....	17
3.6 Structures.....	17
3.7 Symbols and abbreviations.....	17
4 Fundamental design data.....	19
4.1 General.....	19
4.2 Line characteristics.....	20
4.3 Electrical power system design.....	20
4.4 Vehicle characteristics.....	20
4.5 Current collectors.....	21
4.6 Environmental conditions.....	21
4.7 Design life.....	21
5 System requirements.....	21
5.1 Design of electrical system.....	21
5.1.1 General.....	21
5.1.2 Temperature rise in conductors.....	21
5.1.3 Clearances between live parts of contact lines and earth.....	22
5.1.4 Clearances between adjacent live a.c. contact lines of differing voltage phases.....	23
5.2 Design of current collection systems.....	24
5.2.1 General.....	24
5.2.2 Elasticity and its variation.....	24
5.2.3 Vertical movement of contact point.....	25
5.2.4 Wave propagation velocity.....	25
5.2.5 Quality of current collection.....	26
5.3 Mechanical design of contact wire loads.....	27
5.3.1 Permissible tensile stress $\sigma_w$ .....	27
5.3.2 Maximum temperature $K_{temp}$ .....	28
5.3.3 Allowable wear $K_{wear}$ .....	28
5.3.4 Wind and ice loads $K_{icewind}$ .....	28
5.3.5 Efficiency of tensioning devices $K_{eff}$ .....	29
5.3.6 Termination fittings $K_{clamp}$ .....	29
5.3.7 Joints $K_{joint}$ .....	29
5.4 Mechanical design of catenary wire loads.....	29
5.4.1 Permissible tensile loading $F_w$ .....	29
5.4.2 Maximum temperature $K_{temp}$ .....	29
5.4.3 Wind loads $K_{wind}$ .....	30
5.4.4 Ice loads $K_{ice}$ .....	30
5.4.5 Automatic tensioning accuracy and efficiency $K_{eff}$ .....	30
5.4.6 Termination fittings $K_{clamp}$ .....	30

5.4.7	Additional vertical load $K_{load}$ .....	30
5.5	Mechanical design of other stranded conductors .....	31
5.6	Mechanical design of solid wires .....	31
5.7	Mechanical design of ropes of non-conducting materials .....	31
5.7.1	General .....	31
5.7.2	Permissible tensile loading $F_W$ .....	31
5.7.3	Wind loads $K_{wind}$ .....	31
5.7.4	Ice loads $K_{ice}$ .....	31
5.7.5	Termination clamps $K_{clamp}$ .....	31
5.7.6	Vertical loads $K_{load}$ .....	32
5.7.7	Minimum bending radius $K_{radius}$ .....	32
5.8	Suspension systems .....	32
5.9	Tensioning systems .....	32
5.10	Geometry of overhead equipment .....	32
5.10.1	Horizontal deflection of contact wire .....	32
5.10.2	Uplift .....	33
5.10.3	Variation in contact wire height .....	33
5.10.4	Minimum contact wire height .....	33
5.10.5	Minimum design contact wire height .....	34
5.10.6	Nominal contact wire height .....	34
5.10.7	Maximum design contact wire height .....	34
5.11	Contact line arrangement above turnouts and crossings .....	35
5.12	Overlap arrangements .....	35
5.13	Specific requirements for overhead contact lines for trolleybus systems .....	36
5.13.1	General .....	36
5.13.2	Line characteristics .....	36
5.13.3	Vehicle characteristics .....	37
5.13.4	Current collector system .....	37
5.13.5	Static contact forces .....	38
5.13.6	Trolleybus in the vicinity of tramways .....	38
5.14	Tolerances and limits .....	38
6	Structures .....	39
6.1	Basis of design .....	39
6.1.1	General .....	39
6.1.2	Basic requirements .....	39
6.1.3	Design with regard to structural limits .....	40
6.1.4	Classification of actions .....	40
6.1.5	Reliability levels .....	41
6.1.6	Models for structural analysis and resistance .....	41
6.1.7	Design values and verification methods .....	41
6.2	Actions on overhead contact lines .....	42
6.2.1	General .....	42
6.2.2	Permanent loads .....	43
6.2.3	Variable loads .....	43
6.2.4	Wind loads .....	43
6.2.5	Ice loads .....	47
6.2.6	Combined wind and ice loads .....	47
6.2.7	Temperature effects .....	48
6.2.8	Construction and maintenance loads .....	48

6.2.9	Accidental loads.....	48
6.2.10	Special actions .....	48
6.3	Types of structures and related load cases .....	49
6.3.1	Load cases and load combinations.....	49
6.3.2	Type of structures and application of load cases .....	50
6.3.3	Partial factors for actions .....	52
6.4	Design of cross-span supports and structures .....	53
6.4.1	Analysis of internal forces and moments .....	53
6.4.2	Analysis of resistance .....	54
6.4.3	Material partial factors .....	54
6.4.4	Verification of resistance.....	55
6.4.5	Verification of serviceability.....	55
6.4.6	Material for structures .....	55
6.4.7	Corrosion protection and finishes .....	56
6.5	Foundations.....	56
6.5.1	General .....	56
6.5.2	Design of foundations .....	56
6.5.3	Calculation of actions.....	57
6.5.4	Geotechnical design .....	57
6.5.5	Structural design.....	59
6.5.6	Partial factors for foundations .....	60
6.5.7	Verification of stability.....	60
6.5.8	Calculation of displacements.....	61
6.5.9	Materials for foundations.....	61
6.5.10	Structural details.....	62
6.5.11	Protection against corrosion and weathering .....	62
6.5.12	Electrical design .....	62
6.5.13	Installation of foundations .....	63
7	Component requirements.....	63
7.1	General .....	63
7.1.1	Design life .....	63
7.1.2	Component identification.....	64
7.1.3	Corrosion and erosion.....	64
7.2	Supporting assemblies.....	64
7.3	Contact wire .....	64
7.4	Other conductors and ropes.....	64
7.5	Tensioning devices .....	65
7.6	Mechanical midpoints .....	65
7.6.1	General .....	65
7.6.2	Catenary wire fixed points.....	65
7.6.3	Contact wire fixed points .....	65
7.7	Droppers .....	66
7.7.1	Mechanical requirements .....	66
7.7.2	Electrical requirements .....	66
7.8	Clamps and line fittings.....	66
7.8.1	Mechanical requirements .....	66
7.8.2	Electrical requirements .....	67
7.9	Electrical connectors .....	67
7.10	Insulators .....	67

7.11	Sectioning devices.....	67
7.11.1	Definition .....	67
7.11.2	Mechanical requirements .....	67
7.11.3	Electrical requirements .....	68
7.12	Disconnectors and drives.....	68
7.13	Protection devices .....	68
7.13.1	Covers and obstacles.....	68
7.13.2	Surge protection devices.....	68
7.14	Specific components for trolleybus systems .....	68
7.14.1	General .....	68
7.14.2	Turnouts and crossings.....	69
8	Testing .....	69
8.1	General .....	69
8.2	Support assemblies .....	69
8.2.1	Type test .....	69
8.2.2	Random sample test .....	78
8.2.3	Routine test .....	79
8.3	Contact wires.....	79
8.4	Other conductors .....	80
8.5	Tensioning devices .....	80
8.5.1	Tests required .....	80
8.5.2	Type tests for tensioning devices with balance weights.....	80
8.5.3	Type tests for tensioning device without balance weight .....	81
8.6	Mechanical midpoints .....	81
8.7	Droppers .....	82
8.7.1	Tests required .....	82
8.7.2	Mechanical fatigue test .....	82
8.7.3	Mechanical tests .....	83
8.8	Clamps, splices and other fittings.....	84
8.9	Electrical connectors .....	84
8.9.1	General .....	84
8.9.2	Mechanical fatigue tests.....	84
8.10	Insulators .....	85
8.11	Sectioning devices.....	85
8.11.1	Type test .....	85
8.11.2	Field test .....	86
8.11.3	Sample tests.....	86
8.11.4	Routine tests .....	87
8.12	Disconnectors and drives.....	87
8.13	Surge protection devices.....	87
8.14	Specific components for trolleybus systems .....	87
8.15	System test .....	87
8.15.1	Demonstration of conformity .....	87
8.15.2	Acceptance tests .....	88
8.15.3	Commissioning tests.....	88
9	Minimum documentation .....	89
9.1	General .....	89
9.2	System specification .....	89
9.3	Basic design .....	89

9.4	Installation design.....	89
9.5	Installation and maintenance.....	89
Annex A (informative)	Current-carrying capacity of conductors.....	90
Annex B (informative)	Structural details.....	91
Annex C (informative)	Geotechnical soil investigation and soil characteristics.....	92
Annex D (informative)	Information on uniformity of elasticity of OCL within a span length.....	94
Annex E (normative)	Special national conditions.....	95
	Bibliography.....	96
Figure 1	– Relationship between contact wire heights and pantograph operating position.....	35
Figure 2	– Position of return wire in relation to right-of-way.....	37
Figure 3	– Wind action on lattice steel structures.....	46
Figure 4	– Definition of drag factors for double channel structure.....	47
Figure 5	– Description of dimensions and minimum conductor lengths.....	76
Figure 6	– Potential measuring points at a connecting clamp and a butt joining clamp.....	77
Figure 7	– Potential measuring points at a T-type infeed terminal.....	77
Figure 8	– Example of a tensioning device measurement test.....	81
Figure 9	– Example of a dropper test cycle.....	83
Figure 10	– Example of a dropper tension test assembly.....	84
Figure 11	– Example of a test cycle for an electrical connection.....	85
Table 1	– Temperature limits for material mechanical properties.....	22
Table 2	– Electrical clearances.....	23
Table 3	– Clearance between differing phases.....	24
Table 4	– Contact force.....	27
Table 5	– Factor $K_{temp}$ for contact wires.....	28
Table 6	– Factor $K_{icewind}$ for contact wires.....	28
Table 7	– Factor $K_{temp}$ for stranded conductors.....	29
Table 8	– Factor $K_{wind}$ for stranded conductors.....	30
Table 9	– Factor $K_{ice}$ for stranded conductors.....	30
Table 10	– Factor $K_{radius}$ for ropes of non-conducting materials.....	32
Table 11	– Contact wire gradients.....	33
Table 12	– Important parameters to assist in the definition of tolerances and limits.....	39
Table 13	– Recommended values for factor $C_{str}$ for different structure types.....	47
Table 14	– Summary of load cases to be considered for each type of structures.....	52
Table 15	– Summary of partial factors for actions.....	53
Table 16	– Recommended values for partial factors $\gamma_M$ for steel material.....	54
Table 17	– Recommended values for partial factors $\gamma_M$ for concrete structures.....	54
Table 18	– Recommended values for partial factors $\gamma_M$ for foundations.....	60
Table 19	– Tightening torques $M_t$ for regularly used bolts.....	71
Table 20	– Examples of bolt connections.....	71
Table 21	– Assignment of the strength of bolt and nut.....	72

Table 22 – Conversion factor for tightening torques .....	72
Table 23 – Minimum conductor lengths .....	76
Table A.1 – Continuous current-carrying capacity of conductors and contact wires .....	90
Table B.1 – Recommended dimensions of connections and edge distances of jointing components .....	91
Table C.1 – Geotechnical characteristic parameters of some standard soils according to EN 50341-1:2001, Annex N for Europe .....	93
Table D.1 – Uniformity $u$ of elasticity .....	94
Table E.1 – Typical tolerances of overhead contact line system .....	95

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

### **RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRIC TRACTION OVERHEAD CONTACT LINES**

#### 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 60913 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 1988. It constitutes a technical revision of the initial standard based on European standard EN 50119.

The main technical changes with regard to the previous edition deal with:

- fundamental design data,
- system requirements,
- structures,
- components requirements,
- testing

for overhead contact line design.



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

FDIS	Report on voting
9/1745/FDIS	9/1773/RVD

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

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

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

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

## RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRIC TRACTION OVERHEAD CONTACT LINES

### 1 Scope

This International Standard applies to electric traction overhead contact line systems in heavy railways, light railways, trolley busses and industrial railways of public and private operators.

It applies to new installations of overhead contact line systems and for the complete reconstruction of existing overhead contact line systems.

This standard contains the requirements and tests for the design of overhead contact lines, requirements for structures and their structural calculations and verifications as well as the requirements and tests for the design of assemblies and individual parts.

This standard does not provide requirements for conductor rail systems where the conductor rails are located adjacent to the running rails.

### 2 Normative references

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

NOTE Normative references are made to ISO and IEC standards. For some necessary references, ISO and IEC standards do not exist. In these cases, references are made to European Standards which are normative for Europe according to EN 50119. For non-European countries these references are only informative and listed in the bibliography.

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

IEC 60071 (all parts), *Insulation co-ordination*

IEC 60099 (all parts), *Surge arresters*

IEC 60099-1, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

IEC 60099-4, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

IEC 60168, *Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*

IEC 60273, *Characteristics of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1 000 V*

IEC 60305, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – Characteristics of insulator units of the cap and pin type*

IEC 60383 (all parts), *Insulators for overhead lines with nominal voltage above 1 000 V*

IEC 60433, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic insulators for a.c. systems – Characteristics of insulator units of the long rod type*

IEC 60494 (all parts), *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests*

IEC 60494-1, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 1: Pantographs for mainline vehicles*

IEC 60494-2, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles*

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

IEC 60660, *Insulators – Tests on indoor post insulators of organic material for systems with nominal voltages greater than 1 000 V up to but not including 300 kV*

IEC 60672-1, *Ceramic and glass insulating materials – Part 1: Definitions and classification*

IEC 60672-2, *Ceramic and glass insulating materials – Part 2: Methods of test*

IEC 60672-3, *Ceramic and glass-insulating materials – Part 3: Specifications for individual materials*

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

IEC 60889, *Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors*

IEC 60947-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 61089, *Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors*

IEC 61109, *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61232, *Aluminium-clad steel wires for electrical purposes*

IEC/TR 61245, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on d.c. systems*

IEC 61284:1997, *Overhead lines – Requirements and tests for fitting*

IEC 61325, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Ceramic or glass insulator units for d.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61773, *Overhead lines – Testing of foundations for structures*

IEC 61952, *Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61992 (all parts), *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear*

IEC 61992-1, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 1: General*

IEC 61992-4, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 4: Outdoor d.c. disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches*

IEC 61992-5, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 5: Surge arresters and low-voltage limiters for specific use in d.c. systems*

IEC 62128 (all parts), *Railway applications – Fixed installations*

IEC 62128-1:2003, *Railway applications – Fixed installations – Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing*

IEC 62128-2:2003, *Railway applications – Fixed installations – Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems*

IEC 62236-2:2008, *Railway applications – Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world*

IEC 62271-102, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

IEC 62271-103:2011, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 103: Switches for rated voltages above 1 kV up to and including 52 kV*

IEC 62486, *Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)*

IEC 62497 (all parts), *Railway applications – Insulation coordination*

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

IEC 62497-2, *Railway applications – Insulation coordination – Part 2: Overvoltages and related protection*

IEC 62498-2, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 2: Fixed electrical installations*

IEC 62505 (all parts), *Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear*

IEC 62505-2, *Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear – Part 2: Single-phase disconnectors, earthing switches and switches with  $U_n$  above 1 kV*

IEC 62621, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Special requirements for composite insulators used for overhead contact line systems*

ISO 630 (all parts), *Structural steels*

ISO 898-1, *Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel – Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes – Coarse thread and fine pitch thread*

ISO 898-2:2012, *Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel – Part 2: Nuts with specified property classes – Coarse thread and fine pitch thread*

ISO 1461, *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*

ISO 2394, *General principles on reliability for structures*

ISO 3010:2001, *Basis for design of structures – Seismic actions on structures*

ISO 4354, *Wind actions on structures*

ISO 10721 (all parts), *Steel structures*

ISO/TR 11069:1995, *Aluminium structures – Material and design – Ultimate limit state under static loading*

ISO 14688-1, *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description*

ISO 14688-2, *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of soil – Part 2: Principles for a classification*

ISO 14689-1, *Geotechnical investigation and testing – Identification and classification of rock – Part 1: Identification and description*

ISO/TS 17892 (all parts), *Geotechnical investigation and testing – Laboratory testing of soil*

ISO 22475-1, *Geotechnical investigation and testing – Sampling methods and groundwater measurements – Part 1: Technical principles for execution*

ISO 22476-2, *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing*

ISO 22476-3, *Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 3: Standard penetration test*

ISO 23469:2005, *Bases for design of structures – Seismic actions for designing geotechnical works*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	106
1 Domaine d'application .....	108
2 Références normatives .....	108
3 Termes, définitions, symboles et abréviations .....	112
3.1 Systèmes .....	112
3.2 Conducteurs .....	113
3.3 Electricité .....	114
3.4 Géométrie .....	114
3.5 Fondations .....	115
3.6 Structures .....	116
3.7 Symboles et abréviations .....	116
4 Données de conception fondamentales .....	118
4.1 Généralités .....	118
4.2 Caractéristiques de la ligne .....	118
4.3 Conception du réseau d'énergie électrique .....	119
4.4 Caractéristiques des véhicules .....	119
4.5 Dispositifs de captage du courant .....	119
4.6 Conditions d'environnement .....	120
4.7 Durée de vie théorique .....	120
5 Exigences du système .....	120
5.1 Conception du système électrique .....	120
5.1.1 Généralités .....	120
5.1.2 Echauffement des conducteurs .....	120
5.1.3 Distances d'isolement entre les parties sous tension des lignes de contact et la terre .....	121
5.1.4 Distances d'isolement entre lignes de contact contiguës en courant alternatif de phases différentes .....	123
5.2 Conception des systèmes de captage de courant .....	123
5.2.1 Généralités .....	123
5.2.2 Elasticité et variation .....	124
5.2.3 Mouvement vertical du point de contact .....	124
5.2.4 Vitesse de propagation des ondes .....	125
5.2.5 Qualité du captage de courant .....	125
5.3 Conception mécanique des charges du fil de contact .....	127
5.3.1 Contrainte de traction admissible $\sigma_w$ .....	127
5.3.2 Température maximale $K_{temp}$ .....	127
5.3.3 Usure admissible $K_{wear}$ .....	127
5.3.4 Charges dues au vent et au givre $K_{icewind}$ .....	128
5.3.5 Efficacité des équipements tendeurs $K_{eff}$ .....	128
5.3.6 Pièces d'extrémité $K_{clamp}$ .....	128
5.3.7 Joints $K_{joint}$ .....	128
5.4 Conception mécanique des charges du câble porteur .....	128
5.4.1 Charge admissible à la traction $F_w$ .....	128
5.4.2 Température maximale $K_{temp}$ .....	129
5.4.3 Charges dues au vent $K_{wind}$ .....	129
5.4.4 Charges dues au givre $K_{ice}$ .....	129
5.4.5 Précision et efficacité des équipements tendeurs $K_{eff}$ .....	130

5.4.6	Pièces d'extrémité $K_{\text{clamp}}$ .....	130
5.4.7	Charge verticale supplémentaire $K_{\text{load}}$ .....	130
5.5	Conception mécanique des autres conducteurs toronnés .....	130
5.6	Conception mécanique des fils massifs .....	130
5.7	Conception mécanique des charges des câbles en matériaux non conducteurs .....	130
5.7.1	Généralités .....	130
5.7.2	Charge admissible à la traction $F_{\text{w}}$ .....	130
5.7.3	Charges dues au vent $K_{\text{wind}}$ .....	131
5.7.4	Charges dues au givre $K_{\text{ice}}$ .....	131
5.7.5	Pinces d'extrémité $K_{\text{clamp}}$ .....	131
5.7.6	Charges verticales $K_{\text{load}}$ .....	131
5.7.7	Rayon de courbure minimal $K_{\text{radius}}$ .....	131
5.8	Systèmes de suspension .....	131
5.9	Équipement tendeur .....	132
5.10	Géométrie de la ligne aérienne .....	132
5.10.1	Déflexion horizontale du fil de contact .....	132
5.10.2	Soulèvement .....	132
5.10.3	Variation de la hauteur du fil de contact .....	133
5.10.4	Hauteur minimale du fil de contact .....	133
5.10.5	Hauteur minimale théorique du fil de contact .....	133
5.10.6	Hauteur nominale du fil de contact .....	133
5.10.7	Hauteur maximale théorique du fil de contact .....	133
5.11	Disposition de la ligne de contact au dessus des aiguillages et des croisements .....	135
5.12	Dispositifs de sectionnement .....	135
5.13	Exigences spécifiques aux lignes aériennes de contact des trolleybus .....	135
5.13.1	Généralités .....	135
5.13.2	Caractéristiques de la ligne .....	136
5.13.3	Caractéristiques des véhicules .....	137
5.13.4	Système de captage du courant .....	137
5.13.5	Forces de contact statiques .....	137
5.13.6	Trolleybus à proximité de tramways .....	137
5.14	Tolérances et limites .....	138
6	Structures .....	139
6.1	Bases de conception .....	139
6.1.1	Généralités .....	139
6.1.2	Exigences fondamentales .....	139
6.1.3	Conception tenant compte des limites de structure .....	139
6.1.4	Classification des actions .....	140
6.1.5	Niveaux de fiabilité .....	140
6.1.6	Modèle pour l'analyse et la résistance structurelles .....	141
6.1.7	Valeurs de conception et méthodes de vérification .....	141
6.2	Actions sur les lignes aériennes de contact .....	142
6.2.1	Généralités .....	142
6.2.2	Charges permanentes .....	143
6.2.3	Charges variables .....	143
6.2.4	Charges dues au vent .....	143
6.2.5	Charges de givre .....	147

6.2.6	Charges combinées du vent et du givre .....	147
6.2.7	Effets de la température .....	148
6.2.8	Charges de construction et de maintenance .....	148
6.2.9	Charges accidentelles .....	148
6.2.10	Actions spéciales .....	148
6.3	Types de structures et cas de charge liés .....	149
6.3.1	Cas de charge et combinaisons de charge .....	149
6.3.2	Type de structures et application des cas de charge .....	150
6.3.3	Facteurs partiels pour les actions .....	153
6.4	Conception des supports et des structures transversales .....	155
6.4.1	Analyses des forces et des moments internes .....	155
6.4.2	Analyse de la résistance .....	155
6.4.3	Facteurs partiels de matériau .....	155
6.4.4	Vérification de la résistance .....	156
6.4.5	Vérification de l'aptitude au fonctionnement .....	156
6.4.6	Matériau pour les structures .....	156
6.4.7	Protection contre la corrosion et traitements de surface .....	157
6.5	Fondations .....	158
6.5.1	Généralités .....	158
6.5.2	Conception des fondations .....	158
6.5.3	Calcul des actions .....	158
6.5.4	Conception géotechnique .....	158
6.5.5	Conception structurelle .....	161
6.5.6	Facteurs partiels pour les fondations .....	162
6.5.7	Vérification de stabilité .....	162
6.5.8	Calcul des déplacements .....	163
6.5.9	Matériaux pour les fondations .....	163
6.5.10	Détails structurels .....	163
6.5.11	Protection contre la corrosion et l'altération .....	164
6.5.12	Conception électrique .....	164
6.5.13	Installation des fondations .....	164
7	Exigences pour les composants .....	165
7.1	Généralités .....	165
7.1.1	Durée de vie théorique .....	165
7.1.2	Identification des composants .....	166
7.1.3	Corrosion et érosion .....	166
7.2	Armements .....	166
7.3	Fil de contact .....	166
7.4	Autres câbles et conducteurs .....	166
7.5	Equipements tendeurs .....	167
7.6	Points médians mécaniques .....	167
7.6.1	Généralités .....	167
7.6.2	Porteur avec ancrage fixe .....	167
7.6.3	Fils de contact avec points fixes .....	168
7.7	Pendules .....	168
7.7.1	Exigences mécaniques .....	168
7.7.2	Exigences électriques .....	168
7.8	Pinces et accessoires de ligne .....	169
7.8.1	Exigences mécaniques .....	169



7.8.2	Exigences électriques .....	169
7.9	Raccords électriques .....	169
7.10	Isolateurs .....	169
7.11	Dispositifs de sectionnement .....	170
7.11.1	Définition .....	170
7.11.2	Exigences mécaniques .....	170
7.11.3	Exigences électriques .....	170
7.12	Sectionneurs et commandes .....	170
7.13	Dispositifs de protection.....	170
7.13.1	Protections et obstacles .....	170
7.13.2	Dispositifs de protection contre les surtensions .....	171
7.14	Composants spécifiques aux systèmes de trolleybus.....	171
7.14.1	Généralités .....	171
7.14.2	Aiguillages et croisements .....	171
8	Essais .....	171
8.1	Généralités .....	171
8.2	Armements .....	172
8.2.1	Essai de type .....	172
8.2.2	Essai sur prélèvement aléatoire .....	180
8.2.3	Essai individuel de série.....	182
8.3	Fils de contact .....	182
8.4	Autres conducteurs.....	182
8.5	Équipements tendeurs .....	183
8.5.1	Essais exigés.....	183
8.5.2	Essais de type des équipements tendeurs avec contrepoids .....	183
8.5.3	Essais de type des équipements tendeurs sans contrepoids .....	184
8.6	Points médians mécaniques .....	184
8.7	Pendules .....	184
8.7.1	Essais exigés.....	184
8.7.2	Essai de fatigue mécanique .....	184
8.7.3	Essais mécaniques .....	185
8.8	Pinces, jonctions et autres accessoires .....	186
8.9	Raccords électriques .....	186
8.9.1	Généralités .....	186
8.9.2	Essais de fatigue mécanique.....	186
8.10	Isolateurs .....	187
8.11	Dispositifs de sectionnement .....	187
8.11.1	Essais de type .....	187
8.11.2	Essai sur site .....	188
8.11.3	Essais sur prélèvement.....	189
8.11.4	Essais individuels de série .....	189
8.12	Sectionneurs et commandes .....	189
8.13	Dispositifs de protection contre les surtensions .....	189
8.14	Composants spécifiques aux trolleybus.....	189
8.15	Essai de système.....	190
8.15.1	Démonstration de conformité .....	190
8.15.2	Essais de recette .....	190
8.15.3	Essais de mise en service.....	191
9	Documentation minimale.....	191

9.1	Généralités .....	191
9.2	Spécification du système .....	191
9.3	Etude de base .....	191
9.4	Etude d'installation .....	191
9.5	Installation et maintenance .....	191
Annexe A (informative)	Courant admissible des conducteurs .....	192
Annexe B (informative)	Détails de la structure .....	193
Annexe C (informative)	Reconnaissance géotechnique et caractérisation des sols .....	194
Annexe D (informative)	Informations relatives à l'uniformité de l'élasticité des lignes Aériennes de Contact (LAC) sur une longueur de portée .....	196
Annexe E (normative)	Conditions nationales particulières .....	197
	Bibliographie .....	198
Figure 1	– Relation entre les hauteurs du fil de contact et la position du pantographe en service .....	134
Figure 2	– Position du fil de retour par rapport à l'emprise de la voie .....	136
Figure 3	– Action du vent sur les structures maillées en acier .....	146
Figure 4	– Définition des coefficients de traînée des doubles longerons .....	147
Figure 5	– Description des dimensions et des longueurs minimales du conducteur .....	178
Figure 6	– Points de mesure du potentiel à une pince de connexion et à un manchon d'aboutement .....	179
Figure 7	– Points de mesure du potentiel à une borne d'alimentation en T .....	180
Figure 8	– Exemple d'un essai de mesure d'un équipement tendeur .....	183
Figure 9	– Exemple d'un cycle d'essai de pendule .....	185
Figure 10	– Exemple d'un montage d'essai de traction de pendule .....	186
Figure 11	– Exemple d'un cycle d'essai d'un raccord électrique .....	187
Tableau 1	– Limites de température pour les propriétés mécaniques des matériaux .....	121
Tableau 2	– Distances d'isolement électrique .....	122
Tableau 3	– Distances d'isolement entre phases différentes .....	123
Tableau 4	– Force de contact .....	126
Tableau 5	– Facteur $K_{temp}$ pour fils de contact .....	127
Tableau 6	– Facteur $K_{icewind}$ pour fils de contact .....	128
Tableau 7	– Facteur $K_{temp}$ pour conducteurs toronnés .....	129
Tableau 8	– Facteur $K_{wind}$ pour conducteurs toronnés .....	129
Tableau 9	– Facteur $K_{ice}$ pour conducteurs toronnés .....	129
Tableau 10	– Facteur $K_{radius}$ pour câbles en matériaux non conducteurs .....	131
Tableau 11	– Pentés des fils de contact .....	133
Tableau 12	– Paramètres importants pour aider à la définition des tolérances et des limites .....	138
Tableau 13	– Valeurs recommandées du facteur $C_{str}$ pour divers types de structure .....	147
Tableau 14	– Résumé des cas de charge à prendre en compte pour chaque type de structures .....	153
Tableau 15	– Résumé des facteurs partiels pour les actions .....	154
Tableau 16	– Facteurs partiels recommandés $\gamma_M$ pour l'acier .....	155

Tableau 17 – Facteurs partiels recommandés $\gamma_M$ pour les structures en béton.....	156
Tableau 18 – Facteurs partiels recommandés $\gamma_M$ pour les fondations .....	162
Tableau 19 – Couples de serrage $M_t$ pour boulon usuel.....	173
Tableau 20 – Exemples de boulonnerie .....	174
Tableau 21 – Classe de résistance de la boulonnerie.....	174
Tableau 22 – Facteurs de conversion pour les couples de serrage.....	174
Tableau 23 – Longueurs minimales du conducteur .....	179
Tableau A.1 – Courant permanent admissible des conducteurs et des fils de contact.....	192
Tableau B.1 – Dimensions recommandées des connexions et distances aux bords des pièces de raccords .....	193
Tableau C.1 – Caractéristiques géotechniques de quelques sols standards selon la EN 50341-1:2001, Annexe N pour l'Europe.....	195
Tableau D.1 – Uniformité $u$ de l'élasticité.....	196
Tableau E.1 – Tolérances typiques d'un système de ligne aérienne de contact .....	197

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – LIGNES AÉRIENNES DE CONTACT POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60913 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1988. Elle constitue une révision technique de la norme initiale fondée sur la norme européenne EN 50119.

Les principaux changements techniques par rapport à l'édition précédente concernent:

- des données de conception fondamentales,
- des exigences du système,
- des structures,
- des exigences pour les composants,
- des essais

pour la conception des lignes aériennes de contact.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1745/FDIS	9/1773/RVD

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

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

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

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

## APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – LIGNES AÉRIENNES DE CONTACT POUR LA TRACTION ÉLECTRIQUE

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique aux lignes aériennes de contact de traction électrique des réseaux ferrés lourds et légers, des trolleybus ainsi qu'aux réseaux industriels, que le réseau soit privé ou public.

La norme s'applique aux nouvelles constructions de lignes aériennes de contact ainsi qu'à la rénovation de parties de lignes déjà existantes.

La présente Norme internationale contient les exigences et les essais pour la conception des lignes aériennes de contact, des exigences pour les structures ainsi que leurs calculs et vérifications, de même que les exigences et les essais pour la conception des ensembles et des parties individuelles.

Cette norme ne donne pas d'exigences pour les systèmes à rail de contact lorsque les rails de contact sont adjacents aux rails de circulation.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Les références normatives incluent des normes ISO et CEI. Parfois, les références nécessaires ne figurent pas dans les normes ISO et CEI. Dans ce cas, il est fait référence à des Normes Européennes qui sont normatives pour l'Europe, selon la norme EN 50119. Pour les pays non européens, ces références sont fournies uniquement à titre d'information et sont répertoriées dans la bibliographie.

CEI 60050-811, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60071 (toutes les parties), *Coordination de l'isolement*

CEI 60099 (toutes les parties), *Parafoudres*

CEI 60099-1, *Parafoudres – Partie 1: Parafoudres à résistance variable avec éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60099-4, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60168, *Essais des supports isolants d'intérieur et d'extérieur, en matière céramique ou en verre, destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V*

CEI 60273, *Caractéristiques des supports isolants d'intérieur et d'extérieur destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V*

CEI 60305, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Eléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour systèmes à courant alternatif – Caractéristiques des éléments d'isolateurs du type capot et tige*

CEI 60383 (toutes les parties), *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V*

CEI 60433, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Isolateurs céramiques pour systèmes à courant alternatif – Caractéristiques des éléments de chaînes d'isolateurs à fût long*

CEI 60494 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et essais*

CEI 60494-1, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et essais – Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes*

CEI 60494-2, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et essais – Partie 2: Pantographes pour métros et véhicules légers*

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

CEI 60660, *Isolateurs – Essais des supports isolants d'intérieur en matière organique destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V jusqu'à 300 kV non compris*

CEI 60672-1, *Matériaux isolants à base de céramique ou de verre – Partie 1: Définitions et classification*

CEI 60672-2, *Matériaux isolants à base de céramique ou de verre – Partie 2: Méthodes d'essai*

CEI 60672-3, *Matériaux isolants à base de céramique ou de verre – Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers*

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

CEI 60889, *Fil d'aluminium écroui dur pour conducteurs de lignes aériennes*

CEI 60947-1, *Appareillage à basse tension – Partie 1: Règles générales*

CEI 61089, *Conducteurs pour lignes aériennes à brins circulaires, câbles en couches concentriques*

CEI 61109, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage destinés aux systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 61232, *Fils d'acier revêtus d'aluminium pour usages électriques*

CEI/TR 61245, *Essais de pollution artificielle sur isolateurs haute tension destinés aux réseaux à courant continu*

CEI 61284:1997, *Lignes aériennes – Exigences et essais pour le matériel d'équipement*

CEI 61325, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Eléments d'isolateurs en céramique ou en verre pour systèmes à courant continu – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 61773, *Lignes aériennes – Essais de fondations des supports*

CEI 61952, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites rigides à socle pour systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 61992 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu*

CEI 61992-1, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 1: Généralités*

CEI 61992-4, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 4: Interrupteurs-sectionneurs, sectionneurs et sectionneurs de terre à courant continu, pour usage extérieur*

CEI 61992-5, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 5: Parafoudres limiteurs de tension pour usage spécifique dans les systèmes de traction à courant continu*

CEI 62128 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Installations fixes*

CEI 62128-1:2003, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Partie 1: Mesures de protection relatives à la sécurité électrique et à la mise à la terre*

CEI 62128-2:2003, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu*

CEI 62236-2:2008, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 2: Emission du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur*

CEI 62271-102, *Appareillage à haute tension – Partie 102: Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif*

CEI 62271-103:2011, *Appareillage à haute tension – Partie 103: Interrupteurs pour tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

CEI 62486, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)*

CEI 62497 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement*

CEI 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*

CEI 62497-2, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 2: Surtensions et protections associées*

CEI 62498-2, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 2: Installations électriques fixes*



CEI 62505 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif*

CEI 62505-2, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Exigences particulières pour appareillage à courant alternatif – Partie 2: Sectionneurs monophasés, sectionneurs de terre et commutateurs avec  $U_n$  supérieur à 1 kV*

CEI 62621, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Exigences particulières pour les isolateurs composites destinés aux réseaux de lignes aériennes de contact*

ISO 630 (toutes les parties), *Aciers de construction*

ISO 898-1, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié – Partie 1: Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées – Filetages à pas gros et filetages à pas fin*

ISO 898-2:2012, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié – Partie 2: Ecrous de classes de qualité spécifiées – Filetage à pas gros et filetages à pas fins*

ISO 1461, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai*

ISO 2394, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 3010:2001, *Bases du calcul des constructions – Actions sismiques sur les structures*

ISO 4354, *Actions du vent sur les structures*

ISO 10721 (toutes les parties), *Structures en acier*

ISO/TR 11069:1995, *Structures en aluminium – Matériaux et conception – État limite ultime sous charge statique*

ISO 14688-1, *Reconnaissance et essais géotechniques – Dénomination, description et classification des sols – Partie 1: Dénomination et description*

ISO 14688-2, *Reconnaissance et essais géotechniques – Dénomination, description et classification des sols – Partie 2: Principes pour une classification*

ISO 14689-1, *Reconnaissance et essais géotechniques – Dénomination, description et classification des roches – Partie 1: Dénomination et description*

ISO/TS 17892, *Reconnaissance et essais géotechniques – Essais de laboratoire sur les sols*

ISO 22475-1, *Reconnaissance et essais géotechniques – Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques – Partie 1: Principes techniques des travaux*

ISO 22476-2, *Reconnaissance et essais géotechniques – Essais en place – Partie 2: Essais de pénétration dynamique*

ISO 22476-3, *Reconnaissance et essais géotechniques – Essais en place – Partie 3: Essai de pénétration au carottier*

ISO 23469:2005, *Bases du calcul des constructions – Actions sismiques pour le calcul des ouvrages géotechniques*