



IEC 60913

Edition 2.0 2013-03

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 σ_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 γ_M for steel material.....	54
Table 17	– Recommended values for partial factors γ_M for concrete structures.....	54
Table 18	– Recommended values for partial factors γ_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 σ_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_{clamp}	130
5.4.7	Charge verticale supplémentaire K_{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_{w}	130
5.7.3	Charges dues au vent K_{wind}	131
5.7.4	Charges dues au givre K_{ice}	131
5.7.5	Pinces d'extrémité K_{clamp}	131
5.7.6	Charges verticales K_{load}	131
5.7.7	Rayon de courbure minimal K_{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 γ_M pour l'acier	155

Tableau 17 – Facteurs partiels recommandés γ_M pour les structures en béton.....	156
Tableau 18 – Facteurs partiels recommandés γ_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	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*