

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-0736-9

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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Basis for insulation coordination	12
4.1 Basic principles	12
4.1.1 General	12
4.1.2 Insulation coordination with regard to voltage	12
4.1.3 Insulation coordination with regard to environmental conditions.....	13
4.2 Voltages and voltage ratings	13
4.2.1 General	13
4.2.2 Rated insulation voltage (U_{Nm})	13
4.2.3 Rated impulse voltage (U_{Ni}).....	14
4.3 Time under voltage stress	15
4.4 Pollution.....	15
4.5 Insulating material.....	15
4.5.1 General	15
4.5.2 Comparative tracking index (CTI)	16
5 Requirements and dimensioning rules for clearances	16
5.1 General.....	16
5.2 Minimum clearances.....	17
5.2.1 Functional insulation.....	17
5.2.2 Basic and supplementary insulation.....	17
5.2.3 Reinforced insulation.....	17
5.3 Contingency	17
5.4 Clearances for altitudes higher than 2 000 m.....	17
6 Dimensioning rules for creepage distances.....	18
6.1 General.....	18
6.2 Minimum creepage distances	18
6.2.1 Functional, basic and supplementary insulations	18
6.2.2 Reinforced insulation	18
7 Tests and measurements	18
7.1 General.....	18
7.2 Measurement of creepage distances and clearances.....	19
7.2.1 Method and values	19
7.2.2 Acceptance criteria.....	19
7.3 Verification of clearances by impulse test.....	19
7.3.1 Method and values	19
7.3.2 Test acceptance criteria	20
7.4 Verification of clearances by power-frequency test	20
7.4.1 Method and values	20
7.4.2 Test acceptance criteria	20

7.5	Verification of clearances by d.c. voltage test.....	20
7.5.1	Method and values	20
7.5.2	Test acceptance criteria	20
8	Specific requirements for applications in the railway field	20
8.1	General	20
8.2	Specific requirements for signalling	21
8.2.1	Overvoltage categories	21
8.2.2	Rated impulse voltages	21
8.2.3	Induced voltages	21
8.2.4	Installation instructions	22
8.2.5	Pollution degrees.....	22
8.3	Specific requirements for rolling stock	22
8.3.1	Determination of the rated impulse voltage U_{Ni} by method 1.....	22
8.3.2	Creepage distances.....	22
8.3.3	Roof installations.....	22
8.4	Specific requirements for fixed installations	23
8.4.1	Determination of the rated impulse voltage U_{Ni} by method 1.....	23
8.4.2	Distances of outdoor insulators.....	23
	Annex A (normative) Tables.....	24
	Annex B (normative) Provisions for type and routine dielectric tests for equipment	33
	Annex C (normative) Methods of measuring creepage distances and clearances	35
	Annex D (normative) Correlation between U_n and U_{Nm}	41
	Annex E (informative) Macro-environmental conditions	42
	Annex F (informative) Application guide	43
	Bibliography.....	54
	Figure F.1 – Determination of minimum clearances and creepage distances.....	45
	Figure F.2 – Example for types of insulation	49
	Figure F.3 – Monitoring circuit showing examples of sections	51
	Figure F.4 – Drawing of monitoring device	51
	Table A.1 – Rated impulse voltage U_{Ni} for low voltage circuits not powered directly by the contact line	24
	Table A.2 – Rated impulse voltages (U_{Ni}) for circuits powered by the contact line and for traction power circuits in thermo-electric driven vehicles.....	25
	Table A.3 – Minimum clearances in air (in mm) for the standard altitude ranges based on the rated impulse voltage U_{Ni}	26
	Table A.4 – Definition of pollution degrees.....	27
	Table A.5 – Minimum creepage distances (in mm) based on rated insulation voltage U_{Nm} up to 1 000 V for printed wiring material and associated components.....	28
	Table A.6 – Minimum creepage distances (in mm) for low values of rated insulation voltage U_{Nm} for materials other than printed wiring material	29
	Table A.7 – Minimum creepage distances (in mm/kV) for high values of rated insulation voltage U_{Nm}	30

Table A.8 – Test voltages for verifying clearances in air for an altitude of 2 000 m above sea level at atmospheric and altitude reference conditions, not to be used for routine dielectric tests	31
Table A.9 – Altitude correction factors for clearances in circuits with U_{Ni} up to and including 60 kV when equipment is intended to be used above 2 000 m	32
Table A.10 – Altitude correction factors for clearances in circuits with U_{Ni} higher than 60 kV when equipment is intended to be used above 2 000 m	32
Table B.1 – Dielectric test for equipments – Short-duration power-frequency (a.c.) test levels U_a (kV r.m.s.) based on the rated impulse voltage U_{Ni} (kV)	34
Table C.1 – Minimum dimensions of grooves	35
Table D.1 – Correlation between nominal voltages of the railway power distribution system and the required insulation voltages for circuits of equipment which are intended to be connected to these systems	41
Table F.1 – Example for the determination of clearances and creepage distances	52

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
INSULATION COORDINATION –****Part 1: Basic requirements –
Clearances and creepage distances
for all electrical and electronic equipment****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.

This consolidated version of IEC 62497-1 consists of the first edition (2010) [documents 9/1335/FDIS and 9/1358/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 9/1758/FDIS and 9/1782/RVD]. It bears the edition number 1.1.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

International Standard IEC 62497-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is based on EN 50124-1.

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

A list of all parts of IEC 62497, under the general title *Railway applications – Insulation coordination*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

INTRODUCTION

Special conditions occurring in railway applications and the fact that the equipment here concerned falls into the scope of both IEC 60071 (prepared by IEC technical committee 28) and IEC 60664-1 (prepared by IEC technical committee 109), led to the decision to draw from these documents and from IEC 60077-1 (prepared by IEC technical committee 9), a single document of reference for all standards applicable to the whole railway field.

IEC 62497 consists of two parts:

- IEC 62497-1: Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment;
- IEC 62497-2: Part 2: Overvoltages and related protection.

This Part 1 allows, in conjunction with IEC 62497-2, to take into account advantages resulting from the presence of overvoltage protection when dimensioning clearances.

RAILWAY APPLICATIONS – INSULATION COORDINATION –

Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment

1 Scope

This part of IEC 62497 deals with insulation coordination in railways. It applies to equipment for use in signalling, rolling stock and fixed installations ~~up to 2 000 m above sea level~~.

Insulation coordination is concerned with the selection, dimensioning and correlation of insulation both within and between items of equipment. In dimensioning insulation, electrical stresses and environmental conditions are taken into account. For the same conditions and stresses these dimensions are the same.

An objective of insulation coordination is to avoid unnecessary overdimensioning of insulation.

This standard specifies:

- requirements for clearances and creepage distances for equipment;
- general requirements for tests pertaining to insulation coordination.

The term equipment relates to a section as defined in 3.3; it may apply to a system, a sub-system, an apparatus, a part of an apparatus, or a physical realisation of an equipotential line.

This standard does not deal with :

- distances through solid or liquid insulation;
- distances through gases other than air;
- distances through air not at atmospheric pressure;
- equipment used under extreme conditions.

Product standards have to align with this generic standard.

However, they may require, with justification, different requirements due to safety and/or reliability reasons, e.g. for signalling, and/or particular operating conditions of the equipment itself, e. g. overhead lines which have to comply to established standards or regulations such as EN 50119.

This standard also gives provisions for dielectric tests (type tests or routine tests) on equipment (see Annex B).

NOTE For safety critical systems, specific requirements are needed. These requirements are given in the product specific signalling standard IEC 62425.

2 Normative references

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

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60507, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems*

IEC 60587, *Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion*

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

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

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

IEC 61992-1:2006, *Railway applications – Fixed installations – DC switchgear – Part 1: General*

IEC 62236 (all parts), *Railway applications – Electromagnetic compatibility*

EN 50119, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

3 Terms and definitions

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

NOTE For the purpose of this standard the following definitions apply according to the following priority order:

- the definition given here-under;
- the definition given in IEC 60664-1;
- the definition given in the documents mentioned in Clause 2 other than IEC 60664-1.

3.1

clearance

the shortest distance in air between two conductive parts

3.2

creepage distance

the shortest distance along the surface of the insulating material between two conductive parts

3.3

sections

3.3.1

section

part of an electrical circuit having its own voltage ratings for insulation coordination

Sections fall into two categories:

3.3.2

earthed section

a section connected to earth or to the car body through a circuit for which interruption is not expected

3.3.3**floating section**

a section isolated from earth or from the car body

NOTE 1 A section may be under electrical influence of adjacent sections.

NOTE 2 A particular point of a circuit may be considered as a section.

3.4**voltages****3.4.1****nominal voltage (U_n)**

a suitable approximate voltage value used to designate or identify a given supply system

3.4.2**working voltage**

the highest r.m.s value of the a.c or d.c voltage which can occur between two points across any insulation, each circuit likely to influence the said r.m.s. value being supplied at its maximum permanent voltage

NOTE Permanent means that the voltage lasts more than 5 min, as U_{max1} in IEC 60850.

3.4.3**rated voltage**

the value of voltage assigned by the manufacturer to a component, device or equipment and to which operation and performance characteristics are referred

NOTE Equipment may have more than one rated voltage value or may have a rated voltage range.

3.4.4**rated insulation voltage (U_{Nm})**

an r.m.s. withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or a part of it, characterising the specified permanent (over 5 min) withstand capability of its insulation

NOTE 1 U_{Nm} is a voltage between a live part of equipment and earth or another live part. For rolling stock, earth refers to the car body.

NOTE 2 For circuits, systems and sub-systems in railway applications this definition is preferred to "highest voltage for equipment" which is widely used in international standards.

NOTE 3 U_{Nm} is higher than or equal to the working voltage. As a consequence, for circuits directly connected to the contact line, U_{Nm} is equal to or higher than U_{max1} as specified in IEC 60850.

NOTE 4 U_{Nm} is not necessarily equal to the rated voltage which is primarily related to functional performance.

3.4.5**working peak voltage**

the highest value of voltage which can occur in service across any particular insulation

3.4.6**recurring peak voltage**

the maximum peak value of periodic excursions of the voltage waveform resulting from distortions of an a.c. voltage or from a.c. components superimposed on a d.c. voltage

NOTE Random overvoltages, for example due to occasional switching, are not considered to be recurring peak voltages.

3.4.7**rated impulse voltage (U_{Ni})**

an impulse voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or a part of it, characterising the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages

NOTE U_{Ni} is higher than or equal to the working peak voltage.

3.5 overvoltages

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

3.5.1 temporary overvoltage

an overvoltage of relatively long duration due to voltage variations

NOTE A temporary overvoltage is independent of the network load. It is characterised by a voltage/time curve.

3.5.2 transient overvoltage

a short duration overvoltage of a few milliseconds or less due to current transfers

NOTE A transient overvoltage depends on the network load. It cannot be characterised by a voltage/time curve. Basically, a transient overvoltage is the result of a current transfer from a source to the load (network).

Two particular transient overvoltages are defined:

3.5.3 switching overvoltage

the transient overvoltage at any point of the system due to specific switching operation or fault

3.5.4 lightning overvoltage

the transient overvoltage at any point of the system due to a specific lightning discharge.

NOTE The definitions of 3.5 are similar to those of IEC 60664-1 and IEC 60850.

However, the prevalence of the nature of the cause (voltage variations or current transfer) upon time, for segregating transient overvoltages from temporary ones, is clearly stated here (whereas the nature of the cause is not considered in IEC 60664-1).

Long-term (typically 20 ms to typically 1 s) overvoltages defined in IEC 60850, dedicated to contact line networks, are equivalent to temporary overvoltages.

3.6 insulations

3.6.1 functional insulation

the insulation between conductive parts which is necessary only for the proper functioning

3.6.2 basic insulation

the insulation applied to live parts to provide basic protection against electric shock

3.6.3 supplementary insulation

an independent insulation applied in addition to basic insulation, in order to provide protection against electric shock in the event of failure of basic insulation

3.6.4 double insulation

an insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

3.6.5 reinforced insulation

a single insulation system applied to live parts, which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

NOTE The term "a single insulation system" does not imply that the insulation involves one homogeneous piece. It may involve several layers which cannot be tested singly as basic and supplementary insulation.

4 Basis for insulation coordination

4.1 Basic principles

4.1.1 General

Insulation coordination implies the selection of the electric insulation characteristic of the equipment with regard to its application and in relation to its surroundings.

Insulation coordination can only be achieved if the design of the equipment is based on the stresses to which it is likely to be subjected during its anticipated lifetime.

4.1.2 Insulation coordination with regard to voltage

4.1.2.1 General

Consideration shall be given to:

- the voltages which can appear in the system;
- the voltages generated by the equipment (which could adversely affect other equipment in the system);
- the degree of the expected availability of the equipment;
- the safety of persons and property, so that the probability of undesired incidents due to voltage stresses do not lead to an unacceptable risk of harm;
- the safety of functions for control and protection systems;
- voltages induced in track-side cables;
- the shape of insulating surfaces;
- the orientation and the location of creepage distances;
- if necessary: the altitude that applies.

4.1.2.2 Insulation coordination with regard to permanent a.c. or d.c. voltages

Insulation coordination with regard to permanent voltages is based on:

- rated voltage;
- rated insulation voltage;
- working voltage.

Unless otherwise specified in product standards, permanent voltages last more than five minutes.

4.1.2.3 Insulation coordination with regard to transient overvoltage

Insulation coordination with regard to transient overvoltage is based on controlled overvoltage conditions. There are two kinds of control:

- inherent control: the condition within an electrical system wherein the characteristics of the system can be expected to limit the prospective transient overvoltages to a defined level;
- protective control: the condition within an electrical system wherein specific overvoltage attenuating means can be expected to limit the prospective transient overvoltages to a defined level.

NOTE 1 Overvoltages in large and complex systems such as overhead lines subjected to multiple and variable influences can only be assessed on a statistical basis. This is particularly true for overvoltages of atmospheric origin and applies whether the controlled condition is achieved as a consequence of inherent control or by means of protective control.

NOTE 2 A probabilistic analysis is recommended to assess whether inherent control exists or whether protective control is needed.

NOTE 3 The specific overvoltage attenuating means may be a device having means for storage or dissipation of energy and, under defined conditions, capable of harmlessly dissipating the energy of overvoltages expected at the location.

EXAMPLE of inherent control: Control ensured by flash-over across insulators or spark gap horns on overhead lines.

EXAMPLE of protective control: Control ensured by the filter of a locomotive on the downstream circuit, provided that no switching overvoltage source is likely to perturb the said circuit.

Insulation coordination uses a preferred series of values of rated impulse voltage: it consists of the values listed in the first column of the Table A.3.

4.1.2.4 Insulation coordination with regard to recurring peak voltage

Consideration shall be given to the extent partial discharges can occur in solid insulation or along surfaces of insulation.

4.1.3 Insulation coordination with regard to environmental conditions

The micro-environmental conditions for the insulation shall be taken into account as classified by the pollution degree.

The micro-environmental conditions depend primarily on the macro-environmental conditions in which the equipment is located and in many cases the environments are identical. However, the micro-environment can be better or worse than the macro-environment where, for example, enclosures, heating, ventilation or dust influence the micro-environment.

NOTE Protection by enclosures provided according to classes specified in IEC 60529 does not necessarily improve the micro-environment with regard to pollution.

4.2 Voltages and voltage ratings

4.2.1 General

For determining the working voltage of a floating section, it is considered that a connection is made to earth or to another section, so as to produce the worst case.

It is recommended to avoid floating sections in high voltage systems.

The voltages in this subclause 4.2 are "required voltages" that would be specified for a particular application. These are different from rated voltages that are stated by a manufacturer for a product.

Rated voltages are defined for each section of a circuit.

4.2.2 Rated insulation voltage (U_{Nm})

The rated insulation voltage required as a minimum for a section is equal to the highest working voltage appearing within the section, or produced by adjacent sections.

Stresses shorter than 5 min (e.g. $U_{\max 2}$ as defined in IEC 60850) may be taken into account case by case, considering in particular the interval between such stresses.

4.2.3 Rated impulse voltage (U_{Ni})

4.2.3.1 General

The rated impulse voltage required as a minimum for a section is determined either by method 1 or by method 2.

In inherent control, method 1 should be used.

In protective control, method 1 and method 2 may be used.

4.2.3.2 Method 1

Method 1 is based on rated insulation voltages and overvoltage categories.

The relation between rated insulation voltages and nominal voltages commonly used in railway applications is given in Table D.1 of Annex D.

Method 1 uses four overvoltage categories to characterise the exposure of the equipment to overvoltages.

- OV1: Circuits which are protected against external and internal overvoltages and in which only very low overvoltages can occur because:
 - they are not directly connected to the contact line;
 - they are being operated indoor;
 - they are within an equipment or device;
- OV2: The same as OV1, but with harsher overvoltage conditions and/or higher requirements concerning safety and reliability;
- OV3: The same as OV4, but with less harsh overvoltage conditions and/or lower requirements concerning safety and reliability;
- OV4: Circuits which are not protected against external or internal overvoltages (e.g. directly connected to the contact or outside lines) and which may be endangered by lightning or switching overvoltages.

Further details for specific applications are given in Clause 8.

In method 1, the rated impulse voltage required as a minimum for a section is determined as follows:

- For low voltage circuits not powered directly by the contact line, the rated impulse voltage is given by Table A.1;
- For circuits powered by the contact line and for traction power circuits in thermo-electric driven vehicles the rated impulse voltage is given by Table A.2.

When a specific protection against overvoltages is involved, the choice of the overvoltage category is linked to this protective device.

4.2.3.3 Method 2

In method 2, the rated impulse voltage required as a minimum for a section is equal to the working peak voltage appearing within the section, or produced by adjacent sections.

4.2.3.4 Contingency

No contingency is to be applied to the rated impulse voltage, whatever the method.

4.3 Time under voltage stress

With regard to creepage distances, the time under voltage stress influences the number of drying-out incidents capable of causing surface electrical discharge with energy high enough to entail tracking. The number of drying-out incidents is considered to be sufficiently large to cause tracking:

- in equipment intended for continuous use and not generating in its interior sufficient heat for drying-out;
- in equipment on the input side of a switch and between the line and load (input and output) terminals of a switch supplied directly from the low-voltage mains;
- in equipment subject to condensation for long periods and frequently switched on and off.

The creepage distances shown in Tables A.5, A.6 and A.7 have been determined for insulation intended to be under continuous voltage stress for a long time.

4.4 Pollution

The micro-environment determines the effect of pollution on the insulation. The macro-environment, however, has to be taken into account when considering the micro-environment.

Means may be provided to reduce pollution at the insulation under consideration by effective use of enclosures, encapsulation or hermetic sealing. Such means to reduce pollution may not be effective when the equipment is subject to condensation or if, in normal operation, it generates pollutants itself.

Small clearances can be bridged completely by solid particles, dust and water and therefore minimum clearances are specified where pollution may be present in the micro-environment.

NOTE 1 Pollution will become conductive in the presence of humidity. Pollution caused by contaminated water, soot, metal or carbon dust is inherently conductive.

NOTE 2 Conductive pollution by ionized gasses and metallic deposits occurs only on specific instances, for example in arc chambers of switchgear or controlgear, and is not covered by this standard.

For the purpose of evaluating creepage distances and clearances, seven degrees of pollution PD1, PD2....PD4B are established according to Table A.4.

NOTE 3 The seven pollution degrees were derived from IEC 60664-1, IEC 60815 and IEC 60077-1, but some definitions are not identical. The main reason is that PD4 of IEC 60664-1 and IEC 60077-1 had to be broken down into PD3A, PD4, PD4A and PD4B of this standard to cover railway applications and experience. Nevertheless, the definitions given in this standard are consistent with those of IEC 60077-1 when the pollution degree is strictly identical.

The classification considers micro-environmental conditions only. However, macro-environmental conditions should not be ignored. Annex E gives some guidance when trying to define the relevant PD to be applied to a practical case.

4.5 Insulating material

4.5.1 General

External high voltage insulators shall comply with their relevant product standards. Additional compliance to this standard is not required.

4.5.2 Comparative tracking index (CTI)

4.5.2.1 Insulating materials can be roughly characterised according to the damage they suffer from concentrated release of energy during electrical discharge when a surface leakage current is interrupted due to drying of the contaminated surface. The following behaviour of insulating materials in the presence of electrical discharge can occur:

- decomposition of the insulating material;
- the wearing away of the insulating material by action of electrical discharges (electrical erosion);
- the progressive formation of conductive paths which are produced on the surface of solid insulating material due to the combined effects of electric stress and electrolytic contamination on the surface (tracking).

NOTE Tracking or erosion will occur when:

- a liquid film carrying the surface leakage current breaks, and
- the applied voltage is sufficient to break down the small gap formed when the film breaks, and
- the current is above a limiting value which is necessary to provide sufficient energy locally to thermally decompose the insulating material beneath the film.

Deterioration increases with the time for which the current flows.

4.5.2.2 A method of classification for insulating materials according to 4.5.2.1 does not exist. The behaviour of the insulating material under various contaminants and voltages is extremely complex. Under these conditions many of the materials may exhibit two, or even three of the characteristics stated. A direct correlation with the material groups of 4.5.2.3 is not practical. However, it has been found by experience and tests that insulating materials having a higher relative performance also have approximately the same relative ranking according to the comparative tracking index (CTI). Therefore, this standard uses the CTI values to categorise insulation materials.

4.5.2.3 Materials are separated into four groups according to either their CTI values as defined in IEC 60112 or their class as determined by IEC 60587 tests.

Material Group I	$600 \leq \text{CTI}$	or	class 1A4.5
Material Group II	$400 \leq \text{CTI} < 600$	or	class 1A3.5
Material Group IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$	or	class 1A2.5
Material Group IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$	or	class 1A0

The CTI values above refer to values obtained, in accordance with IEC 60112, on samples specifically made for the purpose and tested with solution A.

NOTE 1 The proof-tracking index (PTI) is also used to identify the tracking characteristics of materials. A material may be included in one of the four groups given above on the basis that its PTI, established by the method of IEC 60112 using solution A, is equal to or greater than the lower value specified for the group.

NOTE 2 Equivalence between CTI and classes has not been demonstrated.

5 Requirements and dimensioning rules for clearances

5.1 General

Clearances shall be dimensioned to withstand the voltages referred to in 5.2, taking into account all the parameters affecting breakdown of insulation during the whole life of the equipment.

For correct measurement of clearances, the requirements of Clause 7 apply.

The clearances given in Table A.3 apply to altitudes up to 2 000 m above sea level. For higher altitudes correction methods are given in 5.4.

5.2 Minimum clearances

5.2.1 Functional insulation

Minimum clearances for functional insulation are based on the rated impulse voltage, according to Table A.3, for altitudes higher than 2 000 m clearances shall be increased in accordance with 5.4.

A smaller value may be adopted, in particular in case of homogeneous fields. The decreased distance shall withstand the required rated impulse voltage U_{Ni} . Its compliance shall be verified by test. The test voltage is the value of U_i , U_{ac} or U_{dc} of Table A.8 for a distance equal to the minimum clearance according to Table A.3.

5.2.2 Basic and supplementary insulation

Minimum clearances for basic and supplementary insulation are based on the rated impulse voltage, according to Table A.3, for altitudes higher than 2 000 m clearances shall be increased in accordance with 5.4.

Smaller values are not allowed.

5.2.3 Reinforced insulation

When dimensioning reinforced insulation, 5.2.2 applies with the following modification: the rated impulse voltage shall be 160 % of the rated impulse voltage required for basic insulation.

Smaller values are not allowed.

5.3 Contingency

Attention is drawn to the fact that a higher value of U_{Ni} may be determined by EMC test requirements as those given in IEC 62236 series.

In addition, applications may require larger clearances in order to take account of the following:

- atmospheric conditions, special pollution risks, high humidity;
- ionised environment;
- installation conditions;
- connections;
- human safety;
- variations in production, in maintenance;
- ageing in service;
- failure situations and other exceptional cases;
- kinematic conditions, electromechanical forces;
- if necessary: the altitude that applies;
- bacteria, biological and chemical substances;
- whiskers (hair shaped metal bodies growing from the metal surface);
- etc.

5.4 Clearances for altitudes higher than 2 000 m

The clearances given in Table A.3 apply for use up to 2 000 m above sea level. For altitudes higher than 2 000 m the clearances given in Table A.3 shall be increased.

For circuits with rated impulse voltage U_{Ni} up to and including 60 kV the clearances given in Table A.3 shall be multiplied by the altitude correction factor k_d given in Table A.9.

For circuits with rated impulse voltage U_{Ni} higher than 60 kV the clearances given in Table A.3 shall be multiplied by the altitude correction factor k_d given in Table A.10.

6 Dimensioning rules for creepage distances

6.1 General

Creepage distances shall be dimensioned to withstand the voltages referred to in 6.2, taking into account all the parameters affecting long-term insulation during the entire life of the equipment.

Information on influencing factors is provided in Clause 4.

Voltages induced in track-side cables by rolling stock currents are to be added to influencing factors.

For correct measurement of creepage distances, the requirements of Clause 7 apply.

The minimum creepage distance shall be at least equal to the minimum clearance given by Table A.3.

The values of Tables A.5 and A.6 do not apply for the combination of various insulating materials within the insulation distance. Where there exists a combination of an insufficient clearance in series with an insufficient creepage distance, one of them shall be increased to comply with the requirements of 5.2 or 6.2.

Insulation material surfaces may be provided with ribs or slots to interrupt conductive paths. Ribs, slots, sheds or shield parts of an insulation surface may protect from pollution and precipitation. Joints, slots or scratches vertical to conductive parts (electrodes) should be avoided, since dirt may collect therein or water may collect due to capillarity action.

NOTE For distances up to 2 mm stressed by voltage peaks under moist conditions, see IEC 60664-5.

6.2 Minimum creepage distances

6.2.1 Functional, basic and supplementary insulations

Minimum creepage distances are based on the rated insulation voltage (U_{Nm}) according to Tables A.5, A.6 and A.7.

6.2.2 Reinforced insulation

When dimensioning reinforced insulation, twice the distance for basic insulation applies.

7 Tests and measurements

7.1 General

This clause deals only with verification of the requirements of Clauses 5 and 6.

Type and routine tests for equipment are treated in Annex B.

If required, clearances and creepage distances shall be measured on a representative item in accordance with 7.2.

If clearances of functional insulation are actually smaller than those specified in Clause 5, or impossible to measure, a dielectric test instead of measurement of the clearances shall be carried out on the electrical parts involved, on a clean representative item. This dielectric test shall be performed according to 7.3, 7.4 or 7.5.

The dielectric test shall be carried out according to values of Table A.8 based on distances which are required in Table A.3.

The preferred dielectric test is an impulse voltage test in accordance with 7.3.

Alternatively, clearances may be verified by a power frequency voltage test in accordance with 7.4, or a d.c. voltage test in accordance with 7.5.

The d.c. voltage test is preferred when clearances are bridged by capacitances.

NOTE 1 Because the voltage application lasts much longer than the duration of an impulse voltage, a.c. or d.c. voltages more highly stress solid insulations. Insulations may be damaged by the test. Product standards should take this into account when requiring high a.c. or d.c. test voltages.

NOTE 2 For equipment with a surge suppressor, withstand voltage tests should be conducted with the surge suppressor separated from the circuit as necessary. If it cannot be separated, the test method should be agreed between supplier and purchaser.

The test voltage, when applicable, shall be applied only to the section in which the clearance is to be verified.

Only those sections which have the same voltage and pollution requirements may remain connected to the test voltage sources.

Creepage distances can only be verified by measurement.

7.2 Measurement of creepage distances and clearances

7.2.1 Method and values

Clearances are defined in Clause 5 and creepage distances in Clause 6.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in Annex C.

7.2.2 Acceptance criteria

Smaller values than those specified in Clauses 5 and 6 shall not be allowed.

7.3 Verification of clearances by impulse test

7.3.1 Method and values

The 1,2/50 μ s impulse test voltage shall be applied three times for each polarity at intervals of 1 s minimum.

The test voltage shall be ~~equal to~~ the value U_i given in Table A.8, ~~based on the a distance to be considered being as~~ determined ~~in~~ according to Clause 5.

Depending on the atmospheric conditions and the altitude at the location of testing the impulse test voltages U_i given in Table A.8 shall be corrected according to IEC 60664-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} up to and including 60 kV and according to IEC 60060-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} higher than 60 kV.

NOTE This standard does not consider the distinction between self-restoring and non-self-restoring insulation, which is to be found rather in product standards (insulators, etc.).

7.3.2 Test acceptance criteria

The test is successful if the test voltage does not collapse.

7.4 Verification of clearances by power-frequency test

7.4.1 Method and values

The test shall be carried out in accordance with IEC 60060-1 or IEC 60664-1.

The test voltage shall be ~~equal to~~ the value U_{ac} given in Table A.8, ~~based on the a distance to be considered being as~~ determined ~~in~~ according to Clause 5.

Depending on the atmospheric conditions and the altitude at the location of testing the test voltages U_{ac} given in Table A.8 shall be corrected according to IEC 60664-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} up to and including 60 kV and according to IEC 60060-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} higher than 60 kV.

The test frequency is 50 Hz $\pm$ 10 % or 60 Hz $\pm$ 10 %.

The test value shall be reached in 5 s and be kept for 5 s.

7.4.2 Test acceptance criteria

The test is successful if the test voltage does not collapse.

7.5 Verification of clearances by d.c. voltage test

7.5.1 Method and values

The test voltage shall be ~~equal to~~ the value U_{dc} given in Table A.8, ~~based on the a distance to be considered being as~~ determined ~~in~~ according to Clause 5.

Depending on the atmospheric conditions and the altitude at the location of testing the test voltages U_{dc} given in Table A.8 shall be corrected according to IEC 60664-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} up to and including 60 kV and according to IEC 60060-1 for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} higher than 60 kV.

The test value shall be reached in 5 s and be kept for 5 s.

The ripple factor shall not exceed that one given by a three phase bridge (4,2 %).

7.5.2 Test acceptance criteria

The test is successful if the test voltage does not collapse.

8 Specific requirements for applications in the railway field

8.1 General

It is acknowledged that some requirements may be more specific or even may escape the set of common requirements stated in Clauses 4, 5, 6, and 7, provided that they apply to limited areas and are supported by technical or economical reasons.

8.2 Specific requirements for signalling

8.2.1 Overvoltage categories

In addition to the overvoltage provisions given in 4.2.3.2, the following may serve as a guideline when defining overvoltage categories in signalling:

- OV1:
EXAMPLES:
 - data lines;
 - circuits not connected to a power distribution system;
 - screened circuits;
 - circuits being operated indoor.
- OV2:
Circuits with normal transient overvoltages, or circuits with normal availability requirements.
EXAMPLES:
 - 230 V a.c. primary circuits of equipment;
 - indoor supply circuits.
- OV3:
Circuits with enhanced availability requirements.
EXAMPLES:
 - Power distribution systems in installations;
 - Lines outside of buildings protected by additional provisions for protection.
- OV4:
EXAMPLE:
Lines outside buildings protected only by inherent protection.

8.2.2 Rated impulse voltages

8.2.2.1 General

In the absence of any specific information of rated impulse voltages, clearances shall be determined according to 8.2.2.2 and 8.2.2.3.

NOTE The value of 8.2.2.2 is higher than that of 8.2.2.3 for reliability reasons: it is more difficult to detect a failed remote equipment.

8.2.2.2 Equipment for outdoor use

Clearances of basic insulation in circuits without additional overvoltage protection which are installed in earth or close to earth beside the track shall be dimensioned for $U_{Ni} = 3\,100\text{ V}$.

8.2.2.3 Equipment for indoor use

Clearances of basic insulation in circuits without additional overvoltage protection which are not separated galvanically from outdoor circuits shall be dimensioned for $U_{Ni} = 2\,200\text{ V}$.

8.2.3 Induced voltages

In track-side cables along electrified tracks, voltages are induced e.g. by traction currents or short circuits of the catenary. These voltages affect the insulation and therefore they shall be taken into account when dimensioning clearances and creepage distances. Railway operators or network operators shall specify the maximum voltages, frequencies, durations and shapeforms of voltages expected within their systems.

For dimensioning insulation of circuits which are connected galvanically with outdoor circuits and which are installed beside electrified tracks supplied by a.c. systems, a permanent voltage of 250 V between live parts and earth shall be taken into account unless otherwise specified. This induced voltage has the frequency of the a.c. supply system.

8.2.4 Installation instructions

The manufacturer shall state, in the installation instructions, the operating conditions for interfaces of equipment as follows:

- rated voltage(s) or rated voltage range(s);
- rated impulse voltage(s) or overvoltage category;
- withstand capability against induced voltages caused by traction currents.

8.2.5 Pollution degrees

Insulation of equipment which is operated indoors should be dimensioned for PD1.

Insulation of equipment which is operated outdoors should be dimensioned for PD3.

8.3 Specific requirements for rolling stock

8.3.1 Determination of the rated impulse voltage U_{Ni} by method 1

In addition to the overvoltage provisions given in 4.2.3.2, the following may serve as a guideline when defining overvoltage categories in rolling stock:

- OV2: Circuits which are not directly connected to the contact line and which are protected against overvoltages;
- OV3: Circuits which are directly connected to the contact line but with overvoltage protection and are not exposed to atmospheric overvoltages;
- the power traction circuits without further protective component than the protective device, which could reduce overvoltages, are subject to OV3 conditions;
- the power traction circuits protected additionally by filter or inherently protected by components (e.g. semiconductors) are subject to OV2 conditions, unless the surge level is well known;
- OV1 may be used for low voltage circuits isolated from high power circuits, either by galvanic isolation, or several successive filters, or components as such.

NOTE Rolling stock is generally equipped with a surge protective device which gives a protection level the value of which is known according to its characteristics and used as U_{Ni} .

8.3.2 Creepage distances

Only PD1 to PD4 are to be considered on rolling stock equipment.

Values of minimum creepage distances for U_{Nm} above 1 000 V may be limited to 20 mm/kV if mitigating measures such as greasing or cleaning of the insulation surfaces are envisaged.

8.3.3 Roof installations

Unless otherwise specified in relevant product standards, compliance to this standard is required.

Distances may be increased due to specific needs generated by accumulation of pollution on a large conductive horizontal plan.

8.4 Specific requirements for fixed installations

8.4.1 Determination of the rated impulse voltage U_{Ni} by method 1

8.4.1.1 General

In addition to the overvoltage provisions given in 4.2.3.2, the following may serve as a guideline when defining overvoltage categories in fixed installations:

8.4.1.2 Definition of OV2 and OV3 and PD choice

OV2 and OV3 are referred to the following situation: Equipment in direct contact with the contact line such as line circuit breaker and disconnectors, with medium lightning risk or some protection (inherent or not).

For devices located in outdoor or indoor substations in exposed conditions, PD4 may be required or stated in product standards.

The rated impulse voltage U_{Ni} shall be increased by 10 % to 25 % in case a switching device is intended to provide, for safety reasons, an isolating distance between its open contacts (IEC 61992-1, 3.1.5). The minimum clearance between the open contacts will consequently have to be increased accordingly.

8.4.1.3 Overhead lines

Overhead lines are considered a case of inherent control. The rated insulation level is based on statistical and risk considerations.

Therefore the rated impulse voltage is chosen among the preferred values given in Table A.2, but irrespective of the correspondence with the insulation voltages and of the overvoltage levels stated in Table A.2.

Table A.3 is based on the worst dielectric conditions of electrodes. In overhead lines different conditions are present and by consequence different clearances given in established standards or regulations such as EN 50119 are allowed from $U_{Ni} = 95$ kV upwards.

8.4.2 Distances of outdoor insulators

The following exceptions shall be considered for outdoor insulators in fixed installations, the insulation properties of which can be influenced by surrounding atmospheric conditions. Dimensioning of creepage distance versus rated insulation voltage is as follows:

- normal operating conditions: 24 to 33 mm/kV;
- unfavourable operating conditions: 36 to 40 mm/kV;
- extremely unfavourable operating conditions: > 48 mm/kV.

NOTE 1 Normal operating conditions exist when there is low industrial pollution, a low population density and no thermal engines.

NOTE 2 Unfavourable operating conditions exist when there is high industrial pollution and industrial gases, a high population density, mixed railway operation, road traffic and frequent fog.

NOTE 3 Extremely unfavourable operating conditions exist when large power plants, chemical industry, smelting works near the ocean with frequent fog are close by.

NOTE 4 Clearances and creepage distances may be reduced by agreement between purchaser and supplier or in product standards.

Annex A

(normative)

Tables

Table A.1 – Rated impulse voltage U_{Ni} for low voltage circuits not powered directly by the contact line

Not to be used in Method 2

Nominal voltage U_n of the supply system V		Rated insulation voltage U_{Nm} a.c. or d.c. V	Rated impulse voltage U_{Ni} kV			
3-phase	1-phase		OV1	OV2	OV3	OV4
		up to 50	0,33	0,5	0,8	1,5
		up to 100	0,5	0,8	1,5	2,5
	100 100-200 120-240	up to 150	0,8	1,5	2,5	4,0
200 220/380 230/400 254/440 277/480	220	up to 300	1,5	2,5	4,0	6,0
400/690		up to 600	2,5	4,0	6,0	8,0
1 000		up to 1 000	4,0	6,0	8,0	12,0
NOTE 1 The mark / in the first column indicates a four-wire three-phase distribution system. The lower voltage is the voltage line-to-neutral, while the higher is the voltage line-to-line. Where only one value is indicated, it refers to line-to-line voltage for three-phase systems or single-phase systems. NOTE 2 The mark - in the second column indicates a single-phase three-wire distribution system. The lower voltage is the voltage line-to-neutral, while the higher value is the voltage line-to-line. Where only one value is indicated, it refers to single-phase two-wire and specifies the value line-to-line. NOTE 3 For 3-phase equipment, the rated insulation voltage refers to the voltage line-to-neutral. NOTE 4 National regulations may impose a minimum U_{Ni}. NOTE 5 This table is cited in 4.2.3.2.						

Table A.2 – Rated impulse voltages (U_{Ni}) for circuits powered by the contact line and for traction power circuits in thermo-electric driven vehicles

Not to be used in Method 2.

Rated insulation voltage a.c. or d.c. U_{Nm} kV	Rated impulse voltage U_{Ni} kV			
	OV1	OV2	OV3	OV4
Up to ($\leq$)				
0,9	4	5	6	8
1,2	5	6	8	12
1,8	6	8	10	15
2,3	8	10	12	18
3	10	12	15	20
3,7 ^a / 3,6 ^b	12	15	20 ^a / 25 ^b	30
4,8	15	18	25 ^a / 30 ^b	40
6,5	20	25	30 ^a / 40 ^b	50
8,3	25	30	35 ^a / 45 ^b	60 ^a
10	30	35		
17,25 ^a			75	95
17,25 ^{a,c}			95	125
17,25 ^b			95	125
17,25 ^{b,c}			145	170
24			125	145
27,5 ^a			125	170
27,5 ^b			170	200
27,5 ^{b,c} (36/52)			200 / 250	250 / 325
30 ^{a, d}			125	170
30 ^{b, d}			170	200

NOTE 1 If equipment for standardised three-phase a. c. systems according to IEC 60071-1 is used (e. g. 24/36/52 kV), devices have to be selected in accordance with U_{Ni} and U_a - relevant for fixed installation only (see Table B.1).

NOTE 2 This table is cited in 4.2.3.2 and 8.4.1.

NOTE 3 For the correlation between U_n and U_{Nm} , see Annex D.

^a For rolling stock only.

^b For fixed installations only.

^c Higher values for special cases of switching arrangements, see F.2.9, or when specified by purchaser prior to order.

^d See footnote i to Table 1 of IEC 60850 regarding nominal voltage 25 kV.

Table A.3 – Minimum clearances in air (in mm) for the standard altitude ranges based on the rated impulse voltage U_{Ni}

U_{Ni} kV	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
0,33	0,01	0,20	0,80	1,60	5,50		
0,5	0,04	0,20	0,80	1,60	5,50		
0,8	0,10	0,20	0,80	1,60	5,50		
1,5	0,50	0,50	0,80	1,60	5,50		
2,5	1,50	1,50	1,50	1,60	5,50		
3	2				5,5		
3,5	2,5				6,2		
4	3				7,0		
4,5	3,5				8,0		
5	4				8,5		
6	5,5				10	18	20
8	8				14	21	23
10	11				18	23	26
12	14				22	27	30
15	18				27	33	37
18	22				32	39	43
20	25				36	43	48
25	33				45	53	58
30	40				54	63	68
40	60				72	82	87
50	75				91	101	106
60	90				110	120	125
75	120				135	145	150
95	160				175	180	185
125	210				230	235	235
145	260				265	270	270
170	310				310	310	310
200	370				370	370	370
250	480				480	480	480
325	600				600	600	600

NOTE 1 For contact lines, see 8.4.1.3.

NOTE 2 For definition of U_{Ni} , see 3.4.7.
For definition of PD1...PD4B, see 4.4, Table A.4, annex E.

NOTE 3 If this table is applied to roof installations in rolling stock, see 8.3.3.

NOTE 4 Interpolation between adjacent values of the table is permitted, but the values of the first column are preferred values (see 4.1.2.3)

NOTE 5 This table is cited in 4.1.2.3, 5.1, 5.2.1, 5.2.2, 5.4, 6.1, 7.1, 8.4.1.3, Table A.7 and B.2.1.

Table A.4 – Definition of pollution degrees

	Dust deposit	Humidity
PD1	– no pollution – non-conductive – well protected	– dry – no condensation
PD2	– non-conductive – protected – temporary conductivity caused by condensation	– rare, short temporary condensation
PD3	– low conductivity (caused by condensation)	– frequent condensation
PD3A	– low conductivity	– damp – long time condensation
PD4	– occasionally conductive with periodic cleaning	– rain, snow, ice, fog
PD4A ¹	– occasionally conductive coming from heavy pollution	– rain, snow, ice, fog
PD4B ²	– occasionally conductive coming from very heavy pollution	– rain, snow, ice, fog
¹ Fixed installations and track side equipment e.g. for signalling. ² Fixed installations only. NOTE This table is cited in 4.4 and Table A.3.		

**Table A.5 – Minimum creepage distances (in mm) based on
rated insulation voltage U_{Nm} up to 1 000 V
for printed wiring material and associated components**

U_{Nm} V	PD1	PD2
	Material groups I-II-IIIa-IIIb	Material groups I-II-IIIa
Up to 50	0,025	0,040
63	0,040	0,063
80	0,063	0,100
100	0,10	0,16
125	0,16	0,25
160	0,25	0,40
200	0,40	0,63
250	0,56	1,00
320	0,75	1,60
400	1,00	2,00
500	1,30	2,50
630	1,80	3,20
800	2,40	4,00
1000	3,20	5,00
NOTE 1 For definition of U_{Nm} see 3.4.4.		
NOTE 2 Interpolation between adjacent values of the table is permitted.		
NOTE 3 This table is cited in 4.3, 6.1 and 6.2.1.		

**Table A.6 – Minimum creepage distances (in mm)
for low values of rated insulation voltage U_{Nm}
for materials other than printed wiring material**

U_{Nm} V	PD1	PD2			PD3			PD3A and PD4		
	Material Groups I-II- IIIa-IIIb	Material group			Material group			Material group		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	0,080	0,40			1,0			1,6		
12,5	0,090	0,42			1,05			1,6		
16	0,100	0,45			1,1			1,6		
20	0,110	0,48			1,2			1,6		
25	0,125	0,50			1,25			1,7		
32	0,140	0,53			1,3			1,8		
40	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3,0
50	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,5	3,2
63	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2,0	2,1	2,6	3,4
80	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6
100	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,8
125	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4,0
160	0,32	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5	3,2	4,0	5,0
200	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2	4,0	5,0	6,3
250	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0	5,0	6,3	8,0
320	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0	6,3	8,0	10
400	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3	8,0	10	12,5
500	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0	10	12,5	16
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10	12,5	16	20
800	2,4	4,0	5,6	8,0	10	11	12,5	16	20	25
1 000	3,2	5,0	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32
NOTE 1 Interpolation between adjacent values is permitted.										
NOTE 2 This table is cited in 4.3, 6.1 and 6.2.1.										

**Table A.7 – Minimum creepage distances (in mm/kV)
for high values of rated insulation voltage U_{Nm}**

	Above 1 000 V					Above 500 V	
Material groups	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
I	3,2	5	12,5	20	25	30	40
II	4	7,1	14	25	30	40	50
III A	6	10	16	32	Not recommended		
III B	Not recommended						

NOTE 1 For rolling stock, see 8.3.2 and 8.3.3.

NOTE 2 The minimum creepage distance shall be at least equal to the minimum clearance given by Table A.3.

NOTE 3 This table is cited in 4.3 and 6.2.1.

**Table A.8 – Test voltages for verifying clearances ~~in air for an altitude of 2 000 m above sea level at atmospheric and altitude reference conditions,~~
not to be used for routine dielectric tests**

Distance mm	U_i kV	U_{ac} kV	U_{dc} kV
0,01	0,33	0,23	0,33
0,04	0,52	0,37	0,52
0,1	0,81	0,50	0,70
0,5	1,55	0,84	1,19
1,0	1,95	1,06	1,50
1,5	2,56	1,39	1,97
2	3,09	1,68	2,38
2,5	3,60	1,96	2,77
3	4,07	2,21	3,13
3,5	4,51	2,45	3,47
4,0	4,93	2,68	3,79
5,5	6,10	3,32	4,69
8	7,84	4,26	6,03
10	9,10	4,95	7,00
11	9,86	5,37	7,59
14	12,1	6,60	9,33
18	15,0	8,20	11,6
22	17,8	9,70	13,7
25	19,9	10,8	15,3
32	24,6	13,4	18,9
40	29,8	16,2	22,9
60	42,0	22,9	32,3
90	59,4	32,3	45,7
100	65,0	35,4	50,0
120	74,6	40,5	57,2
160	95	51,5	72,9
260	143	77,6	110
310	166	90	127
370	193	104	148
480	240	130	184
600	289	157	222

NOTE 1 U_i is the amplitude of the 1,2/50 μ s impulse test voltage;
 U_{ac} is the peak value of the power frequency test voltage divided by $\sqrt{2}$;
 U_{dc} is the value of the d.c. test voltage.

NOTE 2 Interpolation between adjacent values of the table is permitted (linear interpolation of the logarithm of the test voltage as a function of the logarithm of the clearance).

NOTE 3 This table is cited in 5.2.1, 7.1, 7.3.1, 7.4.1, 7.5.1.

Table A.9 – Altitude correction factors for clearances in circuits with U_{Ni} up to and including 60 kV when equipment is intended to be used above 2 000 m

Altitude (above sea level) m	Altitude correction factor k_d
≤ 2 000	1,00
2 500	1,07
3 000	1,14
3 500	1,21
4 000	1,29
4 500	1,38
5 000	1,48

NOTE 1 For altitudes in between or above, linear interpolation is allowed.

NOTE 2 The altitude correction factors are determined in accordance with Table A.2 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 3 This table is cited in 5.4.

Table A.10 – Altitude correction factors for clearances in circuits with U_{Ni} higher than 60 kV when equipment is intended to be used above 2 000 m

Altitude (above sea level) m	Altitude correction factor k_d
2 000	1,000
2 500	1,145
3 000	1,217
3 500	1,294
4 000	1,376
4 500	1,465
5 000	1,555

NOTE 1 For altitudes in between or above, linear interpolation is allowed.

NOTE 2 The altitude correction factors above 2 000 m are determined in accordance with 4.2.2 of IEC 60071-2 based on an altitude of 1 400 m and exponent $m = 1$.

NOTE 3 This table is cited in 5.4.

Annex B (normative)

Provisions for type and routine dielectric tests for equipment

NOTE This annex is cited in Clause 1 and Clause 7.

B.1 General

Unless other applicable product standards state otherwise, the following tests apply.

The dielectric tests, when required by product standards, are different and not alternative to those required in Clause 7. The product standard shall take into account pollution conditions if any. Otherwise, reference may be made to IEC 60507 for a.c. and IEC 61245 for d.c.

B.2 Tests

B.2.1 General

Unless otherwise stated or agreed, the tests specified hereinafter are considered to be carried out on new equipment under clean conditions.

Tests specified in product standards may be more specific than those specified here, and may in particular specify tests under pollution.

Tests specified in B.2.3 and B.2.4 are alternatives.

The test is performed by applying the required test voltage between the circuit (or live part) and other circuits, earth, metallic non live-parts and metalwork, which for convenience may all be connected for the test.

When the test is carried out at the external terminals of the equipment, the test value is that of the overall insulation of the equipment seen from an external source.

The test shall be carried out ~~according to IEC 60060-1 and relevant product documents.~~

- for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} up to and including 60 kV in accordance with Clause 6 of IEC 60664-1:2007;
- for circuits with rated impulse voltage U_{Ni} higher than 60 kV in accordance with IEC 60060-1.

During the test, no flashover, breakdown of insulation either internally (puncture) or externally (tracking) or any other manifestation of disruptive discharge shall occur. Any glow discharge shall be ignored.

B.2.2 Impulse test

The impulse test is generally a type test.

The test voltage shall be equal to the rated impulse voltage U_{Ni} as determined in Clause 4, and shall fall into the series of preferred values that are listed in the first column of Table A.3.

B.2.3 Power-frequency test

The power-frequency test is generally a routine test.

The test voltage value U_a is derived from U_{Ni} according to Table B.1.

NOTE To derive U_a from U_{Ni} instead of U_{Nm} is justified by the fact that most often the presence in the railway field of high overvoltages imposes dielectric test values that have no relation to U_{Nm} .

The test voltage shall be reached in 5 s and be kept for a minimum of 10 s, unless otherwise specified in a product standard.

B.2.4 DC test

The d.c. test is as for the power-frequency test, the peak value of the test voltage (taking into account ripple) being equal to the peak value of the respective a.c. voltage.

Table B.1 – Dielectric test for equipments – Short-duration power-frequency (a.c.) test levels U_a (kV r.m.s.) based on the rated impulse voltage U_{Ni} (kV)

Rated impulse voltage U_{Ni} kV	Test voltage U_a kV
0,33	0,2
0,5	0,3
0,8	0,42
1,5	0,7
2,5	1,2
3	1,4
3,5	1,6
4	1,9
4,5	2
5	2,3
6	2,8
8	3,6
10	4,6
12	5,5
15	6,9
18	8,3
20	9,2
25	11,5
30	14
35	17
40	18,5
50	23
60	27,5
75	34,5
95	44
125	50
135	60
145	70
170	80
180	85
200	95
250	95
325	140

Annex C (normative)

Methods of measuring creepage distances and clearances

NOTE This annex is cited in 7.2.1.

The methods of measuring creepage distances and clearances are indicated in the following examples 1 to 11. These cases do not distinguish between gaps and grooves or between types of insulation.

The above-mentioned examples show a dimension X of grooves which is a function of the pollution degree according to Table C.1

Table C.1 – Minimum dimensions of grooves

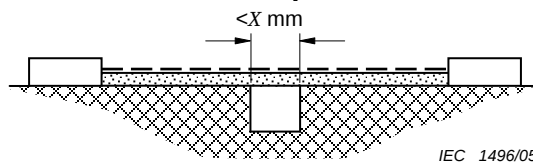
Pollution degree	Width X of grooves: Minimum values mm
PD1	0,25
PD2	1,0
PD3	1,5
PD3A	2,5
PD4	4
PD4A	7
PD4B	10

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to one-third of this clearance.

The following assumptions are made:

- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see example 3);
- where a distance across a groove is equal to or larger than the specified width X, the creepage distance is measured along the contours of the groove (see example 2);
- creepage distances and clearances measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.

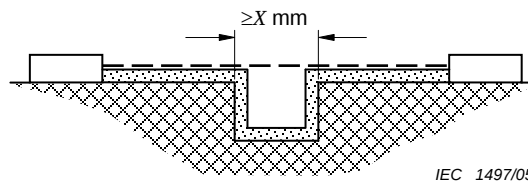
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X mm.

Rule: Creepage distance and clearance are measured directly across the groove as shown.

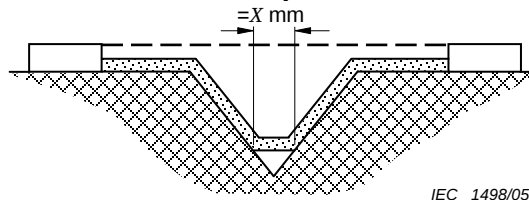
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X mm.

Rule: Clearance is the “line of sight” distance. Creepage path follows the contour of the groove.

Example 3



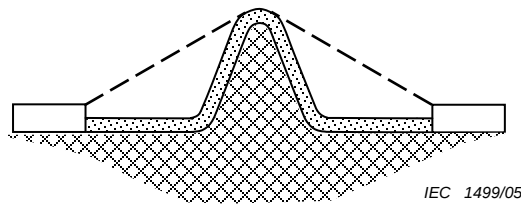
Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with a width greater than X mm.

Rule: Clearance is the “line of sight” distance. Creepage path follows the contour of the groove but “short-circuits” the bottom of the groove by X mm link.

— — — — — Clearance

Creepage distance

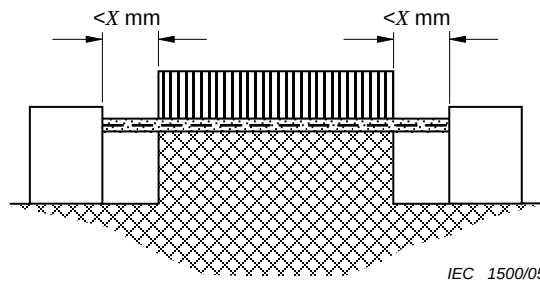
Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

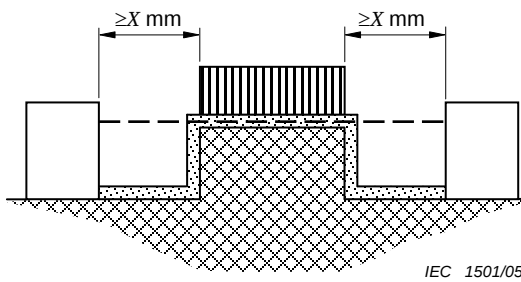
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than X mm wide on each side.

Rule: Creepage and clearance path is the “line of sight” distance shown.

Example 6



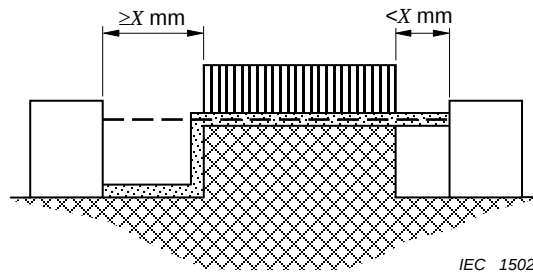
Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than X mm on each side.

Rule: Clearance is the “line of sight” distance. Creepage path follows the contour of the grooves.

— — — — — Clearance

..... Creepage distance

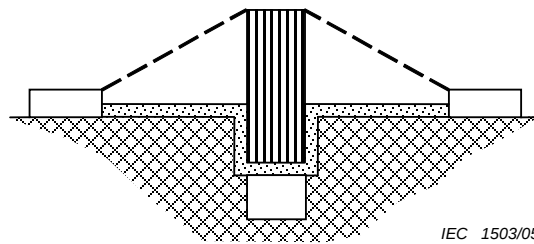
Example 7



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with a groove on one side less than X mm wide and the groove on the other side equal to or more than X mm wide.

Rule: Clearance and creepage paths are as shown.

Example 8



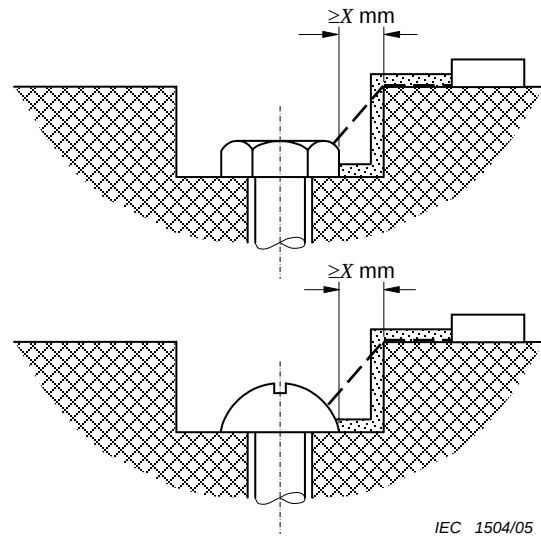
Condition: Creepage distance through uncemented joint is less than creepage distance over barrier.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the barrier.

— — — — — Clearance

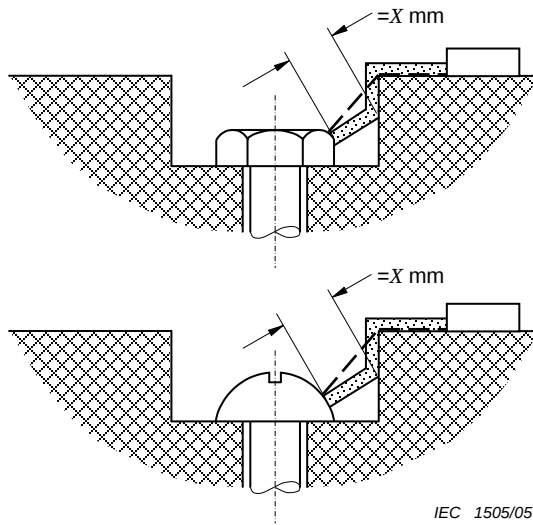
Creepage distance

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Example 10



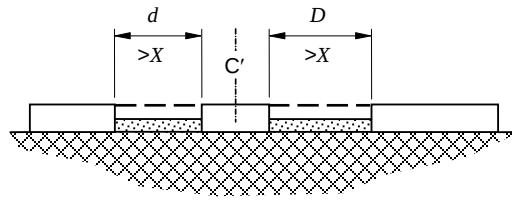
Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account

Measurement of creepage distance is from screw to wall when the distance is equal to X mm.

— — — — — Clearance

Creepage distance

Example 11



C' Floating part

IEC 036/10

Clearance is the distance = $d + D$

Creepage distance is also = $d + D$

— — — — — Clearance

▨▨▨▨▨ Creepage distance

Annex D

(normative)

Correlation between U_n and U_{Nm}

Table D.1 – Correlation between nominal voltages of the railway power distribution system and the required insulation voltages for circuits of equipment which are intended to be connected to these systems

Nominal voltage U_n			Minimum values of the rated insulation voltage U_{Nm}
Power supply systems according to IEC 60850		Battery supply systems	
d.c. kV	a.c. kV		
		V	kV
		24 / 36	0,05
		48 / 72	0,1
		110 / 120	0,15
0,6			0,72
0,75			0,9
1,5			1,8
3,0			3,6
	15		17,25
	20		24
	25		27,5 (36 ^a / 52 ^a)
	25		30 ^b
NOTE This table is cited in 4.2.3.2.			
^a For fixed installations only. For 25 kV a. c. power supply systems, the choice (by purchaser or by agreement) of the different values of U_{Nm} for the same U_n depends upon the maximum non-permanent or transient voltages actually appearing in the system and upon the special circuital configuration used.			
^b See footnote i to Table 1 of IEC 60850 regarding nominal voltage 25 kV.			

Annex E (informative)

Macro-environmental conditions

NOTE This annex is cited in 4.4 and Table A.3.

	Location	Ventilation	Examples
PD1	– hermetically sealed – inside movable equipment – well cared-for indoor location – location with air-conditioning	– no ventilation – natural ventilation – forced ventilation with air from indoor	– room for the signalman – living room; office – computer room of the signal box
PD2	– indoor location – limited heated location – inside movable equipment	– natural ventilation – forced ventilation with air from indoor	– control cabinet in the driver cabin and the passenger compartment – store; stairway
PD3	– indoor location – outdoor location protected from weather conditions	– natural ventilation – forced ventilation with clean (filtered) air from outdoor	– transformer station – driver cabin – passenger compartment – machinery compartment – station hall
PD3A	– indoor location – outdoor sheltered protected from weather conditions	– forced ventilation with air from outdoor – no filters	– machinery compartment – cable manhole – aerial mast – inside substations – insulators in light pollution level areas¹
PD4	– outdoor location – underfloor of vehicle – roof of vehicle		– pantograph, shoe gear – covered platform – insulators in medium pollution level areas¹
PD4A	– unprotected outdoor locations		– insulators in high pollution level areas¹
PD4B	– unprotected outdoor locations		– insulators in very high pollution level areas¹
¹ According to IEC 60815.			

Annex F (informative)

Application guide

F.1 Introduction

The term "insulation co-ordination" explains the process for co-ordinating the constituents of an electrical insulation, i.e. solid/liquid insulation, clearances and creepage distances.

NOTE The dimensioning of insulation thicknesses performed by solid insulation and insulation distances performed by liquid insulation materials is not covered by this standard.

However, the use of this standard for the determination of clearances and creepage distances needs some additional explanations: The values of the tables of Annex A are based on IEC 60664-1 and IEC 60071-1 taking into account the severe electrical and mechanical situation of insulations in railway systems and their expected reliability and long life time.

For example, the values for clearances are selected for inhomogeneous fields and, for locations with typical railway pollutions are supplemented by safety margins. Thus, it is not necessary to perform a high voltage test, when clearances required by this standard are achieved.

Where product standards for railway applications specify test voltages and clearances, the use of these values is recommended. According to Clause 1 it can be assumed that the insulation values in the product standards were derived in accordance with this International Standard.

F.2 Determination of minimum clearances and creepage distances

F.2.1 Sections

For practical use when determining insulation values it is necessary to consider the following factors when dividing into sections:

- is the considered part of the circuit exposed to the same electrical climate? (working voltage, overvoltage category);
- are the location criteria of the considered part of circuit the same? (pollution degree, indoors/outdoors);
- for economical reasons it may be useful to subdivide sections (e.g. for lower insulation values in areas with lower voltage stress);
- for reliability or safety reasons it may be useful to increase insulation values in endangered areas, i.e. by introducing a separate section.

For floating sections consideration should be given to capacitive effects for defining the dimensioning parameters of an insulation. Due to the actual or parasitic capacitances between the considered section and adjacent sections, creepage distances and clearances can be stressed by continuous voltages greater than the nominal voltage of the circuit. The correct selection of U_{Nm} and U_{Ni} should take that effect into account.

F.2.2 Use of method 1 and 2 for determining U_{Ni}

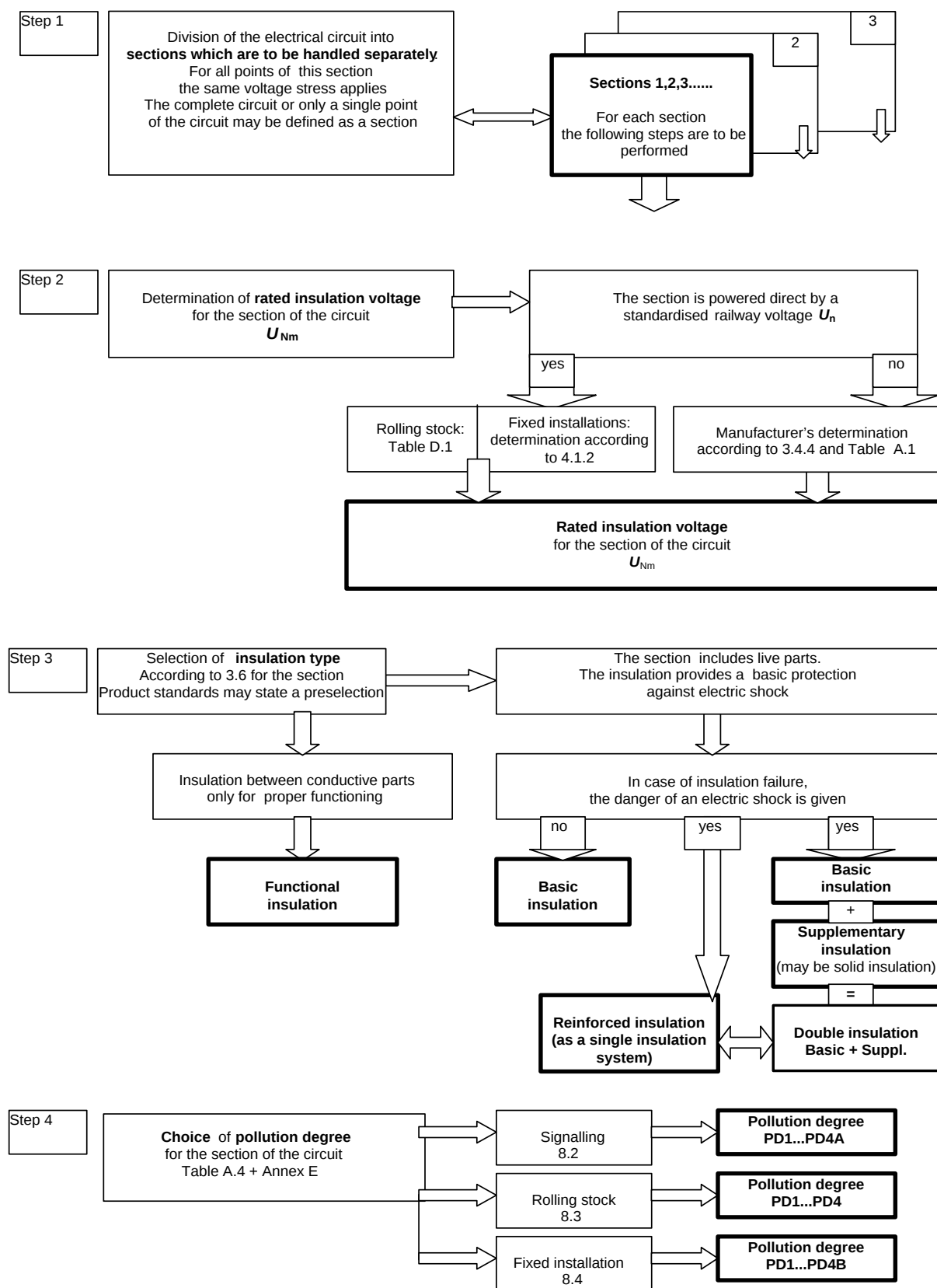
Methods 1 and 2 are considered as equivalent for dimensioning clearances because both methods lead to reliable distances.

Method 2 is a physical method to determine an insulation value taking into account the voltage stress occurring across the regarded insulation but it can only be used if the expected overvoltages are well known.

If the overvoltages are not known, method 1 should be used.

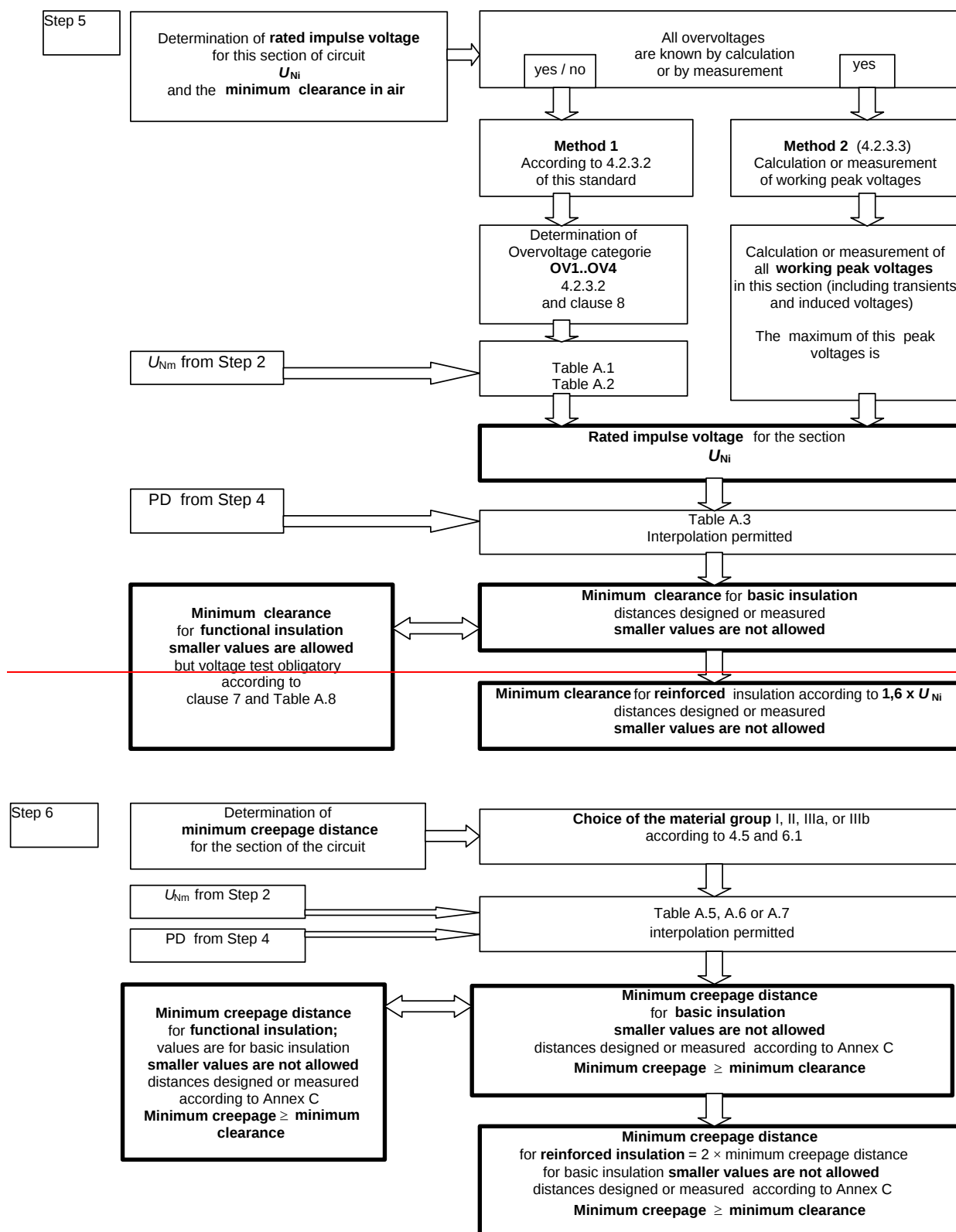
F.2.3 How to determine minimum clearances and creepage distances

The flowchart of Figure F.1 displays the procedure for determining the minimum clearances and creepage distances by taking into account the relevant electrical, environmental and operating conditions.



IEC 037/10

Figure F.1 – Determination of minimum clearances and creepage distances



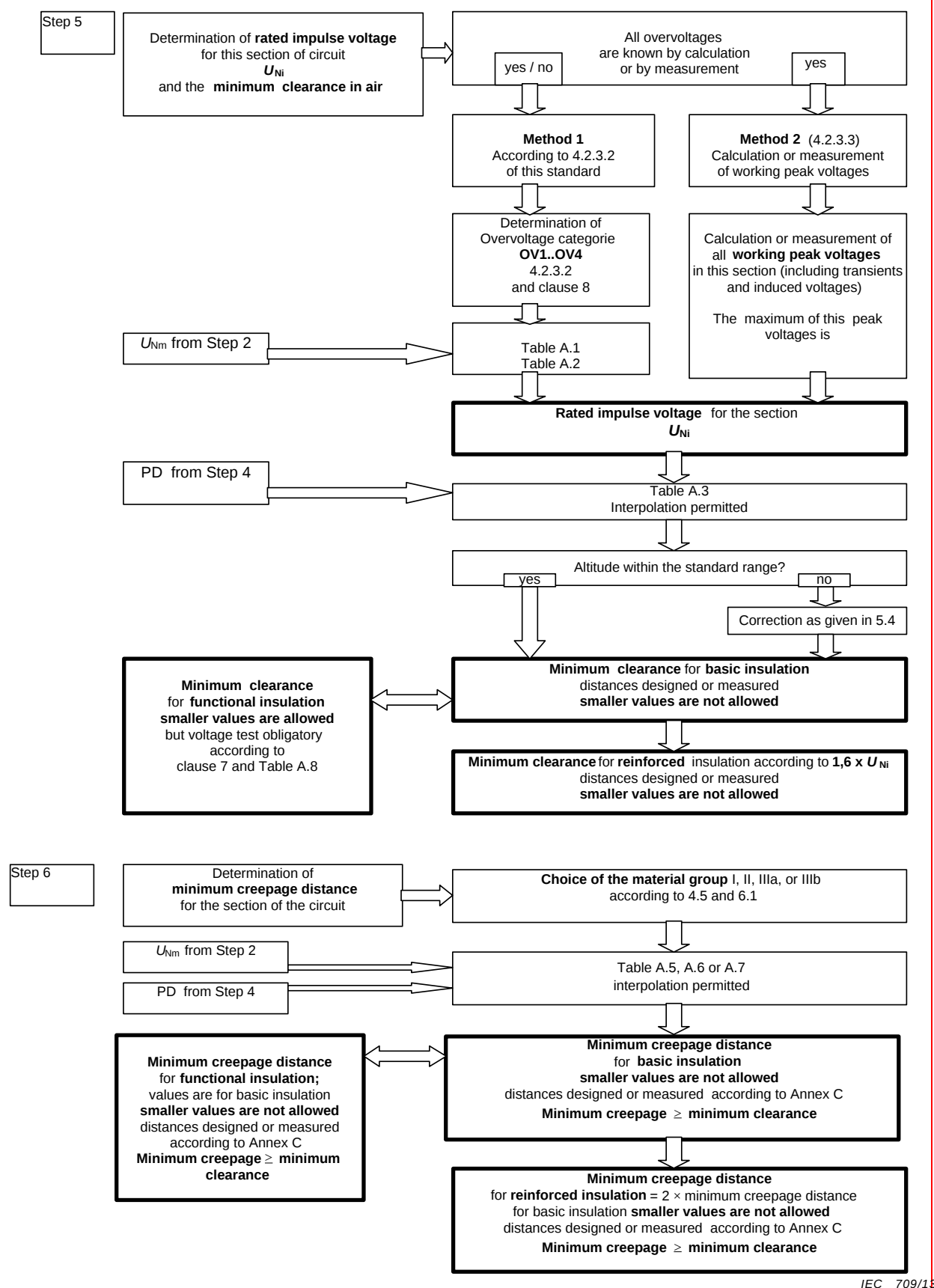


Figure F.1 (continued)

F.2.4 Pollution

Table A.4 and Annex E may be used to identify the pollution degree applicable. A definition of a pollution degree with numerical values is not practicable.

There is no direct relation between the protection level given by IP classes of IEC 60529 and the pollution to be expected. The IP classes are related to the protection against the ingress of solid objects including dust and against the ingress of water (e. g. spraying, splashing, water jets, immersion, etc.). Protection according to IP classes cannot prevent pollution created by the equipment itself.

The pollution degree PD1 may be used in areas of fixed installations and of signalling equipment where the temperature and the humidity are permanently controlled. These conditions are normally not given in rolling stock.

Table A.3 shows that for indoor locations (PD1 to PD3A) the pollution has no additional influence on clearances above 1,6 mm. On the contrary, for PD4 in rolling stock outdoor installations and for PD4A and PD4B in fixed installations, the pollution has a significant influence on clearances throughout the whole voltage range. Therefore these clearances are derived from the size of solid particles and the accumulation of pollutants likely to reduce the clearances.

For outdoor fixed installations special conditions (PD4A and PD4B) apply. It is because the pollution at any particular area is always present for that particular area and may be very severe. Rolling stock may operate in areas where the levels will be different and then the average level of pollution and time of application should be considered. Also fixed installations may be cleaned less frequently.

For further guidance in selecting PD4A and PD4B the following, which is based on IEC 60815, should be noted:

PD4A "heavy conditions"

- Areas with high density of industries and suburbs of large cities with high density of heating plants producing pollution.
- Areas close to the sea or in any area exposed to relatively strong winds from the sea.

PD4B "very heavy conditions"

- Areas generally of moderate extent, subjected to conductive dusts and to industrial smoke producing particular thick conductive deposits.
- Areas generally of moderate extent, very close to the coast and exposed to sea spray or to very strong and polluting winds from the sea.
- Desert areas, characterised by no rain for long periods, exposed to strong winds carrying sand and salt, and subjected to regular condensation.

F.2.5 Creepage distances

For creepage distances, the required distances increase with voltage for all pollution degrees. Values are given in Tables A.5, A.6 and A.7 based on the rated insulation voltage U_{Nm} .

Creepage distances cannot be validated by voltage tests because, among other reasons, the influence of pollution cannot be simulated. Product standards will address for tests taking into account pollution, if existing. Reduction of creepage distances is not allowed for either functional or basic insulation.

F.2.6 Insulations

F.2.6.1 Types of insulation

Figure F.2 gives an example of types of insulation.

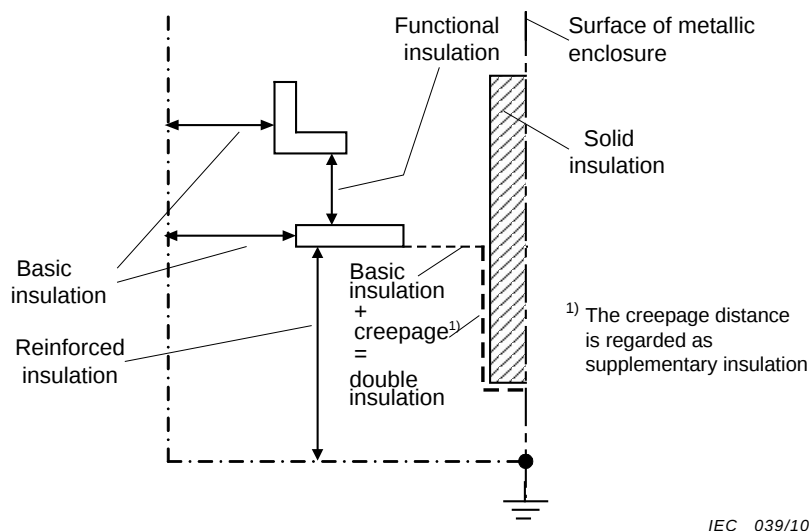


Figure F.2 – Example for types of insulation

F.2.6.2 Supplementary insulation

A supplementary insulation (see definition 3.6.3) is an additional independent insulation which is intended to protect users from electric shock in the case of breakdown of basic insulation. The electric stress of supplementary insulation in case of a failure can be different from the stress of basic insulation under normal operating conditions.

NOTE 1 Supplementary insulation may be performed as a layer of solid insulation.

NOTE 2 Partial discharge may occur in the case of a combination of insufficient clearance and well-dimensioned solid insulation.

Sometimes additional insulation is provided in addition to basic insulation for mechanical protection only, not to protect against electric shock. This additional insulation is not supplementary insulation in the sense of 3.6.3, e.g. in the case of the outer sheath of a cable.

Supplementary insulation can be used for increasing the reliability of an insulation.

F.2.6.3 Double insulation

An insulation system where a layer of a basic insulation is combined with a layer of a supplementary insulation is called "double insulation". However, the combination of two functional insulations is not a double insulation.

NOTE In braking resistors, the combination of a basic insulation with a functional insulation is sometimes termed "double insulation" but does not fulfil the requirements as defined in this standard.

F.2.6.4 Reinforced insulation

A reinforced insulation is equivalent to a double insulation, when it is not possible to identify the layers of basic and supplementary.

NOTE A typical example of the use of reinforced insulation is for safety transformers in accordance with the series IEC 61558.

F.2.7 Use of minimum distances for clearances and creepage distances

These distances are values which experience has found to be satisfactory in normal railway operation with a good reliability of equipment.

All clearance and creepage distances dimensioned according to this standard are minimum distances. The designer of an equipment is free to use larger distances.

NOTE Minimum values of clearances and creepage distances may be increased by the designer for specific requirements and service conditions in order to increase reliability.

F.2.8 Roof equipment for rolling stock

The roof of a vehicle is considered as a "closed electrical operating area" in accordance with IEC 61991. In this special case, the insulation of the roof equipment may be considered as functional insulation. If agreed between purchaser and supplier, the clearances may be reduced accordingly.

It is recommended, however, to use higher values for creepage distances on the roof due to the level of pollution likely to be expected in that area.

F.2.9 Special cases of switching arrangements in fixed installations

See Table A.2, footnote c. Table A.2 gives values for U_{Ni} for normal requirements and higher values for special requirements.

Switchgear intended to fulfil those special requirements are used for example in substations where they are connected to two phases of a three-phase network with a nominal voltage exceeding 25 kV. In such cases the switching device shall be dimensioned for a higher voltage. The next standardised value is then 52 kV in accordance with IEC 60071-1.

In all other cases the relevant value of U_{Nm} is either 27,5 kV or 36 kV for a U_n of 25 kV.

F.2.10 Insulation conditions in fixed installations (see 8.4.1.2)

Switching devices intended to isolate discrete sections of the contact line from the power source are provided with an increased value for the rated impulse voltage U_{Ni} (up to 25 %).

Detailed values for rated impulse voltages across isolating distances of switching devices are specified in the relevant product standards; for d.c. switching devices in IEC 61992-1, for a.c. switching devices in the series IEC 62505.

F.3 Examples

Figure F.3 gives an example for sections. The diagram shows a monitoring circuit for the supply voltage of a locomotive.

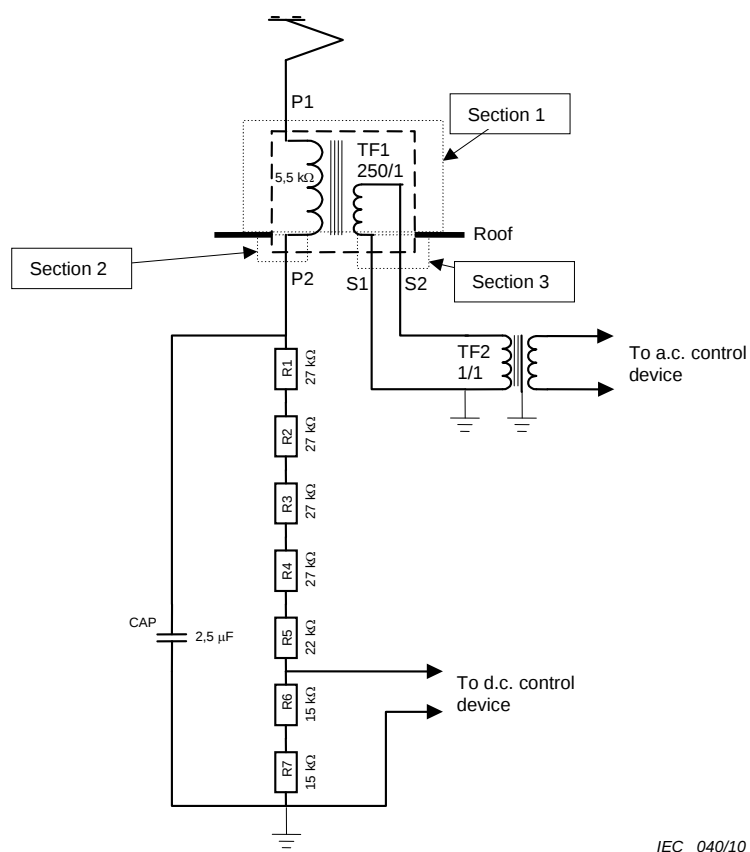


Figure F.3 – Monitoring circuit showing examples of sections

Figure F.4 shows a drawing of a monitoring device used as an example for determining clearance and creepage distances related to the monitoring circuit of Figure F.3.

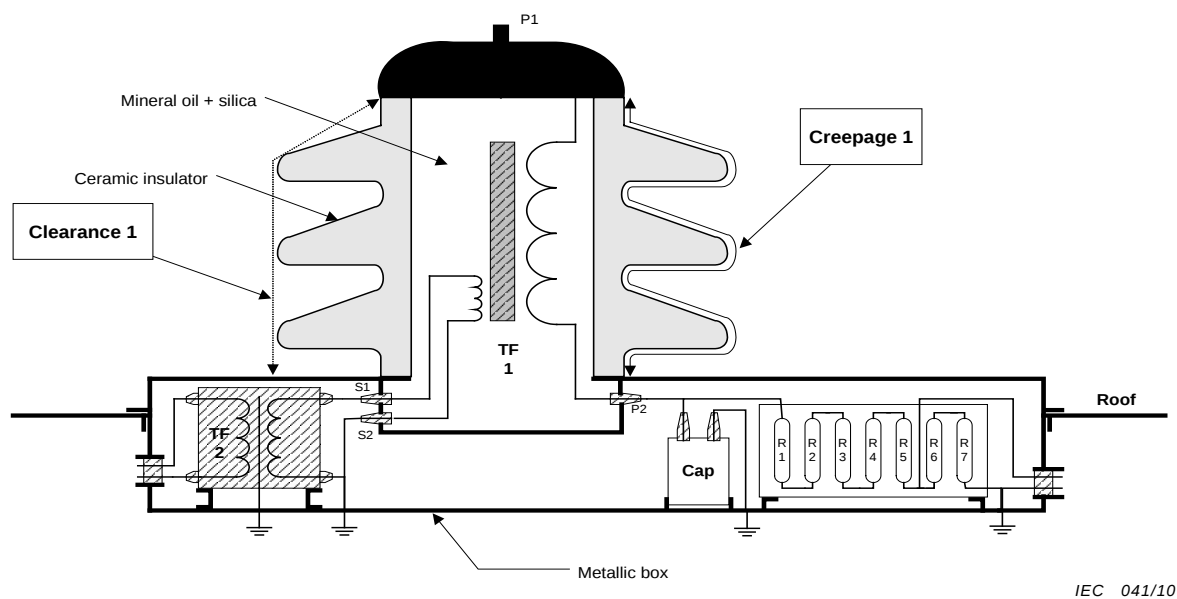


Figure F.4 – Drawing of monitoring device

Device located on the locomotive roof supplied at two supply voltages:

- 25 kV a.c.
- 1,5 kV d.c.

Determination of minimum clearances and creepage distances of the stepdown transformer TF1 in Figure F.3 (see Table F.1).

Table F.1 – Example for the determination of clearances and creepage distances

Step 1 (see diagram in Figure F.3)	Section 1	Section 2	Section 3
Step 2	Directly connected to the contact line $U_{Nm} = 27,5 \text{ kV}$	Not directly connected to the contact line Calculation with primary voltage 1,5 kV d.c. $U_{Nm} = 1,74 \text{ kV}$	Not directly connected to the contact line Calculation with primary voltage 25 kV a.c. $U_{Nm} = 0,11 \text{ kV}$
Step 3	Basic insulation	Functional insulation	Functional insulation
Step 4	Pollution degree PD4	Pollution degree PD2	Pollution degree PD2
Step 5	Method 1 Table A.2 – OV4 (no surge diverter) $U_{Ni} = 170 \text{ kV}$ Table A.3 Minimum clearance = 310 mm	Method 1 Table A.2 – OV2 $U_{Ni} = 10 \text{ kV}$ Table A.3 Minimum clearance = 11 mm	Method 1 Table A.1 – OV3 $U_{Ni} = 2,5 \text{ kV}$ Table A.3 Minimum clearance = 1,5 mm
Step 6	Material group I Table A.7 → 25 mm/kV Minimum creepage distance = 687 mm	Material group II Table A.7 → 7,1 mm/kV Minimum creepage distance = 12,4 mm	Material group III Table A.6 – $U_{Nm} = 125 \text{ V}$ – PD2 Minimum creepage distance = 1,5 mm

F.4 Tests

F.4.1 Measuring

To demonstrate the compliance of the equipment with the insulation requirements, it is necessary to measure the clearance and creepage distances.

In order to limit the amount of measurements, it is recommended to identify where the minimum clearances and creepage distances occur. If measurement is difficult on the complete item, it is recommended to do this on a relevant subassembly.

If the measurement of clearances is not possible, a voltage test is performed in accordance with 7.3, 7.4 or 7.5 on a subassembly to avoid overstressing of the equipment.

If the clearances for functional insulation are smaller than those specified in Table A.3, a voltage test is mandatory.

For measuring of creepage distances refer to Annex C.

F.4.2 Testing

Two kinds of voltage tests are given in this standard:

a) Tests for verification of clearances (see Clause 7 and Table A.8)

This test is a type test. Where a relevant product standard specifies requirements for such a test, the test should be performed in accordance with the product standard. In all other cases Clause 7 applies.

In the case of functional insulation when the clearance has been reduced, the voltage test is carried out at the value for the unreduced clearance. When carrying out the test to verify clearances, it is good practice to test only the parts under consideration. It is acceptable to use a representative subassembly.

b) Dielectric test voltages for equipment (see Annex B, Table B.1)

This routine test is only valid for items of equipment when there is no relevant product standard.

The test voltages for dielectric testing are based on the rated impulse voltage U_{Ni} taking into account the overvoltage categories. Test voltages in most product standards, however, are conventionally based on the nominal voltage or the rated insulation voltage of the equipment.

The test voltages of Table B.1 are not used for checking clearances.

Bibliography

NOTE The following documents may serve as guidance or are connected to this International Standard.

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

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

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

IEC/TR 60099-3, *Surge arresters – Part 3: Artificial pollution testing of surge arresters*

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 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60383-1, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 60383-2, *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V – Part 2: Insulator strings and insulator sets for a.c. systems – Definitions, test methods and acceptance criteria*

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 1000 V up to but not including 300 kV*

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

IEC 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Dimensioning procedure worksheets, dimensioning examples*

IEC 60664-3, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-5, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal or less than 2 mm*

IEC 60815 (all parts), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions*

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

IEC 61109, *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61558 (all parts), *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products*

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

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

IEC 62271-1, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications*

IEC 62425, *Railway applications – Communications, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling*

IEC 62498 (all parts), *Railway applications – Environmental conditions for equipment*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	59
INTRODUCTION.....	61
1 Domaine d'application	62
2 Références normatives	63
3 Termes et définitions	63
4 Base de la coordination de l'isolement.....	66
4.1 Principes de base.....	66
4.1.1 Généralités.....	66
4.1.2 Coordination de l'isolement relative aux tensions.....	66
4.1.3 Coordination d'isolement relative aux conditions d'environnement	67
4.2 Tensions et caractéristiques assignées de tension	68
4.2.1 Généralités.....	68
4.2.2 Tension assignée d'isolement (U_{Nm}).....	68
4.2.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{Ni}).....	68
4.3 Durée d'application de la contrainte de tension	69
4.4 Pollution	69
4.5 Matériau isolant.....	70
4.5.1 Généralités.....	70
4.5.2 Indice de résistance au cheminement (IRC).....	70
5 Exigences et règles de dimensionnement des distances d'isolement	71
5.1 Généralités.....	71
5.2 Distances d'isolement minimales	71
5.2.1 Isolation fonctionnelle.....	71
5.2.2 Isolation principale et supplémentaire.....	72
5.2.3 Isolation renforcée.....	72
5.3 Contingence	72
5.4 Distances d'isolement pour des altitudes supérieures à 2 000 m	72
6 Règles de dimensionnement des lignes de fuite	73
6.1 Généralités.....	73
6.2 Lignes de fuite minimales.....	73
6.2.1 Isolations fonctionnelle, principale et supplémentaire	73
6.2.2 Isolation renforcée.....	73
7 Essais et mesures	73
7.1 Généralités.....	73
7.2 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement.....	74
7.2.1 Méthode et valeurs	74
7.2.2 Critères d'acceptation.....	74
7.3 Vérification des distances d'isolement par essai de tenue aux chocs.....	74
7.3.1 Méthode et valeurs	74
7.3.2 Critères d'acceptation de l'essai	75
7.4 Vérification des distances d'isolement par essai à la fréquence industrielle	75
7.4.1 Méthode et valeurs	75
7.4.2 Critères d'acceptation de l'essai	75

7.5	Vérification des distances d'isolement par essai de tension en courant continu	75
7.5.1	Méthode et valeurs	75
7.5.2	Critères d'acceptation de l'essai	75
8	Exigences spécifiques à des applications données du domaine ferroviaire	76
8.1	Généralités.....	76
8.2	Exigences spécifiques à la signalisation	76
8.2.1	Catégories de surtensions	76
8.2.2	Tensions assignées de tenue aux chocs.....	76
8.2.3	Tensions induites	77
8.2.4	Instructions d'installation	77
8.2.5	Degrés de pollution	77
8.3	Exigences spécifiques au matériel roulant	77
8.3.1	Détermination de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} par la méthode 1	77
8.3.2	Lignes de fuite.....	78
8.3.3	Installations en toiture	78
8.4	Exigences spécifiques aux installations fixes.....	78
8.4.1	Détermination de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} par la méthode 1	78
8.4.2	Distances des isolateurs extérieurs	79
	Annexe A (normative) Tableaux.....	80
	Annexe B (normative) Dispositions applicables aux essais diélectriques individuels de série et de type pour les matériels	89
	Annexe C (normative) Méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement	92
	Annexe D (normative) Corrélation entre U_n et U_{Nm}	98
	Annexe E (informative) Conditions de macro-environnement	99
	Annexe F (informative) Guide d'application	100
	Bibliographie.....	111
	Figure F.1 – Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite minimales.....	102
	Figure F.2 – Exemple de types d'isolation.....	106
	Figure F.3 – Circuit de surveillance montrant des exemples de sections	108
	Figure F.4 – Schéma d'un dispositif de surveillance	109
	Tableau A.1 – Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} pour des circuits à basse tension, non alimentés directement par la ligne de contact	80
	Tableau A.2 – Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} pour des circuits alimentés par la ligne de contact et pour des circuits d'énergie de traction des véhicules thermoélectriques	81
	Tableau A.3 – Distances d'isolement dans l'air minimales (en mm) pour les gammes d'altitudes normalisées sur la base de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni}	82
	Tableau A.4 – Définition des degrés de pollution	83

Tableau A.5 – Lignes de fuite minimales (en mm) sur la base de la tension assignée d'isolement U_{Nm} jusqu'à 1 000 V pour un matériau de câblage imprimé et composants associés	84
Tableau A.6 – Lignes de fuite minimales (en mm) pour de faibles valeurs de tension assignée d'isolement U_{Nm} pour des matériaux autres que celui de câblage imprimé	85
Tableau A.7 – Lignes de fuite minimales (en mm/kV) pour des valeurs élevées de tension assignée d'isolement U_{Nm}	86
Tableau A.8 – Tensions d'essai pour vérification des distances d'isolement dans l'air, pour une altitude de 2 000 m au-dessus du niveau de la mer, dans des conditions atmosphériques et d'altitude de référence , à ne pas utiliser pour les essais diélectriques individuels de série	87
Tableau A.9 – Facteurs de correction d'altitude pour des distances d'isolement dans les circuits avec U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV lorsque le matériel est destiné à être utilisé au-dessus de 2 000 m	88
Tableau A.10 – Facteurs de correction d'altitude pour des distances d'isolement dans les circuits avec U_{Ni} supérieures à 60 kV lorsque le matériel est destiné à être utilisé au-dessus de 2 000 m	88
Tableau B.1 – Essai diélectrique des matériels – Niveaux U_a (kV eff.) d'essai (en courant alternatif) de courte durée à fréquence industrielle sur la base de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} (kV)	90
Tableau C.1 – Dimensions minimales des rainures	92
Tableau D.1 – Corrélation entre les tensions nominales du réseau de distribution d'énergie ferroviaire et les tensions d'isolement exigées pour des circuits de matériels destinés à être reliés à ces réseaux	98
Tableau F.1 – Exemple de détermination des distances d'isolement et des lignes de fuites	109

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la CEI 62497-1 comprend la première édition (2010) [documents 9/1335/FDIS et 9/1358/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 9/1758/FDIS et 9/1782/RVD]. Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et de son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 62497-1 été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette norme est basée sur l'EN 50124-1.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62497, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les conditions particulières qui prévalent dans les applications ferroviaires et le fait que les matériels concernés s'inscrivent dans le domaine d'application de la CEI 60071 (élaborée par le comité d'études 28 de la CEI) et de la CEI 60664-1 (élaborée par le comité d'études 109 de la CEI) ont donné lieu à la décision de tirer de ces documents, ainsi que de la 60077-1 (préparé par le comité d'études 9 de la CEI), un seul document de référence pour toutes les normes applicables à l'ensemble du domaine ferroviaire.

La CEI 62497 se compose de deux parties:

- CEI 62497-1: Partie 1: Exigences fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique;
- CEI 62497-2: Partie 2: Surtensions et protections associées.

La présente Partie 1 permet, conjointement avec la CEI 62497-2, de tenir compte des avantages qui résultent de la présence d'une protection contre les surtensions lors du dimensionnement des distances d'isolement.

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

1 Domaine d'application

L'ensemble de la présente partie de la CEI 62497 traite de la coordination de l'isolement dans le domaine ferroviaire. Il s'applique aux matériels utilisés en signalisation, matériels roulants et installations fixes ~~jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer.~~

La coordination de l'isolement porte sur le choix, le dimensionnement et la corrélation de l'isolement tant à l'intérieur des matériels qu'entre eux. Pour le dimensionnement de l'isolement, il est tenu compte des contraintes électriques et des conditions environnementales. Ces dimensions sont les mêmes lorsque les conditions et contraintes sont les mêmes.

L'un des objectifs de la coordination de l'isolement est d'éviter de surdimensionner inutilement l'isolement.

La présente norme définit:

- des exigences relatives aux distances d'isolement dans l'air et aux lignes de fuite applicables aux matériels;
- des exigences générales pour les essais concernant la coordination de l'isolement.

Le terme "matériels" se rapporte à une section, telle que définie en 3.3; il est admis qu'il s'applique à un système, un sous-système, un appareil, une partie d'appareil ou une réalisation physique de ligne équipotentielle.

La présente norme ne traite pas:

- des distances à travers une isolation solide ou liquide;
- des distances à travers des gaz autres que l'air;
- des distances à travers de l'air qui n'est pas à pression atmosphérique;
- des matériels utilisés en conditions extrêmes.

Les normes de produit sont à aligner sur la présente norme générique.

Cependant, ces normes peuvent requérir, moyennant justification, des exigences différentes du fait de raisons de sécurité et/ou de fiabilité, induites par la signalisation, et/ou par des conditions de fonctionnement particulières du matériel proprement dit, c'est-à-dire et par exemple, des lignes aériennes qui doivent être conformes à des normes ou à des réglementations établies, telle que l'EN 50119.

La présente norme donne également des dispositions applicables aux essais diélectriques (essais de type ou essais individuels de série) réalisés sur les matériels (voir Annexe B).

NOTE Des exigences spécifiques sont nécessaires pour les systèmes de sécurité critique. Ces exigences sont déterminées dans la norme spécifique de produit relative à la signalisation, la CEI 62425.

2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables pour la bonne application de ce document. Pour des références datées, seule l'édition citée est applicable. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60507, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

IEC 60587, *Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion (disponible en anglais uniquement)*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

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

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

CEI 61992-1:2006, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu – Partie 1: Généralités*

CEI 62236 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*

EN 50119, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

3 Termes et définitions

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

NOTE Pour les besoins de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent en fonction de l'ordre de priorité suivant:

- la définition fournie ci-après;
- la définition donnée dans la CEI 60664-1;
- la définition donnée dans les documents mentionnés à l'Article 2, autres que la CEI 60664-1.

3.1

distance d'isolement dans l'air (distance d'isolement)

distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices

3.2

ligne de fuite

distance la plus courte à la surface d'un matériau isolant entre deux parties conductrices

3.3 sections

3.3.1 section

partie d'un circuit électrique ayant ses propres valeurs de tension assignées pour coordination de l'isolement

Les sections se divisent en deux catégories:

3.3.2 section mise à la terre

section reliée à la terre ou à la caisse de la voiture par le biais d'un circuit dont il n'est pas prévu d'interruption

3.3.3 section flottante

section isolée de la terre ou de la caisse de la voiture

NOTE 1 Une section peut être sous l'influence électrique des sections adjacentes.

NOTE 2 Il est admis de considérer un point particulier d'un circuit comme une section.

3.4 tensions

3.4.1 tension nominale (U_n)

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

3.4.2 tension locale

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu qui peut apparaître entre deux points, à travers n'importe quelle isolation, chaque circuit susceptible d'influencer ladite valeur efficace étant alimenté sous la tension permanente maximale

NOTE "Permanent" signifie que la tension dure plus de 5 min, telle la tension U_{max1} dans la CEI 60850.

3.4.3 tension assignée

valeur de la tension, assignée par le constructeur à un composant, à un dispositif ou à un matériel, et à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles

NOTE Les matériels peuvent avoir plusieurs valeurs ou une plage de tensions assignées.

3.4.4 tension assignée d'isolement (U_{Nm})

valeur efficace de tension de tenue assignée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue permanente (au-delà de 5 min) de son isolation.

NOTE 1 U_{Nm} est une tension entre une partie active du matériel et la terre ou une autre partie active. Pour le matériel roulant, la terre considérée est la caisse de la voiture.

NOTE 2 Pour des circuits, des systèmes et sous-systèmes d'applications ferroviaires, cette définition est préférable à la "tension la plus élevée pour le matériel" qui est largement utilisée dans les normes internationales.

NOTE 3 U_{Nm} est supérieure ou égale à la tension locale. En conséquence, pour des circuits directement reliés à une ligne de contact, U_{Nm} est supérieure ou égale à U_{max1} telle que spécifiée dans la CEI 60850.

NOTE 4 U_{Nm} n'est pas nécessairement égale à la tension assignée qui est principalement liée aux caractéristiques fonctionnelles.

3.4.5

tension de crête locale

valeur de tension la plus élevée qui peut apparaître en service à travers n'importe quelle isolation particulière

3.4.6

tension de crête répétitive

valeur de crête maximale des excursions périodiques de la forme d'onde de tension résultant des déformations d'une tension en courant alternatif ou de composantes alternatives superposées à la tension en courant continu

NOTE Les surtensions aléatoires dues, par exemple, à des manœuvres occasionnelles ne sont pas considérées comme des tensions de crête répétitives.

3.4.7

tension assignée de tenue aux chocs (U_{Ni})

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le constructeur aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

NOTE U_{Ni} est supérieure ou égale à la tension de crête locale.

3.5

surtensions

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent, dans les conditions normales d'exploitation

3.5.1

surtension temporaire

surtension d'une durée relativement longue, due aux variations de tension

NOTE Une surtension temporaire est indépendante de la charge du réseau. Elle est caractérisée par une courbe tension/temps.

3.5.2

surtension transitoire

surtension de courte durée ne dépassant pas quelques millisecondes, due aux transferts de courant

NOTE Une surtension transitoire dépend de la charge du réseau. Elle ne peut pas être caractérisée par une courbe tension/temps. Une surtension transitoire est fondamentalement le résultat d'un transfert de courant d'une source à la charge (réseau).

Deux surtensions transitoires sont notamment définies:

3.5.3

surtension de manœuvre

surtension transitoire apparaissant en un point d'un réseau et engendrée par une manœuvre ou un défaut

3.5.4

surtension de foudre

surtension transitoire apparaissant en un point d'un réseau et engendrée par une décharge atmosphérique

NOTE Les définitions du 3.5 sont similaires à celles des CEI 60664-1 et CEI 60850.

Cependant, la prévalence de la nature de la cause (variations de tension ou transfert de courant) en fonction du temps, permettant de faire la différence entre surtensions transitoires et surtensions temporaires, est clairement indiquée ici (alors que la CEI 60664-1 ne tient pas compte de la nature de la cause).

Les surtensions de longue durée (habituellement de 20 ms à 1 s), définies dans la CEI 60850 et spécifiques aux réseaux de ligne de contact, sont équivalentes aux surtensions temporaires.

3.6 isolations

3.6.1

isolation fonctionnelle

isolation entre pièces conductrices, qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement

3.6.2

isolation principale

isolation des parties sous tension, destinée à assurer la protection principale contre les chocs électriques

3.6.3

isolation supplémentaire

isolation indépendante, utilisée en plus de l'isolation principale, afin d'assurer une protection contre les chocs électriques en cas de défaillance de l'isolation principale

3.6.4

double isolation

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

3.6.5

isolation renforcée

système d'isolation unique des parties sous tension, assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalant à une double isolation

NOTE Le terme "système d'isolation unique" ne sous-entend pas que l'isolation est constituée d'une partie homogène. Le système peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent être soumises aux essais séparément, en tant qu'isolation principale et supplémentaire.

4 Base de la coordination de l'isolement

4.1 Principes de base

4.1.1 Généralités

La coordination de l'isolement implique le choix des caractéristiques de l'isolation électrique du matériel, compte tenu de sa mise en œuvre et en relation avec son environnement.

La coordination de l'isolement peut uniquement être réalisée, à la condition que la conception du matériel prenne en compte les contraintes auxquelles celui-ci sera soumis pendant sa durée de vie escomptée.

4.1.2 Coordination de l'isolement relative aux tensions

4.1.2.1 Généralités

On doit prendre en considération:

- les tensions qui peuvent apparaître dans le système (réseau);
- les tensions produites par le matériel (qui pourraient endommager d'autres matériels dans le système);
- le degré de disponibilité prévu pour le matériel;
- la sécurité des personnes et des biens, afin que la probabilité d'incidents fortuits dus aux contraintes de tension ne conduise pas à un risque de danger inacceptable;
- la sécurité des fonctions de systèmes de commande et de protection;
- les tensions induites dans les câbles à la voie;
- la forme des surfaces d'isolement;

- l'orientation et l'emplacement des lignes de fuite;
- si nécessaire, l'altitude à laquelle elles s'appliquent.

4.1.2.2 Coordination de l'isolement relative aux tensions permanentes en courant alternatif ou en courant continu

La coordination de l'isolement en ce qui concerne les tensions permanentes est fondée sur:

- la tension assignée;
- la tension assignée d'isolement;
- la tension locale.

Sauf spécification contraire dans les normes de produits, les tensions permanentes durent plus de 5 min.

4.1.2.3 Coordination de l'isolement relative aux surtensions transitoires

La coordination de l'isolement relative aux surtensions transitoires est fondée sur des situations de maîtrise des surtensions. Il y a deux sortes de situation:

- situation naturelle: situation d'un système (réseau) électrique où, grâce aux caractéristiques mêmes du système (réseau), on peut s'attendre à ce que les surtensions transitoires présumées soient inférieures à un niveau défini;
- situation contrôlée: situation d'un système (réseau) électrique où, grâce à des moyens spécifiques de réduction des surtensions, on peut s'attendre à ce que les surtensions transitoires présumées soient inférieures à un niveau défini.

NOTE 1 Les surtensions produites dans des systèmes (réseaux) grands et complexes, tels que les lignes aériennes, soumis à des influences multiples et variables, peuvent être seulement estimées sur une base statistique. Ceci est particulièrement vrai pour les surtensions d'origine atmosphérique et s'applique, que la maîtrise des surtensions soit réalisée au moyen d'une situation naturelle ou d'une situation contrôlée.

NOTE 2 Une analyse probabiliste est recommandée pour estimer si une situation naturelle existe ou si une situation contrôlée est nécessaire.

NOTE 3 Les moyens spécifiques de réduction des surtensions peuvent consister en un dispositif susceptible de stocker ou de dissiper l'énergie et capable, dans des conditions définies, de dériver sans danger l'énergie des surtensions prévues à cet endroit.

EXEMPLE de situation naturelle: Contrôle assuré par contournement à travers des isolateurs ou des cornes à éclateurs sur des lignes aériennes.

EXEMPLE de situation contrôlée: Contrôle assuré par le filtre d'une locomotive sur le circuit aval, à condition qu'aucune source de surtension de manœuvre ne risque de perturber ledit circuit.

La coordination de l'isolement est fondée sur une série préférentielle de valeurs de tension assignée de tenue aux chocs; ces valeurs sont énumérées dans la première colonne du Tableau A.3.

4.1.2.4 Coordination de l'isolement relative à une tension de crête répétitive

On doit tenir compte de la probabilité d'occurrence de décharges partielles pouvant avoir lieu dans l'isolation solide ou le long des surfaces de l'isolation.

4.1.3 Coordination d'isolement relative aux conditions d'environnement

Les conditions du micro-environnement de l'isolation doivent être prises en compte, quantifiées en termes de degrés de pollution.

Les conditions du micro-environnement dépendent principalement des conditions du macro-environnement dans lequel le matériel est situé et dans de nombreux cas, les environnements sont identiques. Cependant, le micro-environnement peut être meilleur ou moins bon que le macro-environnement où, par exemple, les enveloppes, le chauffage et la ventilation ou la poussière influencent le micro-environnement.

NOTE La protection procurée par les enveloppes conformément aux classes spécifiées dans la CEI 60529 n'améliore pas nécessairement le micro-environnement en ce qui concerne la pollution.

4.2 Tensions et caractéristiques assignées de tension

4.2.1 Généralités

Pour déterminer la tension locale d'une section flottante, on considère que la section est reliée à la terre ou à une autre section, de manière à reproduire la situation la plus défavorable.

Il est recommandé d'éviter les sections flottantes dans les réseaux haute tension.

Les tensions indiquées dans ce paragraphe 4.2 sont des "tensions prescrites" qui seraient spécifiées pour une application particulière. Elles sont différentes des tensions assignées, qui sont déclarées par un fabricant pour un produit donné.

Des valeurs de tension assignée sont définies pour chaque section d'un circuit.

4.2.2 Tension assignée d'isolement (U_{Nm})

La tension assignée d'isolement exigée au minimum pour une section donnée est égale à la tension locale la plus élevée apparaissant dans la section ou produite par des sections adjacentes.

Les contraintes d'une durée inférieure à 5 min (par exemple, U_{max2} telle que définie dans la CEI 60850) peuvent être prises en compte au cas par cas, en considérant notamment l'intervalle entre ces contraintes.

4.2.3 Tension assignée de tenue aux chocs (U_{Ni})

4.2.3.1 Généralités

La tension assignée de tenue aux chocs exigée au minimum pour une section donnée est déterminée soit par la méthode 1, soit par la méthode 2.

Dans une situation naturelle, il convient d'utiliser la méthode 1.

Dans une situation contrôlée, il est admis d'utiliser la méthode 1 et la méthode 2.

4.2.3.2 Méthode 1

La méthode 1 est fondée sur des tensions assignées d'isolement et des catégories de surtensions.

La relation entre tensions assignées d'isolement et tensions nominales couramment utilisées dans les applications ferroviaires est donnée dans le Tableau D.1 de l'Annexe D.

La méthode 1 utilise quatre catégories de surtensions pour caractériser l'exposition du matériel à des surtensions.

- OV1: Circuits protégés contre les surtensions externes et internes et dans lesquels il ne peut apparaître que de très faibles surtensions du fait:

- qu'ils ne sont pas directement reliés à la ligne de contact;
- qu'ils sont exploités à l'intérieur;
- qu'ils sont contenus dans un matériel ou un dispositif;
- OV2: Identique à OV1, mais avec des conditions de surtension plus sévères et/ou des exigences de sécurité et de fiabilité plus strictes;
- OV3: Identique à OV4, mais avec des conditions de surtension moins sévères et/ou des exigences de sécurité et de fiabilité moins strictes;
- OV4: Circuits non protégés contre les surtensions externes ou internes (c'est-à-dire directement reliés à des lignes de contact ou à des lignes extérieures) et qui peuvent être mis en danger par des surtensions de type foudre ou de type manœuvre.

L'Article 8 donne une description plus détaillée pour des applications spécifiques.

Avec la méthode 1, la tension assignée de tenue aux chocs exigée au minimum pour une section donnée est déterminée de la manière suivante:

- Pour les circuits à basse tension, non alimentés directement par la ligne de contact, la tension assignée de tenue aux chocs est donnée par le Tableau A.1;
- Pour les circuits alimentés par la ligne de contact et pour les circuits d'énergie de traction des véhicules thermoélectriques, la tension assignée de tenue aux chocs est donnée par le Tableau A.2.

Lorsqu'une protection spécifique contre les surtensions est mise en œuvre, le choix de la catégorie de surtensions dépend de ce dispositif de protection.

4.2.3.3 Méthode 2

Avec la méthode 2, la tension assignée de tenue aux chocs exigée au minimum pour une section donnée est égale à la tension de crête locale apparaissant dans la section ou produite par des sections adjacentes.

4.2.3.4 Contingence

Aucune contingence n'est appliquée à la tension assignée de tenue aux chocs, quelle que soit la méthode utilisée.

4.3 Durée d'application de la contrainte de tension

En ce qui concerne les lignes de fuite, la durée d'application de la contrainte de tension influe sur le nombre de cas d'apparition du séchage pouvant produire une décharge électrique suffisamment importante pour entraîner le cheminement. Le nombre d'apparitions de séchage est considéré comme suffisamment important pour entraîner le cheminement:

- dans les matériels destinés à un usage continu et qui ne produisent pas à l'intérieur d'eux-mêmes suffisamment de chaleur pour le séchage;
- dans les matériels côté entrée d'un appareil de connexion et entre les bornes de ligne et de charge (entrée et sortie) d'un appareil de connexion directement alimenté par le réseau basse tension;
- dans les matériels sujets à condensation sur de longues périodes et fréquemment fermés et ouverts.

Les lignes de fuite indiquées dans les Tableaux A.5, A.6 et A.7 ont été déterminées pour une isolation destinée à être soumise à une contrainte de tension de longue durée.

4.4 Pollution

Le micro-environnement détermine l'effet de la pollution sur l'isolation. Cependant, le macro-environnement doit être pris en considération lors de l'étude du micro-environnement.

Des moyens tels que l'utilisation efficace d'enveloppes, d'enrobage ou de scellements hermétiques, peuvent être employés pour réduire la pollution de l'isolation considérée. De tels moyens pour réduire la pollution peuvent ne pas être efficaces lorsque le matériel est sujet à la condensation ou si, en fonctionnement normal, le matériel produit lui-même des éléments polluants.

Les faibles distances d'isolement peuvent se trouver complètement pontées par des particules solides, des poussières et de l'eau et, en conséquence, des distances minimales sont spécifiées lorsqu'il peut y avoir de la pollution dans le micro-environnement.

NOTE 1 La pollution devient conductrice en présence d'humidité. La pollution due à l'eau contaminée, de la suie, de la poussière de métal ou de carbone est naturellement conductrice.

NOTE 2 La pollution conductrice par gaz ionisés et dépôts métalliques est limitée à des cas spécifiques, par exemple dans les chambres à arc de l'appareillage, et n'est pas traitée dans la présente norme.

Afin d'évaluer les lignes de fuite et les distances d'isolement, sept degrés de pollution, PD1, PD2,... PD4B, sont définis, conformément au Tableau A.4.

NOTE 3 Les sept degrés de pollution sont extraits des normes CEI 60664-1, CEI 60815 et CEI 60077-1, cependant, certaines définitions ne sont pas identiques. La raison principale est que le degré PD4 des normes CEI 60664-1 et CEI 60077-1 a dû être décomposé en PD3A, PD4, PD4A et PD4B dans la présente norme, afin de couvrir les applications ferroviaires et l'expérience spécifique acquise dans ce domaine. Néanmoins, les définitions données dans la présente norme sont cohérentes avec celles de la CEI 60077-1, quand le degré de pollution est rigoureusement identique.

La classification tient uniquement compte des conditions de micro-environnement. Cependant, il convient de ne pas ignorer les conditions de macro-environnement. L'Annexe E sert de guide, lorsqu'il s'agit de définir le degré PD applicable à une condition pratique particulière.

4.5 Matériau isolant

4.5.1 Généralités

Les isolateurs haute tension externes doivent satisfaire aux normes de produits pertinentes. Il n'est pas exigé de conformité supplémentaire à la présente norme.

4.5.2 Indice de résistance au cheminement (IRC)

4.5.2.1 Les matériaux isolants peuvent être grossièrement caractérisés selon les dommages qu'ils peuvent subir à partir de la libération localisée d'énergie résultant de décharges électriques lors de l'interruption d'un courant de fuite superficiel, c'est-à-dire par suite du séchage de la surface contaminée. En présence de décharges électriques, les matériaux isolants peuvent avoir le comportement suivant:

- décomposition du matériau isolant;
- usure du matériau isolant due aux décharges électriques (électroérosion);
- formation progressive de chemins conducteurs produits à la surface du matériau isolant solide due aux effets combinés de la contrainte électrique et de la contamination électrolytique en surface (cheminement).

NOTE Le cheminement ou l'érosion apparaît si:

- un film liquide conduisant le courant de fuite superficiel se rompt, et
- la tension appliquée est suffisante pour provoquer le claquage du petit intervalle formé lorsque le film se rompt, et
- le courant est supérieur à une valeur limite qui est nécessaire pour fournir localement une énergie suffisante pour décomposer thermiquement le matériau isolant sous le film.

La détérioration s'accroît avec la durée pendant laquelle le courant circule.

4.5.2.2 Il n'existe pas de méthode de classification des matériaux isolants selon 4.5.2.1. Le comportement du matériau isolant sous l'action de divers agents de contamination et de diverses tensions est extrêmement complexe. Dans ces diverses conditions, de nombreux matériaux peuvent présenter les deux ou même les trois caractéristiques décrites ci-dessus. Une corrélation directe avec les groupes de matériaux de 4.5.2.3 n'est guère utilisable. Toutefois, l'expérience et les essais ont permis de montrer que des matériaux isolants ayant un meilleur comportement relatif ont, également, approximativement le même classement relatif d'après l'indice de résistance au cheminement (IRC). Par conséquent, cette norme utilise les valeurs de l'IRC pour caractériser les matériaux isolants.

4.5.2.3 Les matériaux sont répartis en quatre groupes, selon les valeurs de l'IRC, comme défini dans la CEI 60112 ou selon leur classe, telle que déterminée par les essais de la CEI 60587.

Groupe de matériaux I	$600 \leq \text{IRC}$	ou	classe 1A4.5
Groupe de matériaux II	$400 \leq \text{IRC} < 600$	ou	classe 1A3.5
Groupe de matériaux IIIa	$175 \leq \text{IRC} < 400$	ou	classe 1A2.5
Groupe de matériaux IIIb	$100 \leq \text{IRC} < 175$	ou	classe 1A0

Les valeurs de l'IRC ci-dessus sont relatives aux valeurs obtenues, conformément à la CEI 60112, sur des échantillons spécialement préparés à cet effet et soumis aux essais avec la solution A.

NOTE 1 L'indice de tenue au cheminement (ITC) est également utilisé pour identifier les caractéristiques de cheminement des matériaux. Il est possible d'inclure un matériau dans l'un des quatre groupes ci-dessus selon que son ITC, établi selon les méthodes de la CEI 60112 et en utilisant la solution A, est supérieur ou égal à la valeur inférieure spécifiée pour le groupe.

NOTE 2 L'équivalence entre IRC et classes n'a pas été démontrée.

5 Exigences et règles de dimensionnement des distances d'isolement

5.1 Généralités

Les distances d'isolement doivent être dimensionnées pour supporter la tension visée au 5.2, en tenant compte de tous les paramètres qui peuvent affecter le claquage de l'isolation pendant toute la durée de vie du matériel.

Pour mesurer les distances d'isolement de manière correcte, appliquer les exigences de l'Article 7.

Les distances d'isolement indiquées dans le Tableau A.3 s'appliquent aux altitudes jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour des altitudes supérieures, des méthodes de correction sont données en 5.4.

5.2 Distances d'isolement minimales

5.2.1 Isolation fonctionnelle

Les distances d'isolement minimales pour l'isolation fonctionnelle sont fondées sur la tension assignée de tenue aux chocs conformément au Tableau A.3, pour des altitudes supérieures à 2 000 m les distances d'isolement doivent être augmentées conformément au 5.4.

Il est admis d'adopter des valeurs plus faibles, notamment dans le cas de champs homogènes. Les distances réduites doivent résister à la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} . La conformité doit être vérifiée par un essai. La tension d'essai est la valeur de U_i , U_{Ca} ou U_{Cc} du Tableau A.8 pour une distance égale à la distance minimale d'isolement du tableau A.3.

5.2.2 Isolation principale et supplémentaire

Les distances d'isolement minimales pour l'isolation principale et supplémentaire sont fondées sur la tension assignée de tenue aux chocs, conformément au Tableau A.3, **pour des altitudes supérieures à 2 000 m les distances d'isolement doivent être augmentées conformément au 5.4.**

Il n'est pas admis de valeurs plus faibles.

5.2.3 Isolation renforcée

Pour le dimensionnement de l'isolation renforcée, le paragraphe 5.2.2 est appliqué avec la modification suivante: la tension assignée de tenue aux chocs doit être égale à 160 % de la tension assignée de tenue aux chocs exigée pour l'isolation principale.

Il n'est pas admis de valeurs plus faibles.

5.3 Contingence

L'attention est attirée sur le fait que les valeurs les plus élevées de U_{Ni} peuvent être déterminées par des exigences d'essai CEM, telles que celles données dans la série des CEI 62236.

Il est admis que certaines applications exigent des distances d'isolement plus importantes afin de tenir compte des éléments suivants:

- conditions atmosphériques, risques de pollution particulière, humidité élevée;
- environnement ionisé;
- conditions d'installation;
- connexions;
- sécurité des personnes;
- variations en matière de production, de maintenance;
- vieillissement en service;
- situations de panne et autres cas exceptionnels;
- conditions cinématiques, forces électromécaniques;
- si nécessaire: l'altitude qui s'applique;
- substances bactériologiques, biologiques et chimiques;
- barbes (trichites) (filaments métalliques qui se développent à la surface du métal);
- etc.

5.4 Distances d'isolement pour des altitudes supérieures à 2 000 m

Les distances d'isolement indiquées dans le Tableau A.3 s'appliquent en vue d'être utilisées jusqu'à 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Pour des altitudes supérieures à 2 000 m les distances d'isolement indiquées dans le Tableau A.3 doivent être augmentées.

Pour des circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV, les distances d'isolement données dans le Tableau A.3 doivent être multipliées par le facteur de correction d'altitude k_d fourni dans le Tableau A.9.

Pour des circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} supérieures à 60 kV, les distances d'isolement données dans le Tableau A.3 doivent être multipliées par le facteur de correction d'altitude k_d fourni dans le Tableau A.10.

6 Règles de dimensionnement des lignes de fuite

6.1 Généralités

Les lignes de fuite doivent être dimensionnées pour supporter la tension visée en 6.2, en tenant compte de tous les paramètres qui affectent l'isolation à long terme pendant toute la durée de vie du matériel.

Les informations relatives aux facteurs d'influence sont données dans l'Article 4.

Les tensions induites dans les câbles à la voie par les courants du matériel roulant sont à ajouter aux facteurs d'influence.

Pour mesurer les lignes de fuite de manière correcte, appliquer les exigences de l'Article 7.

La ligne de fuite minimale doit être au moins égale à la distance d'isolement minimale donnée dans le Tableau A.3.

Les valeurs des Tableaux A.5 et A.6 ne s'appliquent pas à la combinaison de divers matériaux isolants au sein de la distance d'isolement. S'il existe une combinaison de distance d'isolement insuffisante, associée à une ligne de fuite insuffisante, on doit augmenter l'une de ces deux valeurs pour satisfaire aux exigences de 5.2 ou 6.2.

Il est admis de munir les surfaces du matériau d'isolation de nervures ou de rainures pour rompre la continuité du chemin de fuite due à des matières étrangères. Les nervures, rainures, ailettes ou parties de blindage d'une surface d'isolement peuvent protéger contre la pollution et les précipitations. Il convient d'éviter les joints, rainures ou stries à la verticale des pièces conductrices (électrodes), car ils peuvent accumuler de la pollution ou retenir l'eau par effet de capillarité.

NOTE Pour des distances jusqu'à 2 mm sous contrainte de crêtes de tension dans des conditions d'humidité, voir la CEI 60664-5.

6.2 Lignes de fuite minimales

6.2.1 Isolations fonctionnelle, principale et supplémentaire

Les lignes de fuite minimales sont fondées sur la tension assignée d'isolement (U_{Nm}) conformément aux Tableaux A.5, A.6 et A.7.

6.2.2 Isolation renforcée

Pour le dimensionnement de l'isolation renforcée, on applique 2 fois la distance d'isolation principale.

7 Essais et mesures

7.1 Généralités

Le présent article traite uniquement de la vérification des exigences des Articles 5 et 6.

L'Annexe B couvre les essais de type et les essais individuels de série.

Si cela est exigé, les distances d'isolement et les lignes de fuite doivent être mesurées sur un élément représentatif, conformément à 7.2.

Si les distances d'isolement de l'isolation fonctionnelle sont en réalité inférieures aux valeurs spécifiées dans l'Article 5, ou s'il est impossible de les mesurer, on doit soumettre les parties électriques concernées à un essai diélectrique au lieu de mesurer les distances d'isolement, en utilisant un élément représentatif propre. Cet essai diélectrique doit être conduit conformément à 7.3, 7.4 ou 7.5.

L'essai diélectrique doit être effectué conformément aux valeurs du Tableau A.8, sur la base des distances exigées dans le Tableau A.3.

Il est préférable que l'essai diélectrique soit un essai de tension de tenue aux chocs conformément à 7.3.

En remplacement, il est également admis de vérifier les distances d'isolement en effectuant un essai de tension à fréquence industrielle conformément à 7.4 ou un essai de tension en courant continu conformément à 7.5.

L'essai de tension en courant continu est préférable lorsque les distances d'isolement sont pontées par des capacités.

NOTE 1 Étant donné que l'application de la tension dure beaucoup plus longtemps que la durée d'une tension de tenue aux chocs, des tensions alternatives ou continues appliquent des contraintes plus importantes sur les isolations solides. Les isolations peuvent être endommagées par l'essai. Il convient que les normes de produit tiennent compte de cet élément lorsqu'elles prescrivent des tensions élevées d'essai en courant alternatif ou en courant continu.

NOTE 2 Pour les matériels équipés d'un parasurtenseur, il convient que les essais de tenue en tension soient conduits avec le parasurtenseur déconnecté du circuit, si nécessaire. S'il ne peut pas être déconnecté, il convient que le fournisseur et l'acheteur se mettent d'accord sur la méthode d'essai.

Le cas échéant, la tension d'essai doit être uniquement appliquée à la section où la distance d'isolement doit être vérifiée.

Seules les sections qui ont les mêmes exigences de tension et de pollution peuvent rester branchées aux sources de tension d'essai.

Les lignes de fuite ne peuvent être vérifiées que par des mesures.

7.2 Mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

7.2.1 Méthode et valeurs

Les distances d'isolement sont définies dans l'Article 5 et les lignes de fuite dans l'Article 6.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées en Annexe C.

7.2.2 Critères d'acceptation

Des valeurs inférieures à celles qui sont spécifiées dans les Articles 5 et 6 ne doivent pas être autorisées.

7.3 Vérification des distances d'isolement par essai de tenue aux chocs

7.3.1 Méthode et valeurs

La tension de l'essai de tenue au choc de 1,2/50 μ s doit être appliquée trois fois pour chaque polarité, avec un intervalle d'au moins 1 s.

La tension d'essai doit être ~~égale à~~ la valeur U_i fournie dans le Tableau A.8, ~~fondée sur la~~ une distance ~~à prendre en compte étant~~ déterminée ~~dans~~ conformément à l'Article 5.

En fonction des conditions atmosphériques et de l'altitude à l'emplacement d'essai, les tensions d'essai de tenue aux chocs U_i données dans le Tableau A.8 doivent être corrigées selon la CEI 60664-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV et selon la CEI 60060-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} supérieure à 60 kV.

NOTE La présente norme ne fait pas de distinction entre isolation autorégénératrice et isolation non autorégénératrice que l'on trouvera plutôt dans des normes de produits (isolateurs, etc.).

7.3.2 Critères d'acceptation de l'essai

L'essai est réussi si la tension d'essai ne s'effondre pas.

7.4 Vérification des distances d'isolement par essai à la fréquence industrielle

7.4.1 Méthode et valeurs

L'essai doit être effectué conformément à la CEI 60060-1 ou à la CEI 60664-1.

La tension d'essai doit être ~~égale à~~ la valeur U_{ca} fournie dans le Tableau A.8, ~~fondée sur la~~ une distance ~~à prendre en compte étant~~ déterminée ~~dans~~ conformément à l'Article 5.

En fonction des conditions atmosphériques et de l'altitude à l'emplacement d'essai, les tensions d'essai U_{ca} données dans le Tableau A.8 doivent être corrigées selon la CEI 60664-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV et selon la CEI 60060-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} supérieure à 60 kV.

La fréquence d'essai est 50 Hz $\pm$ 10 % ou 60 Hz $\pm$ 10 %.

La valeur d'essai doit être atteinte en 5 s et doit être maintenue pendant 5 s.

7.4.2 Critères d'acceptation de l'essai

L'essai est réussi si la tension d'essai ne s'effondre pas.

7.5 Vérification des distances d'isolement par essai de tension en courant continu

7.5.1 Méthode et valeurs

La tension d'essai doit être ~~égale à~~ la valeur U_{cc} fournie dans le Tableau A.8, ~~fondée sur la~~ une distance ~~à prendre en compte étant~~ déterminée ~~dans~~ conformément à l'Article 5.

En fonction des conditions atmosphériques et de l'altitude à l'emplacement d'essai, les tensions d'essai U_{cc} données dans le Tableau A.8 doivent être corrigées selon la CEI 60664-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV et selon la CEI 60060-1 pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} supérieure à 60 kV.

La valeur d'essai doit être atteinte en 5 s et doit être maintenue pendant 5 s.

Le facteur d'ondulation ne doit pas dépasser la valeur donnée par un pont triphasé (4,2 %).

7.5.2 Critères d'acceptation de l'essai

L'essai est réussi si la tension d'essai ne s'effondre pas.

8 Exigences spécifiques à des applications données du domaine ferroviaire

8.1 Généralités

Il est reconnu que certaines exigences peuvent être plus spécifiques ou même s'écarter de l'ensemble des exigences communes établies dans les Articles 4, 5, 6, et 7, à condition qu'elles s'appliquent à des zones limitées et qu'elles s'appuient sur des considérations d'ordre technique ou économique.

8.2 Exigences spécifiques à la signalisation

8.2.1 Catégories de surtensions

Outre les dispositions de surtension données en 4.2.3.2, les catégories suivantes peuvent servir de ligne directrice pour définir les surtensions dans le domaine de la signalisation:

- OV1:
EXEMPLES:
 - lignes de transmission de données;
 - circuits non connectés à un réseau de distribution d'énergie;
 - circuits blindés;
 - circuits exploités à l'intérieur.
- OV2:
Circuits ayant des surtensions transitoires normales ou des circuits ayant des exigences de disponibilité normales.
EXEMPLES:
 - circuits primaires 230 V en courant alternatif des matériels;
 - circuits d'alimentation intérieurs.
- OV3:
Circuits ayant des exigences de disponibilité améliorées.
EXEMPLES:
 - réseaux de distribution d'énergie dans les installations;
 - lignes à l'extérieur des bâtiments protégées par des dispositifs de protection supplémentaires.
- OV4:
EXEMPLE:
Lignes à l'extérieur des bâtiments protégées uniquement par des dispositifs inhérents.

8.2.2 Tensions assignées de tenue aux chocs

8.2.2.1 Généralités

En l'absence d'éventuelles informations spécifiques de tensions assignées de tenue aux chocs, les distances d'isolement doivent être déterminées conformément à 8.2.2.2 et 8.2.2.3.

NOTE La valeur de 8.2.2.2 est plus élevée que celle de 8.2.2.3 pour des raisons de fiabilité: il est plus difficile de détecter du matériel en panne à distance.

8.2.2.2 Matériel utilisé à l'extérieur

Les distances d'isolement de l'isolation principale dans les circuits sans protection supplémentaire contre les surtensions, qui sont installés au sol ou à proximité du sol, au niveau de la voie, doivent être dimensionnées pour une valeur $U_{Ni} = 3\,100\text{ V}$.

8.2.2.3 Matériel utilisé à l'intérieur

Les distances d'isolement de l'isolation principale pour des circuits sans protection supplémentaire contre les surtensions, qui n'ont pas de séparation galvanique avec les circuits à l'extérieur, doivent être dimensionnées pour une valeur $U_{Ni} = 2\,200\text{ V}$.

8.2.3 Tensions induites

Dans les câbles en campagne, le long des voies électrifiées, les courants de traction ou les courts-circuits de la caténaire induisent des tensions. Ces tensions affectent l'isolement et, par conséquent, on doit les prendre en compte pour le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite. Les exploitants de réseaux ferroviaires doivent préciser les tensions maximales, les fréquences, les durées et les formes d'onde des tensions prévues au sein de leurs systèmes.

Pour le dimensionnement de l'isolation de circuits qui sont en liaison galvanique avec des circuits à l'extérieur et qui sont installés à proximité de voies électrifiées alimentées par des réseaux à courant alternatif, une tension permanente de 250 V entre parties actives et terre doit être prise en compte, sauf spécification contraire. Cette tension induite a la fréquence du réseau d'alimentation en courant alternatif.

8.2.4 Instructions d'installation

Le fabricant doit indiquer, dans les instructions d'installation, les conditions d'exploitation des interfaces des matériels de la manière suivante:

- tension(s) assignée(s) ou plage(s) de tensions assignées;
- tension(s) assignée(s) de tenue aux chocs ou catégorie de surtensions;
- capacité de tenue aux tensions induites engendrées par les courants de traction.

8.2.5 Degrés de pollution

Il convient de dimensionner l'isolation des matériels exploités à l'intérieur pour PD1.

Il convient de dimensionner l'isolation des matériels exploités à l'extérieur pour PD3.

8.3 Exigences spécifiques au matériel roulant

8.3.1 Détermination de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} par la méthode 1

Outre les dispositions de surtension données en 4.2.3.2, les catégories suivantes peuvent servir de ligne directrice pour définir les surtensions du matériel roulant:

- OV2: Circuits qui ne sont pas directement reliés à la ligne de contact et qui sont protégés contre les surtensions;
- OV3: Circuits qui sont directement reliés à la ligne de contact mais avec protection contre les surtensions et qui ne sont pas exposés à des surtensions atmosphériques;
- les circuits d'énergie de traction sans aucun organe de protection autre que le dispositif de protection qui pourrait réduire les surtensions sont soumis à des conditions OV3;
- les circuits d'énergie de traction disposant d'une protection supplémentaire par filtre ou d'une protection inhérente (situation naturelle) par des composants (par exemple, semi-conducteurs) sont soumis à des conditions OV2 et, sauf si le niveau de surtension est bien connu;
- lorsque des circuits à basse tension sont isolés des circuits de haute puissance par une isolation galvanique ou par plusieurs filtres successifs, ou par des composants similaires, ils peuvent être soumis à des conditions OV1.

NOTE Le matériel roulant est généralement équipé d'un écrêteur de surtension qui donne un niveau de protection dont la valeur est connue en fonction de ses caractéristiques et utilisée comme U_{Ni} .

8.3.2 Lignes de fuite

Seules les catégories PD1 à PD4 sont à prendre en compte sur le matériel roulant.

Dans la pratique, les valeurs des lignes de fuite minimales pour une valeur U_{Nm} supérieure à 1 000 V peuvent être limitées à 20 mm/kV si des interventions d'atténuation, comme un graissage ou nettoyage des surfaces d'isolation, sont envisagées.

8.3.3 Installations en toiture

Sauf déclaration contraire dans la norme de produit applicable, la conformité à la présente norme est exigée.

Les distances peuvent être augmentées suite à des besoins spécifiques générés par une accumulation de pollution sur un grand plan conducteur horizontal.

8.4 Exigences spécifiques aux installations fixes

8.4.1 Détermination de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} par la méthode 1

8.4.1.1 Généralités

Outre les dispositions de surtension données en 4.2.3.2, les catégories suivantes peuvent servir de ligne directrice pour définir les surtensions dans le domaine des installations fixes:

8.4.1.2 Définition de OV2 et OV3 et choix des degrés de pollution

OV2 et OV3 font référence à la situation suivante: matériel en contact direct avec la ligne de contact, tel que disjoncteurs et sectionneur de ligne, avec risque de foudre moyen ou une certaine protection (situation naturelle ou contrôlée).

PD4 peut être exigé ou déclaré dans des normes de produit pour du matériel se trouvant dans des sous-stations extérieures ou intérieures dans des conditions exposées.

La tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} doit être majorée de 10 % à 20 % au cas où un dispositif de manœuvre, pour des raisons de sécurité, est prévu pour assurer une distance d'isolement entre ses contacts ouverts (CEI 61992-1, 3.1.5). La distance d'isolement minimale entre les contacts ouverts devra être, par conséquent, majorée convenablement.

8.4.1.3 Lignes aériennes

Les lignes aériennes sont considérées comme un cas de situation naturelle. Le niveau d'isolation assignée est fondé sur la prise en compte de valeurs statistiques et de risque.

Par conséquent, la tension assignée de tenue aux chocs est choisie parmi les valeurs préférentielles données dans le Tableau A.2, mais sans tenir compte de la correspondance avec les tensions d'isolement et sans tenir compte des niveaux de surtension indiqués dans ledit tableau.

Le Tableau A.3 est fondé sur des conditions diélectriques des électrodes les plus défavorables. Dans les lignes aériennes, les conditions différentes prévalent et, par conséquent, des distances d'isolement différentes données par les normes ou par les réglementations établies, telles que l'EN 50119, sont admises pour $U_{Ni} = 95$ kV et plus.

8.4.2 Distances des isolateurs extérieurs

Les exceptions suivantes doivent être prises en compte pour les isolateurs extérieurs d'installations fixes dont les propriétés d'isolement peuvent être influencées par les conditions atmosphériques environnantes. Le dimensionnement des lignes de fuite par rapport à la tension assignée d'isolement est comme suit:

- conditions normales d'exploitation: 24 à 33 mm/kV;
- conditions d'exploitation défavorables: 36 à 40 mm/kV;
- conditions d'exploitation extrêmement défavorables: > 48 mm/kV.

NOTE 1 Il existe des conditions normales d'exploitation lorsqu'il y a une faible pollution industrielle, une faible densité de population et aucun moteur thermique.

NOTE 2 Il existe des conditions d'exploitation défavorables lorsqu'il y a une pollution industrielle élevée et des gaz industriels, une densité de population élevée, une exploitation ferroviaire mixte, de la circulation routière et des brouillards fréquents.

NOTE 3 Des conditions d'exploitation extrêmement défavorables existent à proximité de centrales énergétiques importantes, d'industries chimiques, de fonderies à proximité de l'océan avec brouillards fréquents.

NOTE 4 Les valeurs de distance d'isolement et de ligne de fuite peuvent être réduites par accord entre l'acheteur et le fournisseur ou dans les normes de produits.

Annexe A (normative)

Tableaux

Tableau A.1 – Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} pour des circuits à basse tension, non alimentés directement par la ligne de contact

A ne pas utiliser avec la méthode 2

Tension nominale U_n du réseau d'alimentation		Tension assignée d'isolement U_{Nm} en courant alternatif ou en courant continu	Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni}			
V			kV			
triphasé	monophasé		OV1	OV2	OV3	OV4
		jusqu'à 50	0,33	0,5	0,8	1,5
		jusqu'à 100	0,5	0,8	1,5	2,5
	100 100-200 120-240	jusqu'à 150	0,8	1,5	2,5	4,0
200 220/380 230/400 254/440 277/480	220	jusqu'à 300	1,5	2,5	4,0	6,0
400/690		jusqu'à 600	2,5	4,0	6,0	8,0
1 000		jusqu'à 1 000	4,0	6,0	8,0	12,0

NOTE 1 Le symbole / dans la première colonne indique un réseau de distribution triphasé à quatre conducteurs. La tension la plus faible est la tension ligne à neutre tandis que la tension la plus élevée est la tension ligne à ligne. Lorsque seule une valeur est indiquée, elle fait référence à la tension ligne à ligne des réseaux triphasés ou monophasés.

NOTE 2 Le symbole - dans la deuxième colonne indique un réseau de distribution monophasé à trois conducteurs. La tension la plus faible est la tension ligne à neutre, tandis que la valeur la plus élevée est la tension ligne à ligne. Lorsque seule une valeur est indiquée, elle fait référence à un réseau monophasé à deux conducteurs et spécifie la valeur de la tension ligne à ligne.

NOTE 3 Pour les matériels triphasés, la tension assignée d'isolement fait référence à la tension ligne à neutre.

NOTE 4 Il est admis que les réglementations nationales imposent une valeur U_{Ni} minimale.

NOTE 5 Ce tableau est cité en 4.2.3.2.

Tableau A.2 – Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} pour des circuits alimentés par la ligne de contact et pour des circuits d'énergie de traction des véhicules thermoélectriques

A ne pas utiliser avec la méthode 2.

Tension assignée d'isolement en courant alternatif ou en courant continu U_{Nm} kV	Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} kV			
Jusqu'à ($\leq$)	OV1	OV2	OV3	OV4
0,9	4	5	6	8
1,2	5	6	8	12
1,8	6	8	10	15
2,3	8	10	12	18
3	10	12	15	20
3,7 ^a / 3,6 ^b	12	15	20 ^a / 25 ^b	30
4,8	15	18	25 ^a / 30 ^b	40
6,5	20	25	30 ^a / 40 ^b	50
8,3	25	30	35 ^a / 45 ^b	60 ^a
10	30	35		
17,25 ^a			75	95
17,25 ^{a,c}			95	125
17,25 ^b			95	125
17,25 ^{b,c}			145	170
24			125	145
27,5 ^a			125	170
27,5 ^b			170	200
27,5 ^{b,c} (36/52)			200 / 250	250 / 325
30 ^{a, d}			125	170
30 ^{b, d}			170	200

NOTE 1 Si un matériel pour réseaux alternatifs triphasés normalisés selon la CEI 60071-1, est utilisé (par exemple, 24/36/52 kV), les dispositifs doivent être choisis en conformité avec U_{Ni} et U_a - pertinent uniquement pour les installations fixes (voir Tableau B.1).

NOTE 2 Ce tableau est cité en 4.2.3.2 et 8.4.1.

NOTE 3 L'Annexe D donne la corrélation entre U_n et U_{Nm} .

^a Pour matériel roulant uniquement.

^b Pour installations fixes uniquement.

^c Valeurs plus élevées pour des cas particuliers de dispositifs de manœuvre, voir F.2.9, ou lorsque cela est spécifié par l'acheteur avant commande.

^d Voir la note i en bas du Tableau 1 de la CEI 60850 relative à la tension nominale de 25 kV.

Tableau A.3 – Distances d'isolement dans l'air minimales (en mm) pour les gammes d'altitudes normalisées sur la base de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni}

U_{Ni} kV	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
0,33	0,01	0,20	0,80	1,60	5,50		
0,5	0,04	0,20	0,80	1,60	5,50		
0,8	0,10	0,20	0,80	1,60	5,50		
1,5	0,50	0,50	0,80	1,60	5,50		
2,5	1,50	1,50	1,50	1,60	5,50		
3	2				5,5		
3,5	2,5				6,2		
4	3				7,0		
4,5	3,5				8,0		
5	4				8,5		
6	5,5				10	18	20
8	8				14	21	23
10	11				18	23	26
12	14				22	27	30
15	18				27	33	37
18	22				32	39	43
20	25				36	43	48
25	33				45	53	58
30	40				54	63	68
40	60				72	82	87
50	75				91	101	106
60	90				110	120	125
75	120				135	145	150
95	160				175	180	185
125	210				230	235	235
145	260				265	270	270
170	310				310	310	310
200	370				370	370	370
250	480				480	480	480
325	600				600	600	600

NOTE 1 Pour les lignes de contact, voir 8.4.1.3.

NOTE 2 Pour la définition de U_{Ni} , voir 3.4.7.
Pour la définition de PD1...PD4B, voir 4.4, Tableau A.4, Annexe E.

NOTE 3 Ce tableau ne s'applique pas aux installations en toiture du matériel roulant (voir 8.3.3).

NOTE 4 L'interpolation entre valeurs adjacentes du tableau est admise, mais les valeurs de la première colonne sont des valeurs préférentielles (voir 4.1.2.3).

NOTE 5 Ce tableau est cité en 4.1.2.3, 5.1, 5.2.1, 5.2.2, 5.4, 6.1, 7.1, 8.4.1.3, dans le Tableau A.7 et en B.2.1.

Tableau A.4 – Définition des degrés de pollution

	Dépôt de poussière	Humidité
PD1	- pas de pollution - non conductrice - bien protégée	- sèche - pas de condensation
PD2	- non conductrice - protégée - conductivité temporaire due à la condensation	- rare, condensation temporaire de courte durée
PD3	- faible conductivité (due à la condensation)	- condensation fréquente
PD3A	- faible conductivité	- humidité - condensation pendant de longues périodes
PD4	- conductivité occasionnelle avec nettoyage périodique	- pluie, neige givre, brouillard
PD4A ¹	- conductivité occasionnelle due à une pollution lourde	- pluie, neige givre, brouillard
PD4B ²	- conductivité occasionnelle due à une pollution très lourde	- pluie, neige givre, brouillard
¹ Installation fixes et matériel de voie, par exemple pour la signalisation. ² Installations fixes uniquement. NOTE Ce tableau est cité en 4.4, ainsi que dans le Tableau A.3.		

Tableau A.5 – Lignes de fuite minimales (en mm) sur la base de la tension assignée d'isolement U_{Nm} jusqu'à 1 000 V pour un matériau de câblage imprimé et composants associés

U_{Nm} V	PD1	PD2
	Groupes de matériaux I-II-IIIa-IIIb	Groupes de matériaux I-II-IIIa
Jusqu'à 50	0,025	0,040
63	0,040	0,063
80	0,063	0,100
100	0,10	0,16
125	0,16	0,25
160	0,25	0,40
200	0,40	0,63
250	0,56	1,00
320	0,75	1,60
400	1,00	2,00
500	1,30	2,50
630	1,80	3,20
800	2,40	4,00
1 000	3,20	5,00
NOTE 1 Pour la définition de U_{Nm} , voir 3.4.4.		
NOTE 2 L'interpolation entre valeurs adjacentes du tableau est admise.		
NOTE 3 Ce tableau est cité en 4.3, 6.1 et 6.2.1.		

**Tableau A.6 – Lignes de fuite minimales (en mm)
pour de faibles valeurs de tension assignée d'isolement U_{Nm}
pour des matériaux autres que celui de câblage imprimé**

U_{Nm} V	PD1	PD2			PD3			PD3A et PD4		
	Groupe de matériaux I-II- IIIa-IIIb	Groupe de matériaux			Groupe de matériaux			Groupe de matériaux		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
10	0,080	0,40			1,0			1,6		
12,5	0,090	0,42			1,05			1,6		
16	0,100	0,45			1,1			1,6		
20	0,110	0,48			1,2			1,6		
25	0,125	0,50			1,25			1,7		
32	0,140	0,53			1,3			1,8		
40	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8	1,9	2,4	3,0
50	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9	2,0	2,5	3,2
63	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2,0	2,1	2,6	3,4
80	0,22	0,67	0,95	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,8	3,6
100	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2	2,4	3,0	3,8
125	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4	2,5	3,2	4,0
160	0,32	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5	3,2	4,0	5,0
200	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2	4,0	5,0	6,3
250	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0	5,0	6,3	8,0
320	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0	6,3	8,0	10
400	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3	8,0	10	12,5
500	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0	10	12,5	16
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10	12,5	16	20
800	2,4	4,0	5,6	8,0	10	11	12,5	16	20	25
1 000	3,2	5,0	7,1	10	12,5	14	16	20	25	32
NOTE 1 L'interpolation entre valeurs adjacentes est admissible.										
NOTE 2 Ce tableau est cité en 4.3, 6.1 et 6.2.1.										

**Tableau A.7 – Lignes de fuite minimales (en mm/kV)
pour des valeurs élevées de tension assignée d'isolement U_{Nm}**

	Au-dessus de 1 000 V					Au-dessus de 500 V	
Groupes de matériaux	PD1	PD2	PD3	PD3A	PD4	PD4A	PD4B
I	3,2	5	12,5	20	25	30	40
II	4	7,1	14	25	30	40	50
III A	6	10	16	32	Non recommandé		
III B	Non recommandé						

NOTE 1 Pour le matériel roulant, voir 8.3.2 et 8.3.3.

NOTE 2 La ligne de fuite minimale doit être au moins égale à la distance d'isolement minimale donnée dans le Tableau A.3.

NOTE 3 Ce tableau est cité en 4.3 et 6.2.1.

Tableau A.8 – Tensions d'essai pour vérification des distances d'isolement ~~dans l'air, pour une altitude de 2 000 m au-dessus du niveau de la mer, dans des conditions atmosphériques et d'altitude de référence, à ne pas utiliser pour les essais diélectriques individuels de série~~

Distance mm	U_i kV	U_{ca} kV	U_{cc} kV
0,01	0,33	0,23	0,33
0,04	0,52	0,37	0,52
0,1	0,81	0,50	0,70
0,5	1,55	0,84	1,19
1,0	1,95	1,06	1,50
1,5	2,56	1,39	1,97
2	3,09	1,68	2,38
2,5	3,60	1,96	2,77
3	4,07	2,21	3,13
3,5	4,51	2,45	3,47
4,0	4,93	2,68	3,79
5,5	6,10	3,32	4,69
8	7,84	4,26	6,03
10	9,10	4,95	7,00
11	9,86	5,37	7,59
14	12,1	6,60	9,33
18	15,0	8,20	11,6
22	17,8	9,70	13,7
25	19,9	10,8	15,3
32	24,6	13,4	18,9
40	29,8	16,2	22,9
60	42,0	22,9	32,3
90	59,4	32,3	45,7
100	65,0	35,4	50,0
120	74,6	40,5	57,2
160	95	51,5	72,9
260	143	77,6	110
310	166	90	127
370	193	104	148
480	240	130	184
600	289	157	222

NOTE 1 U_i est l'amplitude de la tension d'essai de forme d'onde 1,2/50 μ s;
 U_{ca} est la valeur crête de la tension d'essai à fréquence industrielle, divisée par $\sqrt{2}$;
 U_{cc} est la valeur de la tension d'essai en courant continu.

NOTE 2 L'interpolation entre valeurs adjacentes du tableau est admise (interpolation linéaire du logarithme de la tension d'essai comme fonction du logarithme de la distance d'isolement).

NOTE 3 Ce tableau est cité en 5.2.1, 7.1, 7.3.1, 7.4.1, 7.5.1.

Tableau A.9 – Facteurs de correction d'altitude pour des distances d'isolement dans les circuits avec U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV lorsque le matériel est destiné à être utilisé au-dessus de 2 000 m

Altitude (au-dessus du niveau de la mer) m	Facteur de correction d'altitude K_d
≤ 2 000	1,00
2 500	1,07
3 000	1,14
3 500	1,21
4 000	1,29
4 500	1,38
5 000	1,48

NOTE 1 Pour des altitudes intermédiaires ou supérieures, l'interpolation linéaire est autorisée.

NOTE 2 Les facteurs de correction d'altitude sont déterminés conformément au Tableau A.2 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 3 Ce tableau est cité au 5.4.

Tableau A.10 – Facteurs de correction d'altitude pour des distances d'isolement dans les circuits avec U_{Ni} supérieures à 60 kV lorsque le matériel est destiné à être utilisé au-dessus de 2 000 m

Altitude (au-dessus du niveau de la mer) m	Facteur de correction d'altitude K_d
2 000	1,000
2 500	1,145
3 000	1,217
3 500	1,294
4 000	1,376
4 500	1,465
5 000	1,555

NOTE 1 Pour des altitudes intermédiaires ou supérieures, l'interpolation linéaire est autorisée.

NOTE 2 Les facteurs de correction d'altitude au-dessus de 2 000 m sont déterminés conformément au 4.2.2 de la CEI 60071-2 en se fondant sur une altitude de 1 400 m et l'exposant $m = 1$.

NOTE 3 Ce tableau est cité au 5.4.

Annexe B (normative)

Dispositions applicables aux essais diélectriques individuels de série et de type pour les matériels

NOTE La présente annexe est citée à l'Article 1 et dans l'Article 7.

B.1 Généralités

Sauf déclaration contraire dans d'autres normes de produit applicables, les essais qui suivent s'appliquent.

Les essais diélectriques, lorsqu'ils sont exigés par les normes de produit, sont séparés et remplacent ceux exigés dans l'Article 7. La norme de produit doit tenir compte des éventuelles conditions de pollution. Dans le cas contraire, il est admis de faire référence à la CEI 60507 pour le courant alternatif et à la CEI 61245 pour le courant continu.

B.2 Essais

B.2.1 Généralités

Sauf déclaration ou accord contraire, les essais spécifiés ci-après sont supposés être effectués sur des matériels neufs, dans des conditions de propreté.

Les essais spécifiés dans les normes de produit peuvent être plus spécifiques que ceux décrits ci-après; ils peuvent, notamment, prescrire des essais sous pollution.

Les essais spécifiés en B.2.3 et B.2.4 sont des méthodes de remplacement.

L'essai est effectué en appliquant la tension d'essai exigée entre le circuit (ou la partie active) et d'autres circuits, terre, parties métalliques non actives et structure métallique qui, pour plus de commodité, peuvent tous être connectés aux fins de l'essai.

Lorsque l'essai est effectué au niveau des bornes externes du matériel, la valeur d'essai est celle de l'isolation globale du matériel vue à partir d'une source externe.

L'essai doit être effectué ~~conformément à la CEI 60060-1 et aux documents produit pertinents.~~

- pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} jusqu'à et y compris 60 kV selon l'Article 6 de la CEI 60664-1:2007;
- pour les circuits de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} supérieure à 60 kV selon la CEI 60060-1.

Pendant l'essai, il ne doit pas y avoir de claquage, de rupture de l'isolation qu'elle soit interne (perforation) ou externe (cheminement) ou toute autre manifestation de décharge disruptive. Toute décharge lumineuse doit être ignorée.

B.2.2 Essai de tenue au choc

L'essai de tenue aux chocs est généralement un essai de type.

La tension d'essai doit être égale à la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} tel que déterminé dans l'Article 4 et doit s'inscrire dans la série des valeurs préférentielles énumérées dans la première colonne du Tableau A.3.

B.2.3 Essai à la fréquence industrielle

L'essai à fréquence industrielle est généralement un essai individuel de série.

La valeur de la tension d'essai U_a est dérivée de U_{Ni} conformément au Tableau B.1.

NOTE La dérivation U_a de l' U_{Ni} au lieu de U_{Nm} est justifiée par le fait que, la plupart du temps, la présence dans le domaine ferroviaire de surtensions élevées impose des valeurs d'essai diélectrique qui n'ont aucune relation avec U_{Nm} .

La tension d'essai doit être atteinte dans les 5 s et doit être conservée pendant un minimum de 10 s, sauf spécification contraire dans une norme de produit.

B.2.4 Essai en courant continu

Comme pour l'essai à fréquence industrielle, l'essai en courant continu est tel que la valeur crête de la tension d'essai (en tenant compte de l'ondulation) est égale à la valeur crête de la tension alternative correspondante.

**Tableau B.1 – Essai diélectrique des matériels –
Niveaux U_a (kV eff.) d'essai (en courant alternatif) de courte durée à fréquence
industrielle sur la base de la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} (kV)**

Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} kV	Tension d'essai U_a kV
0,33	0,2
0,5	0,3
0,8	0,42
1,5	0,7
2,5	1,2
3	1,4
3,5	1,6
4	1,9
4,5	2
5	2,3
6	2,8
8	3,6
10	4,6
12	5,5
15	6,9
18	8,3
20	9,2
25	11,5
30	14
35	17

Tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} kV	Tension d'essai U_a kV
40	18,5
50	23
60	27,5
75	34,5
95	44
125	50
135	60
145	70
170	80
180	85
200	95
250	95
325	140

Annexe C (normative)

Méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

NOTE La présente annexe est citée en 7.2.1.

Les méthodes de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement sont indiquées dans les exemples 1 à 11 ci-dessous. Ces cas ne font pas de distinction entre les espaces et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les exemples mentionnés ci-dessus illustrent une dimension X de rainures qui est fonction du degré de pollution selon le Tableau C.1.

Tableau C.1 – Dimensions minimales des rainures

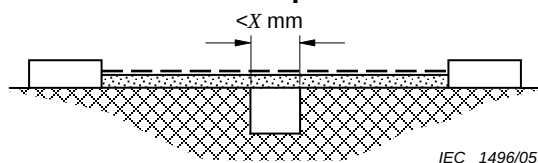
Degré de pollution	Largeur X des rainures: Valeurs minimales mm
PD1	0,25
PD2	1,0
PD3	1,5
PD3A	2,5
PD4	4
PD4A	7
PD4B	10

Si la distance d'isolement correspondante est inférieure à 3 mm, la largeur de rainure minimale peut être réduite d'un tiers de cette distance d'isolement.

Les hypothèses suivantes sont posées:

- tout évidement est supposé être ponté avec une liaison isolante d'une longueur égale à la largeur X spécifiée et être placé dans la position la plus défavorable (voir l'exemple 3);
- lorsqu'une distance sur une rainure donnée est supérieure ou égale à la largeur X spécifiée, la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir exemple 2);
- les lignes de fuite et les distances d'isolement mesurées entre les parties pouvant prendre des positions différentes les unes par rapport aux autres sont mesurées dans la position la plus défavorable de ces parties.

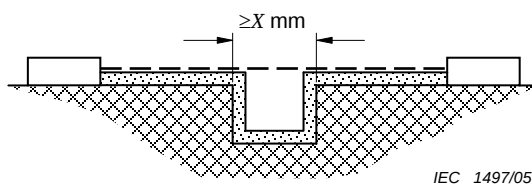
Exemple 1



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une encoche à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X mm.

Règle: La ligne de fuite et la distance d'isolement sont mesurées en ligne droite au-dessus de l'encoche, comme indiqué sur la figure.

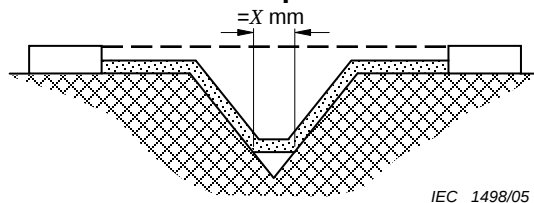
Exemple 2



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une encoche à flancs parallèles de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de l'encoche.

Example 3



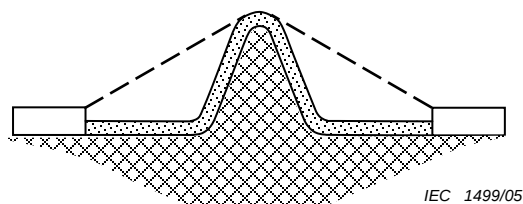
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une encoche en V dont la largeur est supérieure à X mm.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de l'encoche, mais "court-circuite" le bas de l'encoche par un tronçon de X mm.

— — — — — Distance d'isolement

 Ligne de fuite

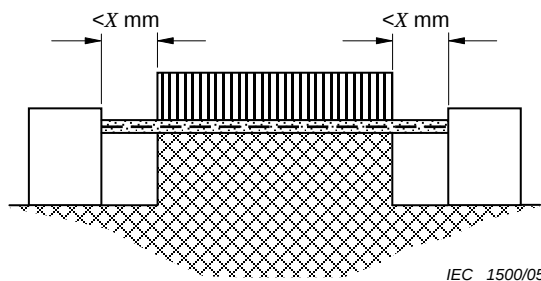
Example 4



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court par-dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil de la nervure.

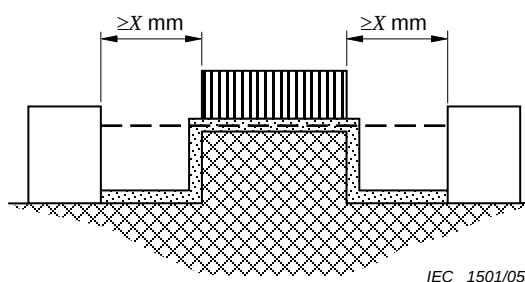
Exemple 5



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec de chaque côté des encoches de largeur inférieure à X mm.

Règle: Le chemin de la ligne de fuite et de la distance d'isolement est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

Exemple 6



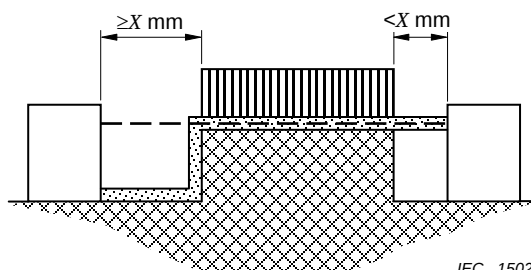
Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec des encoches de largeur égale ou supérieure à X mm de chaque côté.

Règle: La distance d'isolement est la distance en ligne droite. Le chemin de la ligne de fuite longe le profil des encoches.

— — — — — Distance d'isolement

 Ligne de fuite

Exemple 7

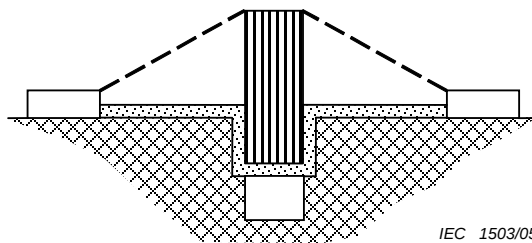


IEC 1502/05

Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend deux parties non collées avec, d'un côté, une encoche de largeur inférieure à X mm et, de l'autre côté, une encoche de largeur égale ou supérieure à X mm.

Règle: Les chemins de la distance d'isolement et de la ligne de fuite sont indiqués sur la figure.

Exemple 8



IEC 1503/05

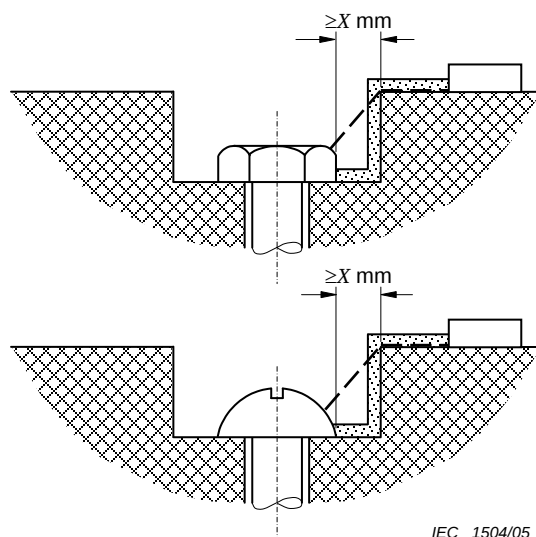
Condition: La ligne de fuite à travers le joint est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière.

Règle: La distance d'isolement est le chemin dans l'air le plus court, par dessus le sommet de la barrière.

— — — — — Distance d'isolement

 Ligne de fuite

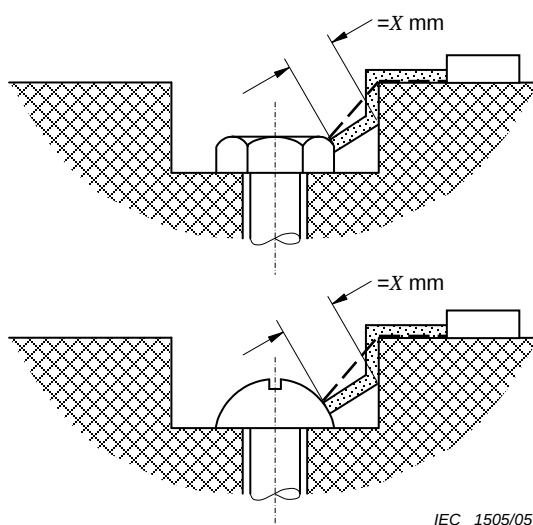
Exemple 9



IEC 1504/05

Distance entre tête de vis et paroi du logement suffisante pour être comptée.

Exemple 10



IEC 1505/05

Distance entre tête de vis et paroi du logement trop faible pour être comptée.

La mesure de la ligne de fuite s'effectue de la vis à la paroi quand la distance est égale à X mm.

— — — — — Distance d'isolement

▨ Ligne de fuite

Annexe D (normative)

Corrélation entre U_n et U_{Nm}

Tableau D.1 – Corrélation entre les tensions nominales du réseau de distribution d'énergie ferroviaire et les tensions d'isolement exigées pour des circuits de matériels destinés à être reliés à ces réseaux

Tension nominale U_n			Valeurs minimales de la tension assignée d'isolement U_{Nm}
Réseaux d'alimentation selon la CEI 60850		Réseaux d'alimentation batterie	
Courant continu	Courant alternatif		
kV	kV	V	
		24 / 36	0,05
		48 / 72	0,1
		110 / 120	0,15
0,6			0,72
0,75			0,9
1,5			1,8
3,0			3,6
	15		17,25
	20		24
	25		27,5 (36 ^a / 52 ^a)
	25		30 ^b
NOTE Le présent tableau est cité en 4.2.3.2.			
^a Pour installations fixes uniquement. Pour les réseaux alternatifs à 25 kV, le choix (par l'acheteur ou par accord) des différentes valeurs de U_{Nm} pour la même U_n dépend des tensions maximales non permanentes ou transitoires apparaissant réellement dans le réseau et de la configuration particulière du circuit utilisé.			
^b Voir la note i en bas du Tableau 1 de la CEI 60850 relative à la tension nominale de 25 kV.			

Annexe E (informative)

Conditions de macro-environnement

NOTE Ce tableau est cité en 4.4, ainsi que dans le Tableau A.3.

	Emplacement	Ventilation	Exemples
PD1	– fermé hermétiquement – à l'intérieur d'un matériel mobile – dans des salles à l'intérieur, bien protégées – salles avec conditionnement d'air	– pas de ventilation – ventilation naturelle – ventilation forcée avec air de l'intérieur	– salle d'aiguilleur – salle d'habitation; bureau – salle informatique du poste de signalisation
PD2	– salles à l'intérieur – salles à chauffage limité – dans des matériels mobiles	– ventilation naturelle – ventilation forcée avec air de l'intérieur	– armoire de commande dans la cabine conducteur et dans le compartiment passager – magasin; cage d'escalier
PD3	– salles à l'intérieur – salles à l'extérieur protégées contre les intempéries	– ventilation naturelle – ventilation forcée avec air propre (filtré) de l'extérieur	– poste transformateur – cabine conducteur – compartiment passager – compartiment machine – hall de gare
PD3A	– salles à l'intérieur – à l'extérieur, sous abri et protégées contre les intempéries	– ventilation forcée avec air de l'extérieur – sans filtre	– compartiment machine – poste de tirage de câble – mât d'antenne – sous-stations, à l'intérieur – isolateurs dans des zones de niveau de pollution léger ¹
PD4	– salles à l'extérieur – caisse du véhicule – toit du véhicule		– pantographe, frotteur – plate-forme couverte – isolateurs dans des zones de niveau de pollution moyen ¹
PD4A	– emplacements à l'extérieur non protégés		– isolateurs dans des zones de niveau de pollution élevé ¹
PD4B	– emplacements à l'extérieur non protégés		– isolateurs dans des zones de niveau de pollution très élevé ¹

¹ selon la CEI 60815.

Annexe F (informative)

Guide d'application

F.1 Introduction

Le terme "coordination de l'isolement" explique le processus destiné à coordonner les constituants d'une isolation électrique, c'est-à-dire isolation solide/liquide, distances d'isolement et lignes de fuite.

NOTE Le dimensionnement des épaisseurs de l'isolation apportée par des matériaux d'isolation solide et des distances d'isolation obtenues grâce aux matériaux d'isolation liquide, n'est pas couvert par la présente norme.

Cependant, l'utilisation de la présente norme pour déterminer les distances d'isolement et les lignes de fuite, nécessite quelques explications supplémentaires: les valeurs des tableaux de l'Annexe A sont basées sur la CEI 60664-1 et sur la CEI 60071-1; elles tiennent compte des conditions électriques et mécaniques sévères des isolations dans les réseaux ferroviaires, et de leur fiabilité attendue, ainsi que de leur longue durée de vie.

Par exemple, les valeurs des distances d'isolement sont choisies en fonction de champs non homogènes et pour les emplacements soumis à des pollutions typiquement ferroviaires elles sont majorées par des marges de sécurité. Il n'est donc pas nécessaire de réaliser un essai à haute tension lorsque les distances d'isolement exigées par la présente norme sont obtenues.

Dans le cas où les normes de produit pour applications ferroviaires spécifient des tensions d'essai et des distances d'isolement, l'utilisation de ces valeurs est recommandée. Selon l'Article 1, on peut faire l'hypothèse que les valeurs d'isolation des normes de produit ont été dérivées conformément à la présente Norme internationale.

F.2 Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite minimales

F.2.1 Sections

En pratique, lors de la détermination des valeurs d'isolation, il est nécessaire de considérer les facteurs suivants lorsque la division en sections est réalisée:

- la partie considérée du circuit est-elle exposée au même régime électrique ? (tension locale, catégorie de surtensions);
- les critères d'emplacement de la partie considérée du circuit sont-ils les mêmes ? (degré de pollution, à l'intérieur/à l'extérieur);
- pour des raisons économiques, il peut être utile de subdiviser les sections (par exemple, de plus faibles valeurs d'isolation dans les zones à contrainte de tension inférieure);
- pour des raisons de fiabilité ou de sécurité, il peut être utile d'augmenter des valeurs d'isolation dans les zones à risques, c'est-à-dire en introduisant une section distincte.

Pour les sections flottantes, il convient de considérer les effets capacitifs en définissant les paramètres de dimensionnement d'une isolation. En raison des capacités réelles ou parasites entre la section considérée et les sections adjacentes, les lignes de fuite et les distances d'isolement peuvent être contraintes par des tensions de longue durée supérieures à la tension nominale du circuit. Il convient de tenir compte de cet effet pour choisir correctement U_{Nm} et U_{Ni} .

F.2.2 Utilisation des méthodes 1 et 2 pour déterminer U_{Ni}

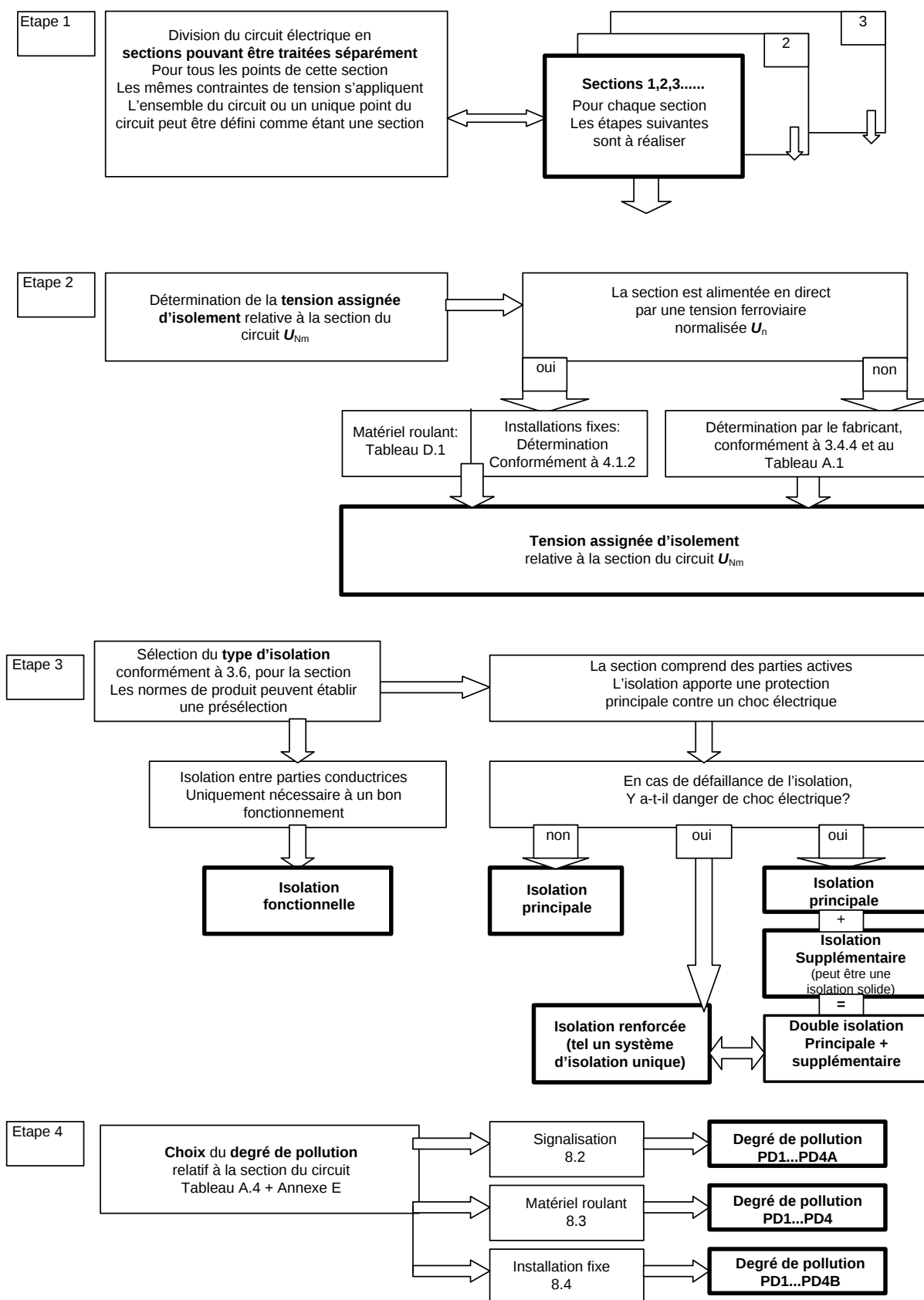
Les méthodes 1 et 2 sont considérées comme équivalentes pour le dimensionnement des distances d'isolement, parce qu'elles conduisent à des distances fiables.

La méthode 2 est une méthode physique permettant de déterminer une valeur d'isolation en tenant compte de la contrainte de tension apparaissant sur l'isolation considérée, mais elle ne peut être utilisée que si les surtensions attendues sont bien connues.

Si les surtensions ne sont pas connues, il convient d'utiliser la méthode 1.

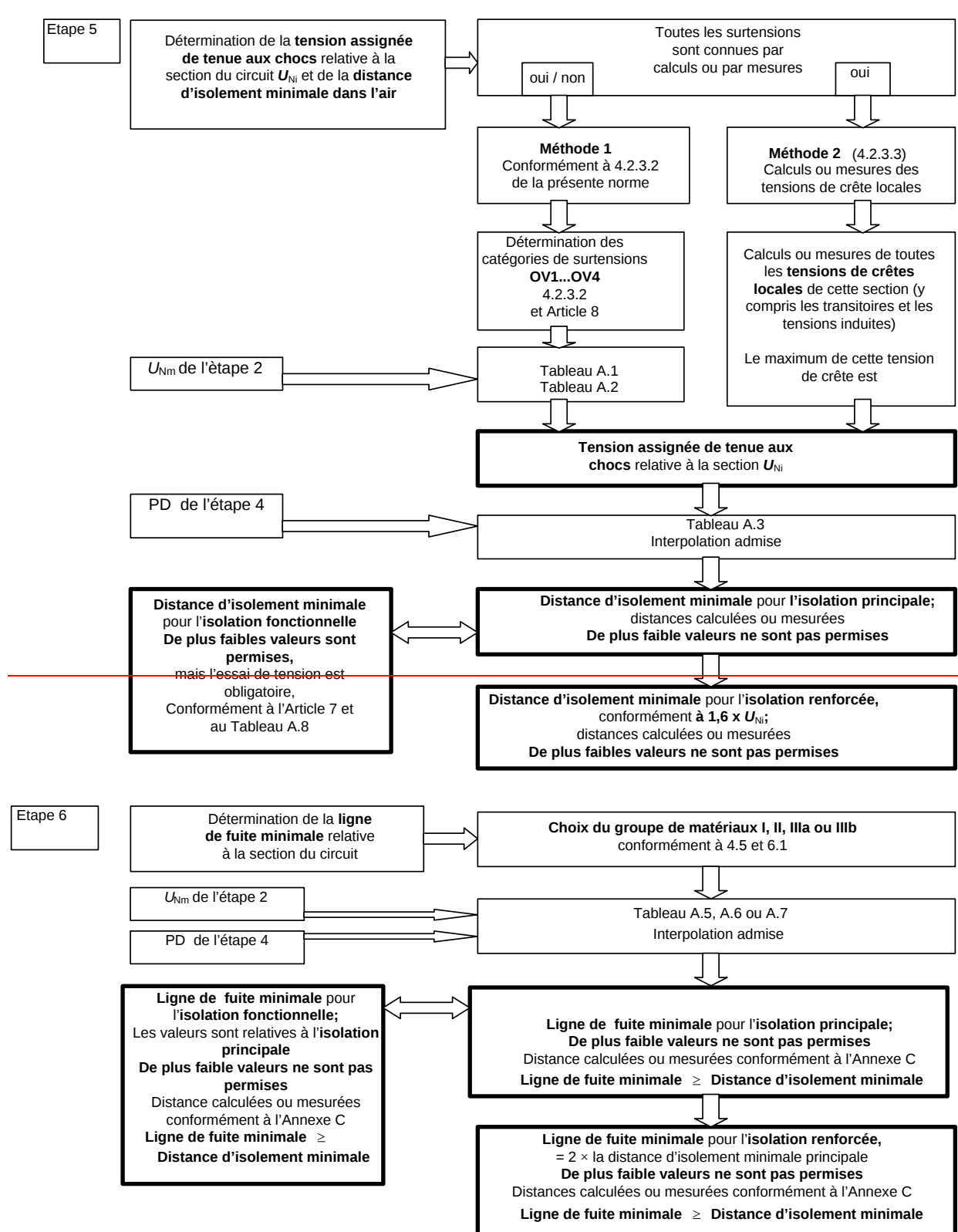
F.2.3 Comment déterminer les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales

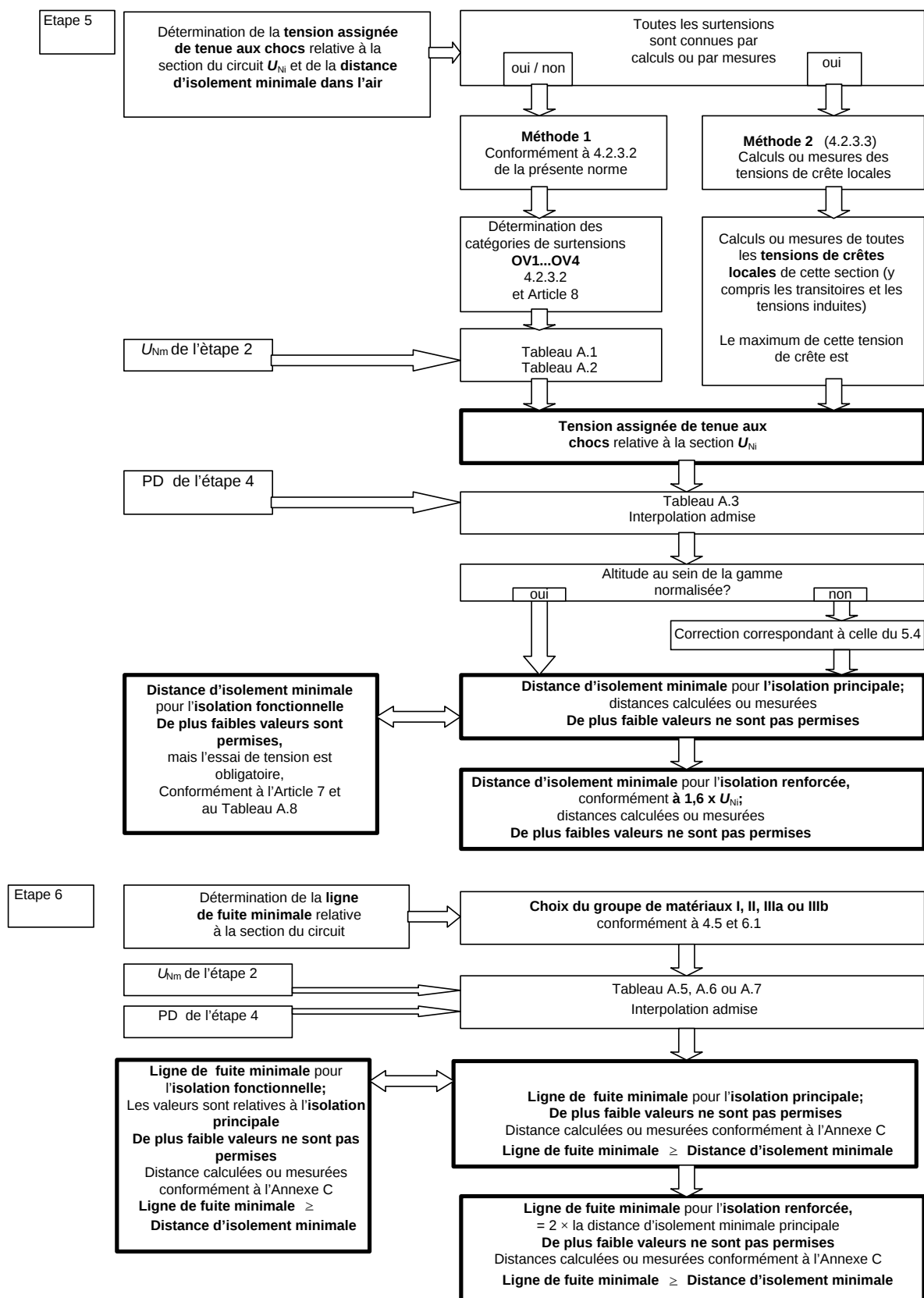
L'organigramme de la Figure F.1 montre la procédure destinée à déterminer les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales, en tenant compte des conditions électriques, environnementales et d'exploitation applicables.



IEC 037/10

Figure F.1 – Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite minimales





IEC 709/13

Figure F.1 (suite)

F.2.4 Pollution

Le Tableau A.4 et l'Annexe E peuvent être utilisés pour identifier le degré de pollution applicable. Une définition d'un degré de pollution avec des valeurs numériques n'est pas réalisable.

Il n'y a aucune relation directe entre le niveau de protection fourni par les classes IP de la CEI 60529 et la pollution attendue. Les classes IP sont relatives à la protection contre l'entrée d'objets solides, y compris la poussière, et contre l'entrée d'eau (par exemple, pulvérisation, éclaboussures, jets d'eau, immersion, etc.). Une protection conforme aux classes IP ne peut pas prévenir une pollution créée par le matériel lui-même.

Le degré de pollution PD1 peut être utilisé dans les zones d'installations fixes et de matériel de signalisation, pour lesquelles la température et l'humidité sont maîtrisées en permanence. Habituellement, ces conditions ne sont pas présentes dans le matériel roulant.

Le Tableau A.3 montre que, pour les emplacements (salles) à intérieur (PD1 à PD3A), la pollution n'a aucune influence supplémentaire sur des distances d'isolement supérieures à 1,6 mm. À contrario, pour PD4 dans les installations du matériel roulant, à l'extérieur, et pour PD4A et PD4B dans les installations fixes, la pollution a une influence significative sur les distances d'isolement dans toute l'étendue de la plage de tensions. Par conséquent, ces distances d'isolement sont dérivées de la taille des particules solides et de l'accumulation de polluants susceptibles de réduire les distances.

Pour les installations fixes à l'extérieur, des conditions particulières (PD4A et PD4B) s'appliquent. Ceci est dû au fait que la pollution, en toute zone particulière, est toujours présente pour cette zone particulière et qu'elle peut être très sévère. Le matériel roulant peut être exploité dans des zones où les niveaux seront différents et par suite, il convient de considérer le niveau moyen de pollution et la durée de son application. En outre, il est admis que les installations fixes soient nettoyées moins fréquemment.

Il convient de noter d'autres recommandations données ci-après, basées sur la CEI 60815, permettant de choisir PD4A et PD4B:

PD4A "conditions lourdes"

- Zones à forte densité industrielle et banlieues de grandes villes avec une forte densité de centrales de chauffage, produisant de la pollution.
- Zones près de la mer ou dans toute zone exposée aux vents marins relativement forts.

PD4B "conditions très lourdes"

- Zones généralement modérément étendues, soumises à des poussières conductrices et à des fumées industrielles, produisant des dépôts conducteurs particulièrement épais.
- Zones généralement modérément étendues, très proches de la côte et exposées à des embruns marins ou à de très forts vents marins polluants.
- Zones désertiques, caractérisées par une absence de pluie pendant de longues périodes, exposées à de forts vents chargés de sable et de sel, et soumises à une condensation régulière.

F.2.5 Lignes de fuite

En ce qui concerne des lignes de fuite, les distances requises augmentent avec la tension, pour tous les degrés de pollution. Les valeurs sont indiquées par les Tableaux A.5, A.6 et A.7; elles sont basées sur la tension assignée d'isolement U_{Nm} .

Les lignes de fuite ne peuvent pas être validées par des essais de tension parce que, entre autres raisons, l'influence de la pollution ne peut pas être simulée. Le cas échéant, les normes de produit mentionneront les essais en tenant compte de la pollution. La réduction

des lignes de fuite n'est pas admise, que ce soit pour l'isolation fonctionnelle ou pour l'isolation principale.

F.2.6 Isolations

F.2.6.1 Types d'isolation

La Figure F.2 donne un exemple des types d'isolation.

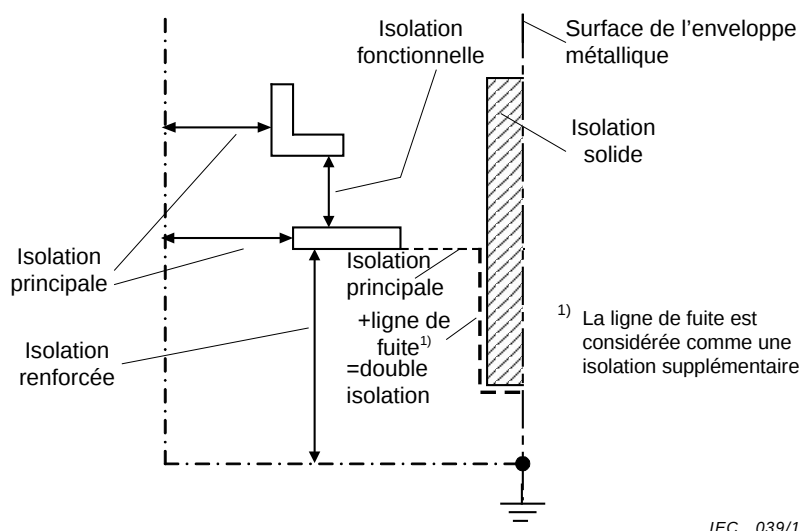


Figure F.2 – Exemple de types d'isolation

F.2.6.2 Isolation supplémentaire

Une isolation supplémentaire (voir la définition en 3.6.3) est une isolation indépendante additionnelle, qui a pour but de protéger les utilisateurs contre un choc électrique, en cas de rupture de l'isolation principale. La contrainte électrique de l'isolation supplémentaire, en cas de défaillance, peut être différente de celle de l'isolation principale, dans des conditions normales d'exploitation.

NOTE 1 L'isolation supplémentaire peut être réalisée par une couche d'isolation solide.

NOTE 2 Une décharge partielle peut avoir lieu en cas de combinaison d'une distance d'isolement insuffisante et d'une isolation solide correctement dimensionnée.

Parfois l'isolation additionnelle est prévue, en plus de l'isolation principale, uniquement pour assurer la protection mécanique et non pas pour protéger contre un choc électrique. Cette isolation additionnelle n'est pas l'isolation supplémentaire au sens du paragraphe 3.6.3, un exemple en est le cas de la gaine externe d'un câble.

L'isolation supplémentaire peut être utilisée pour améliorer la fiabilité d'une isolation.

F.2.6.3 Double isolation

Un système d'isolation dans lequel une couche d'isolation principale est combinée avec une couche d'isolation supplémentaire se nomme "double isolation". Cependant, la combinaison de deux isolations fonctionnelles n'est pas une double isolation.

NOTE Dans les résistances de freinage, la combinaison d'une isolation principale avec une isolation fonctionnelle est parfois dénommée "double isolation", mais ne satisfait pas aux exigences définies dans la présente norme.

F.2.6.4 Isolation renforcée

Une isolation renforcée est équivalente à une double isolation, lorsqu'il n'est pas possible d'identifier les couches des isolations principale et supplémentaire.

NOTE Un exemple typique de l'utilisation d'une isolation renforcée est donné par les transformateurs de sécurité conformes à la série CEI 61558.

F.2.7 Utilisation des distances minimales relatives aux distances d'isolement et aux lignes de fuite

Ces distances sont des valeurs dont l'expérience a montré qu'elles sont satisfaisantes en exploitation ferroviaire normale, avec une bonne fiabilité du matériel.

Toutes les distances d'isolement et les lignes de fuite dimensionnées conformément à la présente norme sont des distances minimales. Le concepteur d'un matériel est libre d'utiliser des distances supérieures.

NOTE Les valeurs minimales des distances d'isolement et des lignes de fuite peuvent être augmentées par le concepteur pour des exigences et des conditions de service particulières, afin d'améliorer la fiabilité.

F.2.8 Matériel en toiture du matériel roulant

Le toit d'un véhicule est considéré comme une "zone de service électrique fermée" selon la CEI 61991. Dans ce cas particulier, l'isolation du matériel de toit peut être considérée comme étant une isolation fonctionnelle. Les distances d'isolement peuvent être réduites en conséquence, si un accord est conclu entre l'acheteur et le fournisseur.

Cependant, il est recommandé d'utiliser des valeurs plus élevées pour des lignes de fuite sur le toit, du fait du niveau de pollution susceptible d'être rencontré dans cette zone.

F.2.9 Cas particuliers de dispositifs de manœuvre dans les installations fixes

Voir le renvoi c en bas du Tableau A.2. Le Tableau A.2 fournit les valeurs U_{Ni} pour des exigences normales et des valeurs plus élevées pour des exigences particulières.

L'appareillage de manœuvre prévu pour satisfaire à ces exigences particulières est utilisé, par exemple, dans les sous-stations où il est connecté à deux phases d'un réseau triphasé, avec une tension nominale excédant 25 kV. Dans de tels cas, le dispositif de manœuvre doit être dimensionné pour une tension plus élevée. Conformément à la CEI 60071-1, la valeur normalisée directement supérieure est alors 52 kV.

Dans tous autres cas, la valeur pertinente de U_{Nm} est soit de 27,5 kV, soit de 36 kV pour une valeur de U_n de 25 kV.

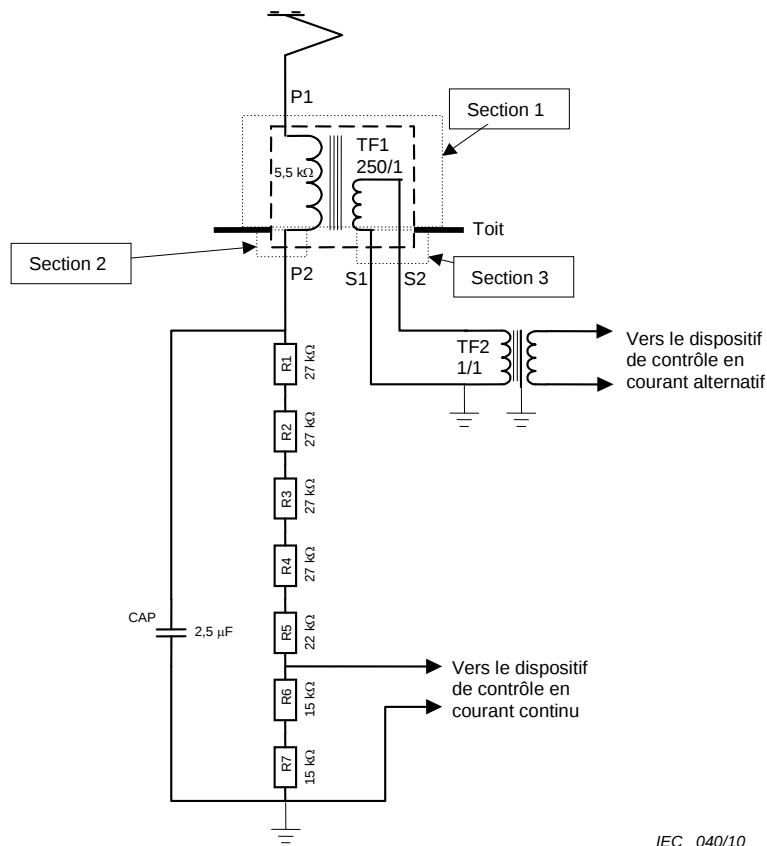
F.2.10 Conditions d'isolation dans les installations fixes (voir 8.4.1.2)

Les dispositifs de manœuvre, prévus pour isoler des sections discrètes de la ligne de contact de la source d'énergie, disposent d'une valeur de tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} qui a été augmentée (jusqu'à 25 %).

Les valeurs détaillées des tensions assignées de tenue aux chocs sur des distances d'isolement de dispositifs de manœuvre sont spécifiées dans les normes de produit applicables; pour les dispositifs de manœuvre en courant continu dans la série des CEI 61992-1, pour les dispositifs de manœuvre en courant alternatif dans la série des CEI 62505.

F.3 Exemples

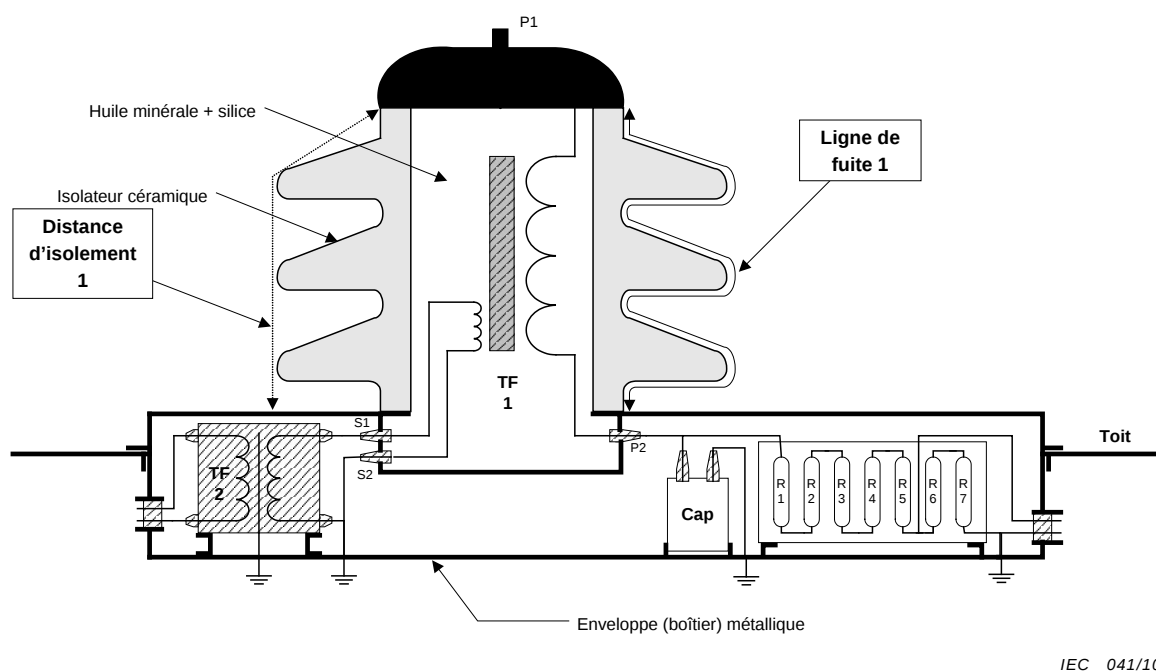
La Figure F.3 donne un exemple de sections. Le schéma représente un circuit de surveillance de la tension d'alimentation d'une locomotive.



IEC 040/10

Figure F.3 – Circuit de surveillance montrant des exemples de sections

La Figure F.4 représente le schéma d'un dispositif de surveillance utilisé comme exemple pour déterminer les distances d'isolement et les lignes de fuite relatives au circuit de surveillance de la Figure F.3.



IEC 041/10

Figure F.4 – Schéma d'un dispositif de surveillance

Dispositif situé sur le toit d'une locomotive alimentée par deux tensions:

- 25 kV en courant alternatif
- 1,5 kV en courant continu

Détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite minimales du transformateur abaisseur TF1 de la Figure F.3 (voir Tableau F.1).

Tableau F.1 – Exemple de détermination des distances d'isolement et des lignes de fuites

Étape 1 (voir schéma de la Figure F.3)	Section 1	Section 2	Section 3
Étape 2	Directement reliée à la ligne de contact $U_{Nm} = 27,5 \text{ kV}$	Non directement reliée à la ligne de contact Calculs avec tension primaire de 1,5 kV en courant continu $U_{Nm} = 1,74 \text{ kV}$	Non directement reliée à la ligne de contact Calculs avec tension primaire de 25 kV en courant alternatif $U_{Nm} = 0,11 \text{ kV}$
Étape 3	Isolation principale	Isolation fonctionnelle	Isolation fonctionnelle
Étape 4	Degré de pollution PD4	Degré de pollution PD2	Degré de pollution PD2
Étape 5	Méthode 1 Tableau A.2 – OV4 (pas de dispositif parasurtension) $U_{Ni} = 170 \text{ kV}$ Tableau A.3 Distance d'isolement minimale = 310 mm	Méthode 1 Tableau A.2 – OV2 $U_{Ni} = 10 \text{ kV}$ Tableau A.3 Distance d'isolement minimale = 11 mm	Méthode 1 Tableau A.2 – OV3 $U_{Ni} = 2,5 \text{ kV}$ Tableau A.3 Distance d'isolement minimale = 1,5 mm
Étape 6	Groupe de matériaux I Tableau A.7 → 25 mm/kV Ligne de fuite minimale = 687 mm	Groupe de matériaux II Tableau A.7 → 7,1 mm/kV Ligne de fuite minimale = 12,4 mm	Groupe de matériaux III Tableau A.6 – $U_{Nm} = 125 \text{ V} - \text{PD2}$ Ligne de fuite minimale = 1,5 mm

F.4 Essais

F.4.1 Mesurage

Pour démontrer la conformité du matériel avec les exigences de l'isolation, il est nécessaire de mesurer les distances d'isolement et les lignes de fuite.

Afin de limiter la quantité des mesures, il est recommandé d'identifier où se trouvent les distances d'isolement et les lignes de fuite minimales. Si la mesure est difficile sur l'élément complet, il est recommandé de le faire sur un sous-ensemble approprié.

Si la mesure des distances d'isolement n'est pas possible, un essai de tension est effectué conformément à 7.3, 7.4 ou 7.5 sur un sous-ensemble, pour éviter trop de contraintes sur le matériel.

Si les distances d'isolement de l'isolation fonctionnelle sont inférieures à celles spécifiées par le Tableau A.3, un essai de tension est obligatoire.

Pour le mesurage des lignes de fuite, se référer à l'Annexe C.

F.4.2 Essais

Deux sortes d'essais de tension sont mentionnés dans la présente norme:

a) Essais relatifs à la vérification des distances d'isolement (voir l'Article 7 et le Tableau A.8)

Cet essai est un essai de type. Dans le cas où une norme de produit appropriée spécifie des exigences pour un tel essai, il convient de le réaliser conformément à la norme de produit. Dans tous les autres cas, l'Article 7 s'applique.

Dans le cas de l'isolation fonctionnelle, lorsque la distance d'isolement a été réduite, l'essai de tension est effectué à la valeur correspondante à la distance d'isolement non réduite. Lors de la réalisation de l'essai de vérification des distances d'isolement, il est de bonne pratique de n'essayer que les parties considérées. Il est acceptable d'utiliser un sous-ensemble représentatif.

b) Tensions d'essai diélectrique relatives au matériel (voir Annexe B, Tableau B.1)

Cet essai individuel de série n'est valide que pour des éléments de matériel, lorsqu'il n'existe aucune norme de produit applicable.

Les tensions d'essai relatives aux essais diélectriques sont basées sur la tension assignée de tenue aux chocs U_{Ni} , en tenant compte des catégories de surtensions. Toutefois, les tensions d'essai de la plupart des normes de produit sont, par convention, basées sur la tension nominale ou sur la tension assignée d'isolement du matériel.

Les tensions d'essai du Tableau B.1 ne sont pas utilisées pour vérifier des distances d'isolement.

Bibliographie

NOTE Les documents suivants peuvent être utilisés comme guide ou sont liés à la présente Norme internationale.

CEI 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

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

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

CEI/TR 60099-3, *Parafoudres – Partie 3: Essais de pollution artificielle des parafoudres*

CEI 60099-4, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur 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 60364 (toutes les parties), *Installations électriques à basse tension*

CEI 60383-1, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 1: Eléments d'isolateurs en matière céramique ou en verre pour système à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 60383-2, *Isolateurs pour lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Partie 2: Chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées pour des systèmes à courant alternatif – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

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 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

CEI 60664-2-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Feuilles de dimensionnement et exemples*

CEI 60664-3, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

CEI 60664-5, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

IEC 60815 (toutes les parties), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions* (disponible en anglais uniquement)

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

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 61558 (toutes les parties), *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues*

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

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

CEI 62271-1, *Appareillage à haute tension – Partie 1: Spécifications communes*

CEI 62425, *Applications ferroviaires – Systèmes de signalisation, de télécommunications et de traitement – Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation*

CEI 62498 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel*

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch