

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Specific requirements for composite insulators used for overhead contact line systems

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





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

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.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62621

Edition 1.0 2011-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Specific requirements for composite insulators used for overhead contact line systems

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 45.060

ISBN 978-2-88912-569-2

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	7
4 Characteristics of composite insulators for overhead contact line systems	8
4.1 General	8
4.2 Environmental conditions	8
4.3 System voltages and frequencies.....	9
4.4 Creepage distance.....	9
4.5 Mechanical requirements	10
4.6 Corrosion	11
4.7 Fire safety	11
4.8 Tracking and erosion	11
4.9 Arc protection	11
4.10 In-running insulators	12
5 Testing	12
5.1 General	12
5.2 Design tests	12
5.3 Type tests	14
5.3.1 General	14
5.3.2 Electrical tests	14
5.3.3 Mechanical tests	14
5.3.4 Verification of dimensions	14
5.4 Sample tests	15
5.5 Routine tests	15
6 Identification	15
7 Transport, storage, installation and maintenance	15
Annex A (informative) Purchaser requirements	16
Annex B (informative) Principles of the damage limit, load coordination and testing	17
Annex C (informative) Guidance on non-standard mechanical stresses and dynamic mechanical loading	21
Annex D (informative) Determination of the equivalent bending moment caused by combined loads.....	23
Bibliography	26
Figure B.1 – Load-time strength and damage limit of a core assembled with fittings.....	18
Figure B.2 – Graphical representation of the relationship of the damage limit to the mechanical characteristics and service loads of an insulator with a 16 mm diameter core	19
Figure B.3 – Test loads	20
Figure D.1 – Combined loads applied to unbraced insulators	24
Table 1 – Definition of relevant mechanical characteristics according to insulator type	10
Table 2 – Design tests	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –
ELECTRIC TRACTION –
SPECIFIC REQUIREMENTS FOR COMPOSITE INSULATORS
USED FOR OVERHEAD CONTACT LINE SYSTEMS**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62621 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is based on EN 50151:2003.

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

FDIS	Report on voting
9/1539/FDIS	9/1560/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

This standard specifies requirements for the design and testing of composite insulators used on railway electric traction overhead contact line systems. Such insulators, which are installed at relatively low heights in the harsh environment of railway infrastructures, require specific considerations during design to reduce the effects of vandalism and environmental pollution from railway operations, especially when combined with a lack of natural washing. Insulators may be included in arrangements in tunnels and over bridges or be in contact with traction unit pantographs where combined mechanical loading (tension, bending and torsion) may require special consideration.

The standard is intended to allow the manufacturer to comply with local working practices, to ensure compatibility with existing electric traction overhead contact line systems, and provide an insulator which will give reliable service over its target life span with minimum maintenance.

Insulators intended for overhead lines are predominately designed to resist tension and/or bending loads and are not designed to resist torsional loads. Mitigating measures to reduce torsional loading are generally introduced by the overhead contact lines design engineer. Some combined loading (tension, compression and torsion) can be experienced and this is represented in the testing procedure specified in this document.

The testing procedures given for railway applications in this standard are predominately referenced from IEC 61109, IEC 61952 and IEC 62217.

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –
ELECTRIC TRACTION –
SPECIFIC REQUIREMENTS FOR COMPOSITE INSULATORS
USED FOR OVERHEAD CONTACT LINE SYSTEMS**

1 Scope

This International Standard specifies characteristics for composite insulators of electric traction overhead contact line systems for railways, as defined in IEC 60913. Insulators specified in this standard are applied for electric traction supply voltages with a nominal voltage greater than 1 000 V for a.c. or a nominal voltage greater than 1 500 V for d.c.. Specific applications where high torsional loads can occur are outside the scope of this standard and particular tests are agreed between the supplier and customer to represent the critical loading arrangements.

This International Standard applies to composite insulators as defined in 3.1 below and not to other polymeric insulators.

The provisions contained in this standard are intended for the design and construction of new electric traction overhead contact line systems using insulators, or when complete refurbishment of existing overhead contact line systems takes place.

This standard provides the purchaser and manufacturer with a range of tests which are used to evaluate the suitability of an insulator product for a given railway environment. Additional tests may be specified by the client to measure the compliance of the insulator under particular operating conditions.

The standard establishes the product characteristics, the test methods and acceptance criteria.

The object of this standard is to stipulate the provisions for the design and provision of the service indicated by the manufacturer to the customer or informed buyer for application on the railway infrastructure.

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

IEC 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles*

IEC 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems*

IEC 60826, *Design criteria of overhead transmission lines*

IEC 60850:2007, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 60913, *Electric traction overhead lines*

IEC 61109:2008, *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 61467:2008, *Insulators for overhead lines – Insulator strings and sets for lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – AC power arc tests*

IEC 61952:2008, *Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for A.C. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 62217:2005, *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V – General definitions, test methods and acceptance criteria*

IEC 62497-1:2010, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

ISO 34-1, *Rubber, vulcanized or thermoplastic- determination of tear strength – Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces*

ISO 37, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties*

3 Terms and definitions

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

NOTE Certain terms from IEC 62217:2005 are reproduced here for ease of reference. Additional definitions applicable to insulators can be found in IEC 60050-471[1]¹, IEC 61109:2008 and IEC 61952:2008.

3.1

composite insulator

insulator made of at least two insulating parts, namely a core and a housing equipped with end fittings

NOTE Composite insulator, for example, can consist either of individual sheds mounted on the core, with or without an intermediate sheath, or alternatively, of a housing directly moulded or cast in one or several pieces on to the core.

3.2

nominal design load

load, specified by the customer, corresponding to the normal everyday permanent and dynamic loads

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

4 Characteristics of composite insulators for overhead contact line systems

4.1 General

Composite materials and polymers permit the manufacture of insulators for use on outdoor overhead contact line systems. The insulators consist of an insulating core which bears the mechanical load, a polymeric housing which protects the core, and end fittings by which the load is transmitted to the core. These materials allow special applications in overhead contact line systems (including in-running section insulation and flexible supports) and are also used for their advantages of lightness, resistance to vandalism and pollution performance. Despite many common features of design, the materials used and the construction details employed by different manufacturers may be quite different and may lead to different performance parameters.

Electric traction overhead contact line systems applied for railways have several characteristics not associated with power lines. They are of low height and run through urban areas, making them targets for vandalism. They are incorporated in bridges and tunnels, built for rolling stock only, and fit into small spaces. They suffer close proximity to railway generated pollution and, in tunnels and bridges are not washed by natural rainfall. They suffer movement and snatch loads due to normal pantograph contact with the wires. When used as in-running insulators, they suffer mechanical forces and abrasion by the pantograph passing at high speed where the polymeric housing may suffer deformation, tearing and parting from the core (see 4.10).

Some tests have been grouped together in this standard as “design tests”, to be performed only once on insulators which satisfy the same design conditions. As far as practical, the influence of time, circumstance and climate on electrical and mechanical properties of the components (core material, housing, interfaces etc.) and of the complete composite insulators has been considered in specifying the design tests so that a satisfactory life-time may be expected under normally known stress conditions of overhead contact line systems.

The high number of insulators installed in a restricted environment of an operational railway with limited access for maintenance or installed in harsh environmental conditions, requires a high level of reliability at the appropriate electrical insulation level for the system voltage, including temporary and transient overvoltages, and a high level of mechanical integrity. In this case, a reasonable safety factor for mechanical and electrical properties of the insulators shall be agreed between the manufacturer and customer.

4.2 Environmental conditions

Environmental conditions such as temperature, humidity, vibration, solar radiation, pollution, etc., can have serious effects on the electrical and mechanical properties of insulators. The aging of housing material and interfaces, exposure of the core to environment and the corrosion of end fittings shall be given special consideration. When used for lower temperature, the behaviour or brittle property of the housing material and interfaces shall be considered.

NOTE When temperature falls below the crystallisation or glass transition temperature of the housing, its elasticity becomes lost. This change is reversible if a temperature increase takes place.

The normal environmental conditions to which insulators are submitted in service are defined in IEC 62217:2005.

Since the insulators are intended for outdoor use and may be installed in harsh environmental conditions, pollution shall be considered. The pollution degrees are defined in Table A.4 of IEC 62497-1:2010.

4.3 System voltages and frequencies

System voltages and frequencies specified by IEC 60850:2007 are generally applied for this standard. Values of standard system voltages (phase to ground) and the 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 are shown in Table 1 of IEC 60850:2007.

The purchaser shall provide information on the railway electrification system and operating requirements which may affect the design of insulators.

NOTE Purchaser requirements are given in Annex A.

The dry lightning impulse withstand voltage shall be at least equal to the rated impulse voltage defined in IEC 62497-1:2010. The wet power frequency withstand voltage shall be at least equal to the short duration power frequency test level defined in IEC 62497-1:2010.

The rated impulse voltage for circuits powered by electric traction contact lines are shown in Table A.2 of IEC 62497-1:2010. 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 of IEC 62497-1:2010, but irrespective of the correspondence with the insulation voltages and of the overvoltage levels stated in said table.

Table A.2 of IEC 62497-1:2010 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 IEC 60913 are allowed.

4.4 Creepage distance

The dry arcing distance, creepage distance and geometrical shed profile electrically define an insulator. Creepage distances shall be dimensioned according to the highest permanent voltage of the system. Consideration shall also be given to the insulation material and its behaviour in polluted conditions. The manufacturer may recommend greater than the minimum creepage distance to give adequate life for that material.

The overall shape and size of the insulator is defined by the customer's spatial requirements, the mechanical and electrical performance requirements and its compatibility with existing equipment. The manufacturer can decide on shed profile.

Additional railway environmental pollution may be generated by traction braking systems, diesel and steam trains which run under electrified lines. The exhaust from steam trains is very hot (> 200 °C) and should not be allowed to play on insulators. This can be prevented by careful positioning of insulators on the line or by a restriction on train movements and stopping positions. The exhaust from diesel trains is less severe, but contains oil and carbonaceous deposits, which can contaminate insulators. No additional creepage is necessary for diesel usage but it is important to ensure that the diesel exhaust does not dwell on the insulators by checking stopping positions etc.

Insulators positioned under bridges and in tunnels are not washed by natural rainfall which can lead to pollution accumulation. In these harsh environmental conditions and in order to minimise the degradation of the housing material, the creepage distance and the design need to cover the specific application. This will also be particularly applicable to insulators which are used in contact with the pantograph collector unit and which may require increased creepage distance to allow for the width of the pantograph (see 4.10).

Operating conditions and pollution level are specified in Table A.4 of IEC 62497-1:2010. Dimensioning of creepage distance versus rated insulation voltage, as given in IEC 62497-1:2010, is as follows:

- normal operating conditions: 24 mm/kV to 33 mm/kV;
- unfavourable operating conditions: 36 mm/kV 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 customer and supplier or in product standards.

Composite insulators present certain advantages over ceramic and glass insulators due to their form and materials. These advantages include a generally improved pollution withstand behaviour when compared to similar ceramic or glass insulators of equal creepage distance; this improvement is even more enhanced by use of hydrophobicity transfer material (HTM). In principle and purely from a pollution withstand or flashover point of view, it can thus be concluded that a reduced creepage distance may be used for such insulators. However, compared to traditional insulating materials, polymer materials are more susceptible to degradation by the environment, electric fields and arc activity which may, in certain conditions, reduce insulator pollution performance or lifetime. Subclause 9.4 of IEC 60815-1:2008 gives the considerations and Subclause 5.2 of IEC 60815-3:2008 gives issues specific to reduction of creepage distance for polymeric housing materials.

For d.c. system voltages, some insulation may require a somewhat higher value of unified specific creepage distance compared to a.c. insulation under the same conditions.

NOTE 5 This effect will be dealt with in detail in a forthcoming part of IEC 60815 for d.c. systems.

4.5 Mechanical requirements

The withstand loads defined by the manufacturer shall take into account the characteristics shown in Table 1.

Table 1 – Definition of relevant mechanical characteristics according to insulator type

Type of insulator	Mechanical characteristics	Definitions
Stressed mainly in tension	SML (specified mechanical load) /RTL (routine test load)	According to IEC 61109:2008
Stressed mainly in bending	SCL (specified cantilever load) /MDCL (maximum design cantilever load) /STL (specified tensile load) /RTL (routine test load)	According to IEC 61952:2008

In all cases, the maximum working load (static and dynamic) shall be below the damage limit of the insulator. It is normal practice to adopt a safety factor of at least 2,5 between the SML and the maximum working load; this generally ensures that there is also a sufficient margin between the damage limit of the insulator and all service loads. IEC 60826 and IEC 60913 give guidance for calculation of loads and application of proper safety factors.

NOTE The MDCL may additionally be adjusted by any angular deflection criteria or bending deflection defined in the client requirements.

4.6 Corrosion

The end fittings shall be suitably protected from corrosion and be electrochemically compatible with interface connections. Particular attention shall be made to the protection of the end fittings and connecting zone sealing against moisture ingress, chemical activity or degradation under temperature variations or unidirectional current flow.

4.7 Fire safety

The composite insulators shall not exhibit sustained self ignition, such as when subjected to a power arc test. The location, maintenance, creepage distance and overvoltage protection shall be chosen to minimise the possibility of a power arc flashover.

When used in particular environments or applications, particularly in tunnels and station areas, composite insulators may be required to have safety behaviour in terms of flammability, smoke emission and toxicity.

Flammability tests are intended to verify the housing material for ignition, flame propagation and self-extinguishing properties. Flammability requirements are defined in the testing requirements (see Clause 5).

Smoke emission tests are intended to identify the opacity of the smoke emission when the insulator material burns.

Toxicity tests are intended to verify the toxicity of the smoke emission when the insulator material burns.

4.8 Tracking and erosion

Surface damage may arise in severe environmental conditions due to surface leakage currents and partial arcing.

Tracking and erosion tests are given in IEC 62217:2005. These tests are better described as screening tests, which can be used to reject materials, or designs, which are inadequate.

NOTE 1 For further information, refer to Annex C of IEC 62217:2005 and CIGRE Technical Brochure No. 142: "*Natural and artificial ageing and pollution testing of polymeric insulators*", June 1999 [2].

NOTE 2 A review of the representativity, repeatability and reproducibility of ageing tests is under consideration and guidance will be given in the future in a new Technical Report prepared by IEC TC 36. In the meantime, it is recommended that particular care should be taken when specifying the type and parameters of such tests.

4.9 Arc protection

The heating effect of power arcs shall be considered in the design of metal fittings. Critical damage to the metal fittings resulting from the magnitude and duration of the short-circuit current can be avoided by properly designed arc-protection devices.

It has not been considered useful to specify a power arc test as a mandatory test for suspension/tension and post insulators. The test parameters are manifold and can have very different values depending on the configurations of the network and the supports and on the design of arc-protection devices. This standard, however, does not exclude the possibility of a power arc test by agreement between the manufacturer and customer.

IEC 61467:2008 gives details of a.c. power arc testing of insulator sets and tests for sustained ignition.

In-running insulator arrangements regularly receive power arcs and the full insulating assembly shall be power arc tested (see 4.10).

4.10 In-running insulators

In railway applications, it is essential to divide the overhead contact lines into discrete electrical sections. This requires breaks or insulators in the contact wire, on which the traction pantograph runs. Composite insulators can provide versatile section insulators with a small mass to minimise pantograph impacts and damage.

Insulators in the overhead contact lines which are designed to work in contact with the traction pantograph unit require additional creepage distances depending upon the pantograph width, system voltage and operating speed. The requirements for insulation length may exceed the values in this standard and shall be agreed separately between the supplier and purchaser.

If the insulator surface wears, it may not accumulate pollution and testing for pollution deposits may not be required. Alternatively if the surface does not wear, pollution can build up from the pantograph strips, which could lead to flashover or surface degradation. This shall be borne in mind when designing the insulators and drafting maintenance instructions or determining life cycle costs.

In-running insulator arrangements regularly receive power arcs and the full insulating assembly shall be power arc tested on the basis of Clause 8 of IEC 61467:2008 or by a field test according to IEC 60913. In order to remove power arcs from insulators, arc extinguishing horn gaps may be used.

Testing shall be in accordance with the requirements defined in Clause 5.

5 Testing

5.1 General

All tests, appropriate to the design requirements of the insulator, shall be undertaken in accordance with current recognised international standards, such as IEC 61109:2008 which applies for composite suspension/tension insulators, or IEC 61952:2008 which applies for composite line post insulators.

For use in special environments, test conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser.

5.2 Design tests

These tests are intended to verify the suitability the design, materials and method of manufacture (technology). A manufacturer is likely to have a family of composite insulator designs which are defined by:

- materials of the core, housing and manufacturing method;
- material of the end fittings, their design and method of attachment;
- layer thickness of the housing over the core;
- diameter of the core.

The parameters of the design insulator shall be identified on the manufacturer's drawing giving all dimensional tolerances. Design tests shall be performed according to Table 2.

Table 2 – Design tests

Test contents	Test methods or standards
Tests on interfaces and connections of end fittings	IEC 62217:2005
Pre-stressing	IEC 61109:2008 or IEC 61952:2008
Water immersion pre-stressing	IEC 62217:2005
Verification tests – Visual examination – Steep-front impulse voltage test – Dry power-frequency voltage test	IEC 62217:2005
Tests on shed and housing material	IEC 62217:2005
Hardness test	IEC 62217:2005
Mechanical properties test ^a – Tension test (tension strength) – Tear test (tear strength, angle test pieces)	ISO 37 ISO 34-1
Accelerated weathering test	IEC 62217:2005
Housing tracking and erosion test	IEC 62217:2005
Fire test	IEC 62217:2005
Shed and housing material tracking and erosion test ^b	IEC 60587
Tests on the core material	IEC 62217:2005
Dye penetration test	IEC 62217:2005
Water diffusion test	IEC 62217:2005
Assembled core load-time test	IEC 61109:2008 or IEC 61952:2008
NOTE Test methods or standards are referred to IEC 62217:2005 for general parts, IEC 61109:2008 for composite suspension/tension insulators and IEC 61952:2008 for composite post insulators.	
^a The range of the tension strength and the tear strength can be agreed between customer and supplier.	
^b The test method, end-point criteria and classification of the material can be agreed between customer and supplier.	

When a composite insulator is submitted to the design tests, it becomes a parent insulator for a design class and the results shall be considered valid for the whole class. This tested parent insulator defines a design of insulators which have the following characteristics:

- A: same materials for the core and housing and same manufacturing method;
- B: same material for the end fittings, same design and same method of attachment;
- C: same or greater minimum layer thickness of the housing over the core (including an intermediate sheath where used) within a tolerance of 15 %;
- D: same or smaller stress under mechanical loads;
- E: same or greater diameter of the core;
- F: same housing profile parameters within a tolerance of 15 %. For equivalent housing profile parameters refer to footnote a) in Table 1 of IEC 61109:2008.

As far as practical, the influence of time on the electrical and mechanical properties of the components (core material, housing, interfaces etc.) and of the complete composite insulators has been considered in specifying the design tests to ensure a satisfactory life-time under normally known stress conditions of transmission lines. An explanation of the principles of the damage limit, load coordination and testing for composite suspension/tension insulators is presented in Annex B.

When changes in the design occur, re-qualification shall be performed according to Table 1 of IEC 61952:2008 or Table 1 of IEC 61109:2008. If the housing materials or manufacture process are changed, the mechanical properties test, shed and housing material tracking and erosion test (see IEC 60587) shall also be repeated.

5.3 Type tests

5.3.1 General

Type tests are intended to verify the characteristics of a composite insulator, which depend mainly on its shape and size. These tests shall be applied to composite insulators which have passed the design tests.

Type tests are defined in IEC 61109:2008 for composite suspension/tension insulators and in IEC 61952:2008 for composite line post insulators.

5.3.2 Electrical tests

An insulator type is defined for electrical testing purposes by the arcing distance, creepage distance, shed inclination, shed diameter and shed spacing. The electrical type tests shall be performed only once on insulators satisfying the above criteria for one type. The electrical type tests shall be repeated only when any of the above characteristics is changed.

5.3.3 Mechanical tests

An insulator type is defined for mechanical testing purposes, by the parameters in Table 1, core material, core diameter, the method of attachment and coupling design. The mechanical type tests shall be performed only once on insulators satisfying the above criteria for each type. The mechanical type tests shall be repeated only when any of the above characteristics are changed.

Where combined loading (tension, compression or torsion) is expected of the insulator, the customer shall define the loading conditions and expected duration of loading. The manufacturer shall calculate the limiting stress on the core defined in Table 1, and to verify this by type tests in accordance with IEC 61952:2008 "*Cantilever failing load test*" with the combined loads applied. Annex B gives the principles of the damage limit, load coordination and testing.

Where deflection of the insulator is a criteria set by the client, it shall be measured during the "cantilever failing load test" to confirm the deflection limits are within the customer specification.

5.3.4 Verification of dimensions

If not already routine tested, the insulators shall be examined visually and their conformity with the drawing shall be checked using the tolerances below.

Unless otherwise agreed, a tolerance of:

- $\pm(0,04 \times d + 1,5)$ mm when $d \leq 300$ mm,
- $\pm (0,025 \times d + 6)$ mm when $d > 300$ mm with a maximum tolerance of ± 50 mm,

shall be allowed on all dimensions for which specific tolerances are not requested (d being the dimension in millimetres).

The measurement of creepage distance shall be related to the design dimensions and tolerances as determined from the insulator drawing, even though this dimension may be greater than the value originally specified by the purchaser. When a minimum creepage distance is specified by the purchaser, the negative tolerance is also limited by this value.

5.4 Sample tests

Sample tests are used to verify characteristics of composite insulators other than those outlined in 5.2 and 5.3 and include characteristics which depend on the quality of manufacture and the materials used. Sample tests are performed on insulators taken at random from lots offered for acceptance.

Sample tests are defined in IEC 61109:2008 for composite suspension/tension insulators and in IEC 61952:2008 for composite line post insulators. Where deflection of the insulator is a criteria set by the client, it shall additionally be measured during the “cantilever failing load test”.

5.5 Routine tests

The aim of these tests is to eliminate composite insulators with manufacturing defects. They are carried out on every composite insulator to be supplied. Routine tests are defined in IEC 61109:2008 for composite suspension/tension insulators and in IEC 61952:2008 for composite line post insulators.

6 Identification

The manufacturer's drawing shall show the relevant dimensions and values necessary for identifying and testing the insulator in accordance with this standard. The drawing shall also show applicable manufacturing tolerances.

Each insulator shall be marked with the name or trade mark of the manufacturer and the year of manufacture. In addition, each insulator may be marked with the SML or MDCL. These markings shall be legible and indelible.

7 Transport, storage, installation and maintenance

The insulators shall be suitably prepared to be protected from damage, distortion or deterioration during the method of transport to site, and site storage. The insulators shall be protected, as necessary, against the weather and storage on site during the construction phase.

Manufacturers of insulators shall provide appropriate instructions and information covering general conditions during transport, storage, installation and maintenance of the insulators. In addition to the requirements of IEC 62217:2005, information on handling of composite insulators can be found in CIGRE Technical Brochure 184 [3].

During installation, or when used in non-standard configurations, composite insulators may be submitted to high torsion, compression or bending loads for which they are not designed.

NOTE Annex C gives guidance on non-standard mechanical stresses and dynamic mechanical loading of composite insulators. Annex D gives the information for determination of the equivalent bending moment caused by combined loads.

The manufacturer may specify any precaution or special instructions for the insulator to achieve the performance requirements including:

- cleaning,
- routine maintenance including any special precautions,
- handling,
- storage and transport,
- installation.

Annex A (informative)

Purchaser requirements

The purchaser shall provide information on the railway electrification system and operating requirements which may affect the design of insulators. This shall include, as appropriate, but not be limited to the following:

- electrical system – service parameters (see 4.3);
- outline spatial and dimensional parameters and inclination used in service;
- ambient temperature range (maximum and minimum) of the electrification system;
- system deflection and movement constraints;
- angular movement limitations;
- nominal working loads and possible maximum working load;
- pollution and environmental considerations;
- end fittings connection requirements;
- if possible, anti-corrosion measures, e.g. zinc coating thickness;
- any additional requirement for special tests;
- any special delivery, packaging or marking requirements;
- identification of inspection and tests to be witnessed by the customer;
- maintenance, cleaning or handling constraints;
- weight or dynamic constraints;
- vandalism frequency and impact levels;
- pantograph strip material and strip width;
- if possible, pantograph/ contact wire running load;
- number of pantograph passes;
- pantograph speed.

Annex B (informative)

Principles of the damage limit, load coordination and testing

B.1 Introductory remark

This annex is intended to explain the long-term behaviour of composite suspension and tension insulators under mechanical load, to show typical coordination between SML and service loads and to explain the mechanical testing philosophy.

B.2 Load-time behaviour and the damage limit

An essential part of the mechanical behaviour of resin bonded fibre cores, typically used for composite insulators, is their load-time behaviour, which deserves some explanation.

The vast experience gained with composite insulators loaded with tension loads, both in the laboratory and confirmed in service, has shown that the load-time curve is indeed a curve, and not a straight line as was presented in the first version of IEC 61109. This straight line had often been misinterpreted, leading to the deduction that a composite insulator would only retain a small fraction of its original mechanical strength after a period of 50 years, whatever the applied load.

It is now known that the time to failure of composite insulators under static tensile loads follows a curve such as that presented in Figure B.1. To take into account the dispersion in the tensile characteristic of the insulator, the withstand curve is positioned, as shown in Figure B.1, below the failure curve. Being asymptotic, it shows that for a given insulator, there is a load below which the insulator will not fail no matter how long the load is applied since there is no damage to the core. This load level is known as the damage limit. Typically the damage limit lies around 60 % to 70 % of the ultimate strength of the core when assembled with fittings.

The damage limit depends on the kind of core material, on the type of end fitting and on the design of the connection zone. The damage limit represents the load value which causes inception of microscopic mechanical damage within the core material.

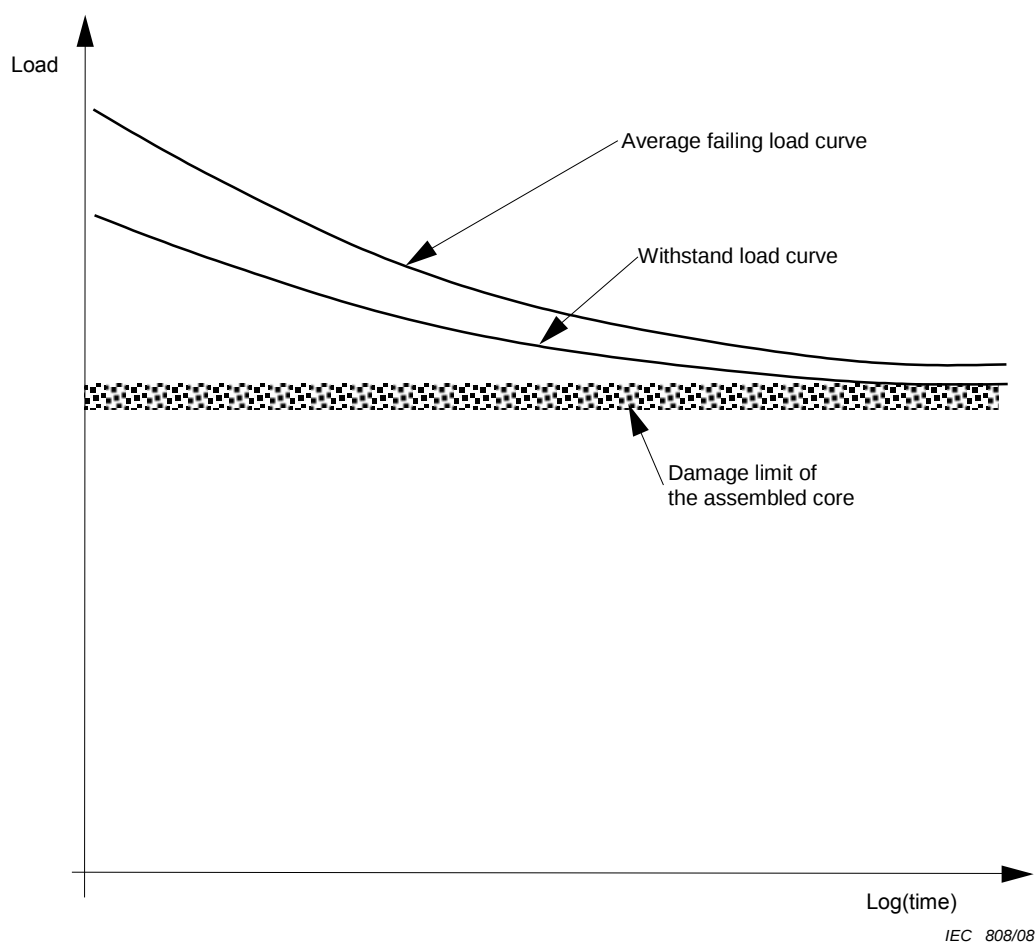
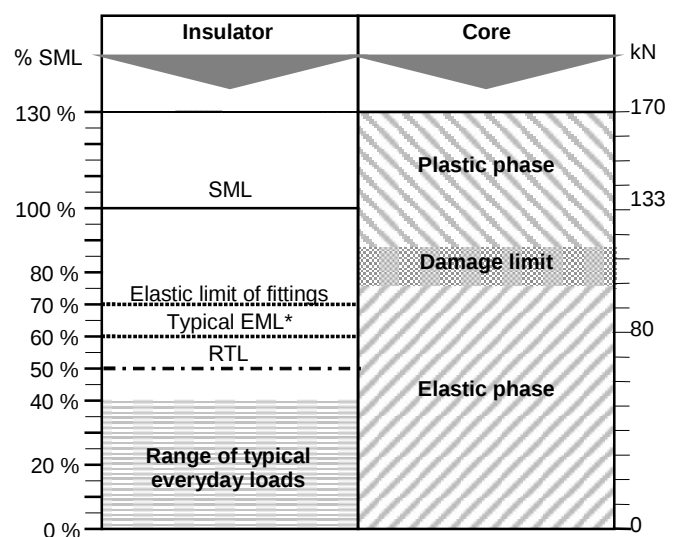


Figure B.1 – Load-time strength and damage limit of a core assembled with fittings

B.3 Service load coordination

For both short- and long-term mechanical loading of the entire composite insulator, the mechanical properties of the individual end fitting types also have to be considered. The maximum admissible working load value for the metal end fittings is limited by the elastic limit of the metal material and the design (mechanically stressed cross-section) of the weakest end fitting part. The maximum admissible load for the entire insulator is therefore given either by the elastic limit of the end fittings or by the damage limit of the assembled core (under normal environmental conditions as given in IEC 62217).

Figure B.2 shows a graphical representation of the typical relationship of the damage limit to the mechanical characteristics of an insulator with a 16 mm diameter core for typical service loads.



* EML Extraordinary mechanical working load (1 week/50 years)

IEC 809/08

Figure B.2 – Graphical representation of the relationship of the damage limit to the mechanical characteristics and service loads of an insulator with a 16 mm diameter core

In all cases, the maximum working load (static and dynamic) shall be below the damage limit of the insulator. It is normal practice to adopt a safety factor of at least 2,5 between the SML and the maximum working load; this generally ensures that there is also a sufficient margin between the damage limit of the insulator and all service loads. IEC 60826 gives guidance for calculation of loads and application of proper safety factors.

B.4 Verification tests

Two tests are prescribed in this standard to check mechanical strength and damage:

- a design test “96 h withstand load test” (load/time pairs D1 and D2 in Figure B.3) to check the position of the strength/time curve of the insulator;
- a type test “damage limit proof test” (load/time pairs T1 and T2 in Figure B.3) to check the damage limit after loading with a constant load of 0,7 SML for 96 h.

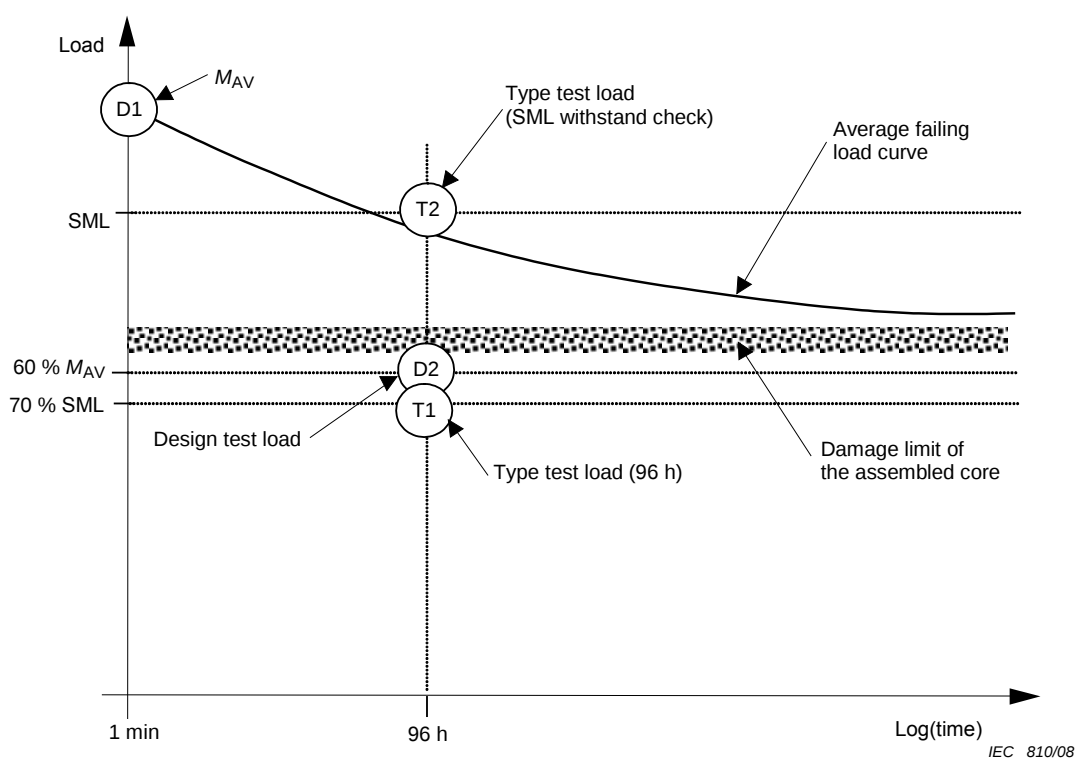


Figure B.3 – Test loads

The design test verifies the starting point of the actual initial load-time curve by using M_{AV} (average failing load of the assembled core) and the minimum position of the damage limit by a withstand test for 96 h at $0,6 M_{AV}$.

The choice of the SML with respect to M_{AV} is made by the manufacturer as a function of statistical data, design and process. There is no simple rule governing this relation. In order to check the coherence of the chosen SML with respect to the damage limit of the assembled insulator, the type test requires the insulator to withstand 70 % of the SML during 96 h followed by the SML for 1 min. If the strength coordination is correct, then the insulator will not suffer any damage during the 96 h and will still be able to withstand the SML.

NOTE In some cases, depending on the chosen SML level, it is possible for the 96 h load for the type test to be higher than the 96 h load for the design test. This does not preclude the need for the design test.

Annex C (informative)

Guidance on non-standard mechanical stresses and dynamic mechanical loading

C.1 Introductory remark

This annex provides guidance on service conditions where non-standard mechanical loads are introduced to the composite suspension/tension insulator. Examples of such non-standard mechanical loads are torsion, compression (buckling) and bending stress loads. Reference is made, based on insulator field experience to date, on the expected mechanical performance of composite insulators subjected to in-service dynamic mechanical loads.

Composite suspension/tension insulators are primarily designed to operate under mechanical tensile loads/stresses. However, in certain operations/applications, additional non-standard loads can be applied to the insulator. Avoidance of subjecting tension/suspension insulators to these non-standard loads should be made where possible. Guidance on minimizing the introduction of such load conditions is given in the CIGRE 22.03, Technical Brochure 184 [3].

C.2 Torsion loads

In line stringing operations, if twisting of the conductor bundle occurs and it is attempted to be corrected by rotation of the composite insulator, then a torsion stress can be introduced to the composite insulator. Furthermore, the probability of damage to the insulator is increased if a single strain insulator is used to support a twin conductor bundle. In such cases, the use of two insulators, either with or without inter-connecting yoke plates, is preferred. The introduction of torsion stresses should be avoided as much as possible during conductor stringing. Subjecting the insulators to excess torsion loads can lead to a reduction in the mechanical integrity of the composite insulator.

C.3 Compressive (buckling) loads

Special conditions arise in the case of insulator V-string applications where the suspension insulator may be subjected to compressive loads (if the wind load is greater than the mass supported, then the leeward insulator carries no load and the unit goes into compression). As a result of critical buckling loads being introduced to the insulator, significant damage may occur.

C.4 Bending loads

Long rod insulators may be subjected to critical bending loads during stringing operations. The introduction of such bending stresses should be avoided as much as possible. Subjecting the insulator to critical bending stresses can cause large deflection of the insulator, which can cause damage and loss of mechanical integrity of the insulator.

C.5 Dynamic mechanical loads

Service experience to date indicates that dynamic loads are unlikely to be of amplitude or duration to be detrimental to the mechanical performance of composite suspension/tension insulators.

C.6 Limits

It is difficult to give general limiting values for non-standard stresses due to the varied designs and materials used for composite suspension insulators. The intrinsic maximum stress for common core materials, before damage occurs, is of the order of 400 MPa in bending and 60 MPa in torsion – where the strength of the end fitting assembly onto the rod also comes into play. However, the often large displacements caused by non-standard loads can induce stress in the housing materials and their interfaces with the core or fittings, leading to their damage. For example, at a stress of 400 MPa, a 2 m long insulator with a 16 mm diameter core would have a deflection of 1,8 m. For this reason, it is recommended that the customer bring to the attention of the manufacturer, whenever possible, any anticipated non-standard loads or displacements in order to determine if they are critical for the product. In this way, working loads/displacements, the need for a test, the test procedure and the test loads/displacements can then be determined by agreement.

Annex D (informative)

Determination of the equivalent bending moment caused by combined loads

D.1 General

Line post insulators are rated according to their maximum design cantilever load (MDCL). In service, the cantilever load on a horizontal insulator may be the load resulting from the combination of a vertical load and a longitudinal load. In addition to this cantilever load, an axial (compression or tension) load may also be present. The bending moment corresponding to the combination of these loads shall not exceed the moment which corresponds to the MDCL.

Line post insulators are also often used with a tension brace in order to be able to support higher vertical loads. The line post insulator in this structure is usually angled upwards by a few degrees. In this case, a vertical load creates compressive stresses in the line post insulator.

The following clauses give information on calculating the approximate equivalent bending moment when line post insulators are submitted to combined loads, either alone or when part of a braced structure.

The following notation is used:

C, T, V, L	applied compressive, tensile, vertical, longitudinal load, in N;
P_p	resulting compressive load in the line post;
P_b	resulting tensile load in the brace;
M_C	resulting moment in the post under compression;
M_T	resulting moment in the post under tension;
d	distance from the point of application of the load to the top edge of the base fitting, in m;
E	longitudinal Young's modulus (Pa) or (N m^{-2});
I	moment of inertia of the rod, in m^4 , to the fourth power (for a solid round rod of diameter D : $I = \pi D^4/64$).

NOTE The values for Young's modulus and for the moment of inertia (or the real diameter) should be supplied by the manufacturer.

D.2 Maximum allowable bending moment, $M_{\max}$

The maximum design cantilever load of a composite line post insulator induces the maximum allowable bending moment $M_{\max} = \text{MDCL} \times d$. The maximum stress associated with this bending moment must not produce any damage to the insulator FRP core.

The maximum combined stress is the maximum stress resulting from the simultaneously applied cantilever and compression (or tension) loads. In service, the various combinations of

loads must not produce a bending moment that is greater than the bending moment induced by the MDCL.

D.3 Combined loading of line post insulators

Figure D.1 shows the combined loads applied to unbraced insulators. The following formulae allow determination of the moment in the insulator when submitted to single or combined loads. It should be noted that the accuracy of these formulae depends on the deflection. The more the moment approaches the MDCL, the less accurate they become.

It should also be noted that the applied loads can result in damaging stress levels in the end fittings or accessories even when the moment in the insulator is at an acceptable level.

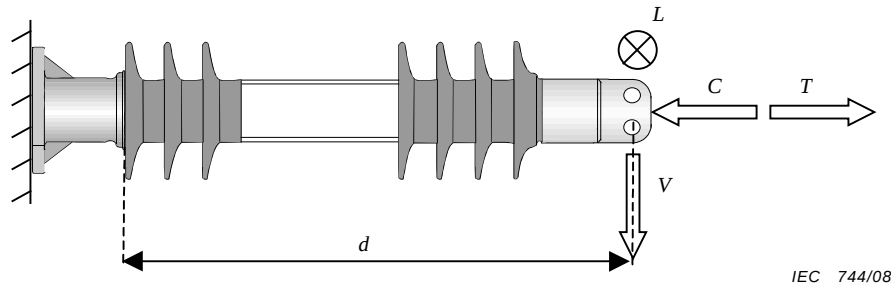


Figure D.1 – Combined loads applied to unbraced insulators

Horizontal insulators

In service, the insulator may be subjected to a combination of a vertical load (V), a longitudinal load (L) and a compression (C), or a tension load (T). The vertical load is usually the main load and sometimes the only load.

A – Compression case

The sum of the vertical (V) and longitudinal (L) components of the loads applies a cantilever load to the insulator; the compression load (C) is taken as being applied to the head of the insulator toward its base. The moment resulting from the application of these three forces is given by:

$$M_C = [(V^2 + L^2)EI / C]^{1/2} \tan [d (C / EI)^{1/2}]$$

In service: M_C should not exceed $M_{\max}$.

B – Tension case

The sum of the vertical (V) and longitudinal (L) components of the loads applies a cantilever load to the insulator; the tension load (T) is taken as being applied to the head of the insulator away from its base. The moment resulting from the application of these three forces is given by:

$$M_T = [(V^2 + L^2)EI / T]^{1/2} \tan [d (T / EI)^{1/2}]$$

In service: M_T should not exceed $M_{\max}$.

Vertical insulators

The above formula for the compression case may be applied to vertical insulators. Care should then be taken to use the proper load values: the vertical load is now the compression load C ; V and L loads are the loads applied to the insulator perpendicular to the insulator axis.

Bibliography

- [1] IEC 60050-471, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*
 - [2] CIGRE Technical Brochure No. 142 – *Natural and artificial ageing and pollution testing of polymeric insulators*, June 1999
 - [3] CIGRE 22.03, Technical Brochure 184 – *Composite Insulator Handling Guide*, April 2001
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
INTRODUCTION.....	32
1 Domaine d'application.....	33
2 Références normatives	33
3 Termes et définitions	34
4 Caractéristiques des isolateurs composites destinés aux réseaux de lignes aériennes de contact.....	35
4.1 Généralités.....	35
4.2 Conditions environnementales	35
4.3 Tensions et fréquences des réseaux.....	36
4.4 Ligne de fuite.....	36
4.5 Exigences mécaniques	38
4.6 Corrosion	38
4.7 Sécurité incendie	38
4.8 Cheminement et érosion	39
4.9 Protection contre les arcs	39
4.10 Isolateurs de sections de ligne	39
5 Essais	40
5.1 Généralités.....	40
5.2 Essais de conception.....	40
5.3 Essais de type	42
5.3.1 Généralités	42
5.3.2 Essais électriques.....	42
5.3.3 Essais mécaniques	42
5.3.4 Vérification des dimensions.....	43
5.4 Essais sur prélèvements.....	43
5.5 Essais individuels de série	43
6 Identification	43
7 Transport, stockage, installation et entretien	43
Annexe A (informative) Exigences de l'acheteur	45
Annexe B (informative) Principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charge et essais.....	46
Annexe C (informative) Conseils sur les contraintes mécaniques non standard et les charges mécaniques dynamiques	50
Annexe D (informative) Détermination du moment de flexion équivalent résultant de charges combinées	52
Bibliographie	55
Figure B.1 – Résistance charge-temps et limite d'endommagement d'un noyau assemblé avec les armatures	47
Figure B.2 – Représentation graphique de la relation entre la limite d'endommagement et les caractéristiques mécaniques et les charges de services d'un isolateur avec un noyau de 16 mm de diamètre	48
Figure B.3 – Charges d'essai	49
Figure D.1 – Charges combinées appliquées aux isolateurs sans hauban	53

Tableau 1 – Définition des caractéristiques mécaniques appropriées au type d'isolateur	38
Tableau 2 – Essais de conception	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – TRACTION ÉLECTRIQUE – EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR LES ISOLATEURS COMPOSITES DESTINÉS AUX RÉSEAUX DE LIGNES AÉRIENNES DE CONTACT

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62621 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente norme est basée sur l'EN 50151:2003.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1539/FDIS	9/1560/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

La présente norme spécifie les exigences de conception et d'essai des isolateurs composites destinés aux réseaux de lignes aériennes de contact pour la traction électrique ferroviaire. De tels isolateurs, installés à une hauteur relativement faible dans l'environnement rude des infrastructures de chemins de fer, demandent une attention particulière lors de leur conception, afin de réduire les effets du vandalisme et de la pollution environnementale provenant de l'exploitation ferroviaire, surtout lorsqu'ils sont combinés avec l'absence de lavage naturel. Les isolateurs peuvent faire partie d'assemblages dans les tunnels ou au-dessus des ponts, ou être en contact avec les pantographes des motrices; ils sont alors soumis à des efforts mécaniques combinés (traction, flexion et torsion) pouvant requérir une attention particulière.

La présente norme est destinée à permettre au fabricant d'être en conformité avec les pratiques locales de travail, à assurer la compatibilité avec les réseaux de lignes aériennes de contact pour la traction électrique ferroviaire existants, et à fournir un isolateur qui présentera un comportement fiable pendant la durée de vie souhaitée, avec un minimum d'entretien.

Les isolateurs prévus pour les lignes aériennes sont principalement conçus pour résister aux efforts de traction et/ou de flexion et ne sont pas conçus pour résister aux efforts de torsion. Des mesures atténuant les efforts de torsion sont, en général, mises en œuvre par le concepteur des lignes aériennes de contact. Des efforts combinés (tension, compression et torsion) peuvent être rencontrés et ceux-ci sont pris en compte dans les méthodes d'essai indiquées dans le présent document.

Les méthodes d'essai pour les applications ferroviaires données dans la présente norme ont principalement comme références la CEI 61109, la CEI 61952 et la CEI 62217.

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
INSTALLATIONS FIXES –
TRACTION ÉLECTRIQUE –
EXIGENCES PARTICULIÈRES POUR LES ISOLATEURS
COMPOSITES DESTINÉS AUX RÉSEAUX
DE LIGNES AÉRIENNES DE CONTACT**

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques des isolateurs composites destinés aux réseaux de lignes aériennes de contact de traction électrique ferroviaire, selon la définition de la CEI 60913. Les isolateurs spécifiés par la présente norme sont conçus pour les réseaux d'alimentation de traction électrique dont les tensions nominales sont supérieures à 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu. Les applications spécifiques, où des efforts élevés de torsion peuvent avoir lieu, sont en dehors du domaine d'application de la présente norme et des essais particuliers, représentatifs des installations générant des charges critiques, font l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client.

La présente Norme internationale s'applique aux isolateurs composites tels que définis en 3.1 ci-dessous et ne s'applique pas aux autres isolateurs polymériques.

Les dispositions de la présente norme s'appliquent à la conception et à la construction des nouveaux réseaux de lignes aériennes de contact de traction électrique utilisant des isolateurs ou lors de la rénovation complète des réseaux existants.

La présente norme offre toute une gamme d'essais à la disposition de l'acheteur et du fabricant; ces essais sont utilisés pour évaluer l'adéquation d'un isolateur particulier à un environnement ferroviaire donné. Des essais supplémentaires peuvent être spécifiés par le client pour évaluer la conformité de l'isolateur dans des conditions d'utilisation particulières.

La présente norme établit les caractéristiques de produit, les méthodes d'essai et les critères d'acceptation.

L'objet de la présente norme est de stipuler les dispositions relatives à la conception et à la fourniture du service indiqué par le fabricant au client ou à l'acheteur pour l'application sur l'infrastructure ferroviaire.

2 Références normatives

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

CEI 60587, *Matériaux isolants électriques utilisés dans des conditions ambiantes sévères – Méthodes d'essai pour évaluer la résistance au cheminement et à l'érosion*

CEI 60815-1:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles* (disponible en anglais seulement)

CEI 60815-3:2008, *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems* (disponible en anglais seulement)

CEI 60826, *Critères de conception des lignes aériennes de transport*

CEI 60850:2007, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 60913, *Lignes aériennes de traction électrique*

CEI 61109:2008, *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 61467:2008, *Isolateurs pour lignes aériennes – Chaînes d'isolateurs et chaînes d'isolateurs équipées pour lignes de tension nominale supérieure à 1 000 V – Essais d'arc de puissance en courant alternatif*

CEI 61952:2008, *Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites rigides à socle pour systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation*

CEI 62217:2005, *Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V – General definitions, test methods and acceptance criteria* (disponible en anglais seulement)

CEI 62497-1:2010, *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*

ISO 34-1, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 1: Éprouvettes pantalon, angulaire et croissant*

ISO 37, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction*

3 Termes et définitions

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

NOTE Certains termes de la CEI 62217:2005 sont reproduits ici afin de faciliter la recherche de référence. Des définitions supplémentaires applicables aux isolateurs peuvent être trouvées dans la CEI 60050-471 [1]¹, la CEI 61109:2008 et la CEI 61952:2008.

3.1

isolateur composite

isolateur constitué d'au moins deux parties isolantes, un noyau et un revêtement, et équipé d'armatures d'extrémité

NOTE Les isolateurs composites peuvent, par exemple, être constitués soit d'ailettes individuelles montées sur le noyau, avec ou sans gaine intermédiaire, soit alternativement, d'un revêtement moulé ou coulé directement sur le noyau en une ou plusieurs parties.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

3.2

charge nominale de conception

charge, spécifiée par le client, correspondant aux efforts ordinaires permanents et dynamiques

4 Caractéristiques des isolateurs composites destinés aux réseaux de lignes aériennes de contact

4.1 Généralités

Les matériaux composites et polymères permettent la fabrication d'isolateurs utilisables en extérieur sur les réseaux de lignes aériennes de contact. Les isolateurs se composent d'un noyau isolant supportant la charge mécanique, un revêtement polymère protégeant le noyau et des armatures d'extrémité par lesquelles la charge est transmise au noyau. Ces matériaux permettent de réaliser des applications spécialisées dans le domaine des réseaux de lignes aériennes de contact (y compris l'isolement de sections de ligne - passage de l'archet sur la partie flottante - et les fixations flexibles) et sont également utilisés pour leurs avantages de légèreté, leur résistance au vandalisme et leur comportement sous pollution. En dépit de nombreux principes communs de conception, les matériaux employés et les détails de construction utilisés par différents fabricants peuvent être tout à fait différents et peuvent mener à différents paramètres de performances.

Les réseaux de lignes aériennes de contact de traction électrique appliqués aux chemins de fer ont plusieurs caractéristiques différant de celles associées aux lignes d'énergies. Les lignes sont de faible hauteur et passent par des zones urbaines, faisant d'elles des cibles pour le vandalisme. Elles sont incorporées aux ponts et aux tunnels construits uniquement pour le matériel roulant, et sont installées dans des espaces réduits. Elles subissent la pollution produite par la proximité immédiate du chemin de fer et, dans les tunnels et sous les ponts, ne sont pas lavées par des précipitations naturelles. Elles subissent les efforts de mouvement et d'arrachement dus au contact normal du pantographe sur les fils. Lorsqu'ils sont utilisés en tant qu'isolateurs de sections de ligne, ceux-ci subissent des forces mécaniques et une abrasion due au pantographe passant à vitesse élevée sur le revêtement polymérique qui peut subir une déformation, un déchirement et une séparation du noyau (voir 4.10).

La présente norme regroupe certains essais en "essais de conception" à exécuter une seule fois sur les isolateurs satisfaisant aux mêmes conditions de conception. Dans la mesure du possible, l'influence du temps, des situations et du climat sur les propriétés électriques et mécaniques des composants (le matériau du noyau, le revêtement, les interfaces etc.) et des isolateurs composites assemblés, a été étudiée en spécifiant des essais de conception afin qu'une durée de vie satisfaisante puisse être espérée dans des conditions de contraintes normalement connues des réseaux de lignes aériennes de contact.

Le nombre important d'isolateurs installés dans le milieu restreint d'un chemin de fer opérationnel, avec un accès limité pour l'entretien, ou installés dans des conditions environnementales sévères, exige un niveau élevé de fiabilité quant à l'isolement électrique en adéquation avec la tension du réseau, y compris les surtensions temporaires et transitoires, ainsi qu'un niveau élevé d'intégrité mécanique. Dans ce cas, un facteur de sécurité raisonnable concernant les propriétés mécaniques et électriques des isolateurs doit être convenu entre le fabricant et le client.

4.2 Conditions environnementales

Les conditions environnementales telles que la température, l'humidité, les vibrations, le rayonnement solaire, la pollution, etc., peuvent avoir de graves effets sur les propriétés électriques et mécaniques des isolateurs. Une attention particulière doit être portée au vieillissement des matériaux de revêtement et des interfaces, à l'exposition du noyau à l'environnement et à la corrosion des armatures d'extrémité. Lors d'une utilisation à basses températures, le comportement ou la fragilité du matériau de revêtement et des interfaces doivent être pris en considération.

NOTE Lorsque la température tombe au-dessous de la température de cristallisation ou de transition vitreuse du revêtement, son élasticité disparaît. Ce changement est réversible lors de l'augmentation de la température.

Les conditions environnementales normales auxquelles des isolateurs sont soumis en service sont définies par la CEI 62217:2005.

Du fait que les isolateurs sont prévus pour être utilisés en extérieur et qu'ils peuvent être installés dans des conditions environnementales sévères, on doit prendre en considération la pollution. Les degrés de pollution sont définis dans le Tableau A.4 de la CEI 62497-1:2010.

4.3 Tensions et fréquences des réseaux

Les tensions et les fréquences des réseaux spécifiées par la CEI 60850:2007 s'appliquent généralement à la présente norme. Les valeurs des tensions (phase-terre) normalisées, ainsi que la corrélation entre les tensions nominales du réseau de distribution d'énergie ferroviaire et les tensions d'isolement exigées pour des circuits des équipements destinés à être connectés à ces réseaux sont données par le Tableau 1 de la CEI 60850:2007.

L'acheteur doit fournir les informations sur le réseau d'électrification ferroviaire et les exigences d'exploitation qui peuvent affecter la conception des isolateurs.

NOTE Les exigences de l'acheteur sont données à l'Annexe A.

La tension de tenue aux chocs de foudre à sec doit être au moins égale à la tension assignée de tenue aux chocs définie par la CEI 62497-1:2010. La tension de tenue à fréquence industrielle sous pluie doit être au moins égale à la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle définie par la CEI 62497-1:2010.

La tension assignée de tenue aux chocs pour les circuits alimentés par la ligne de contact est donnée par le Tableau A.2 de la CEI 62497-1:2010. Les lignes aériennes sont considérées comme un cas de situation naturelle. Le niveau d'isolement assigné est fondé sur des considérations statistiques et de risque. Par conséquent, la tension assignée de tenue aux chocs est choisie parmi les valeurs préférentielles données par 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.2 de la CEI 62497-1:2010 est basé sur les 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, telle que la CEI 60913, sont admises.

4.4 Ligne de fuite

La distance d'arc à sec, la ligne de fuite et le profil géométrique des ailettes définissent électriquement un isolateur. Les lignes de fuite doivent être dimensionnées selon la tension permanente la plus élevée du réseau. L'attention doit être également accordée au matériau d'isolement et à son comportement sous pollution. Le fabricant peut recommander une ligne de fuite supérieure à la ligne de fuite minimale afin d'assurer une durée de vie suffisante pour ce matériau.

La forme et la taille globale de l'isolateur sont définies par les exigences spatiales du client, les exigences de performances mécaniques et électriques et par sa compatibilité avec les matériels existants. Le fabricant peut décider du profil des ailettes.

Une pollution supplémentaire peut être produite en milieu ferroviaire par les systèmes de traction et freinage, les trains diesel et à vapeur circulant sous les lignes électriques. L'échappement des trains à vapeur est très chaud ($> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) et il convient de ne pas le rejeter directement sur les isolateurs. Cela peut être empêché par le positionnement soigné des isolateurs sur la ligne ou par une restriction des mouvements des trains et des positions d'arrêt. L'échappement des trains diesel est moins sévère, mais il contient de l'huile et des dépôts carbonés pouvant souiller les isolateurs. Aucune ligne de fuite supplémentaire n'est nécessaire pour les isolateurs soumis à l'utilisation des trains diesel, mais il est important de s'assurer que les produits d'échappement diesel ne s'accumulent pas sur les isolateurs, en vérifiant les positions d'arrêt, etc.

Les isolateurs placés sous les ponts et dans les tunnels ne sont pas lavés par les précipitations naturelles, ce qui peut conduire à une accumulation de la pollution. En présence de ces conditions d'environnement sévères, et afin de réduire au minimum la dégradation du matériau de revêtement, la ligne de fuite et la conception nécessitent de prendre en compte l'application spécifique. Cela sera également applicable particulièrement aux isolateurs utilisés en contact avec l'appareil collecteur du pantographe et qui peut exiger une ligne de fuite plus importante pour tenir compte de la largeur du pantographe (voir 4.10).

Les conditions de fonctionnement et le niveau de pollution sont spécifiés au Tableau A.4 de CEI 62497-1:2010. Le dimensionnement des lignes de fuite par rapport à la tension assignée d'isolement, tel que donné par la CEI 62497-1:2010, est indiqué ci-après:

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

NOTE 1 Il existe des conditions d'exploitation normales 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, d'industries sidérurgiques, à proximité de l'océan avec des brouillards fréquents.

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

Les isolateurs composites présentent certains avantages par rapport aux isolateurs en céramique et en verre dus à leur forme et aux matériaux. Ces avantages consistent en un comportement, eu égard à la résistance à la pollution, généralement amélioré par rapport à celui des isolateurs similaires en céramique ou en verre, à ligne de fuite égale; cette amélioration est, de plus, accrue par l'utilisation de matériaux à transfert d'hydrophobicité (HTM). En principe et strictement d'un point de vue de la résistance à la pollution ou au contournement, on peut conclure qu'une ligne de fuite réduite peut être utilisée pour ces isolateurs. Cependant, comparés aux matériaux isolants traditionnels, les matériaux polymères sont davantage susceptibles d'être dégradés par l'environnement, par les champs électriques et par l'effet d'arc, pouvant, dans certaines conditions, réduire les performances de résistance à la pollution ou la durée de vie de l'isolateur. Le Paragraphe 9.4 de la CEI 60815-1:2008 traite des considérations et le Paragraphe 5.2 de la CEI 60815-3:2008 traite de points particuliers, concernant la réduction de la ligne de fuite pour les matériaux polymériques des revêtements.

En ce qui concerne les tensions des réseaux à courant continu, certains isolements peuvent exiger une valeur de ligne de fuite spécifique unifiée légèrement plus élevée comparée à l'isolement en courant alternatif, dans les mêmes conditions.

NOTE 5 Cet effet sera traité en détails dans une prochaine partie de la CEI 60815 relative aux réseaux à courant continu.

4.5 Exigences mécaniques

Les charges de tenue définies par le fabricant doivent tenir compte des caractéristiques indiquées par le Tableau 1.

Tableau 1 – Définition des caractéristiques mécaniques appropriées au type d'isolateur

Type d'isolateur	Caractéristiques mécaniques	Définitions
Chargé principalement en traction	CMS (charge mécanique spécifiée) / CMI (charge mécanique pour essai individuel)	Selon la CEI 61109:2008
Chargé principalement en flexion	CFS (charge de flexion spécifiée) / CFMC (charge de flexion maximale de conception) / CTS (charge de traction spécifiée) / CMI (charge mécanique pour essai individuel)	Selon la CEI 61952:2008

Dans tous les cas, la charge de service maximale (statique et dynamique) doit être inférieure à la limite d'endommagement de l'isolateur. Il est dans les habitudes normales d'adopter un facteur de sécurité au moins de 2,5 entre le CMS et la charge de service maximale; généralement cela garantit qu'il y a aussi une marge suffisante entre la limite d'endommagement de l'isolateur et toutes les charges en service. La CEI 60826 et la CEI 60913 donnent des conseils en matière de calcul des charges et en matière d'application des facteurs de sécurité corrects.

NOTE La CFMC peut, en plus, être modifiée par n'importe quel critère de débattement angulaire ou de flèche sous flexion défini dans les exigences du client.

4.6 Corrosion

Les armatures d'extrémité doivent être convenablement protégées contre la corrosion et être électro-chimiquement compatibles avec les connexions d'interface. Une attention particulière doit être portée à la protection des armatures d'extrémité et l'étanchéité des zones de connexion contre l'entrée d'humidité, l'activité chimique ou la dégradation provoquée par les variations de la température ou par la conduction d'un courant unidirectionnel.

4.7 Sécurité incendie

Les isolateurs composites ne doivent pas présenter de phénomène d'inflammation spontanée et entretenue, comme dans le cas où ils sont soumis à un essai d'arc de puissance. L'emplacement, l'entretien, la ligne de fuite et la protection contre les surtensions doivent être choisis de manière à minimiser la possibilité de contournement par un arc de puissance.

L'utilisation d'isolateurs composites dans des environnements ou applications particuliers, surtout dans les tunnels et les gares, peut nécessiter qu'ils possèdent un comportement sûr en termes d'inflammabilité, d'émission de fumée et de toxicité.

Les essais d'inflammabilité sont destinés à vérifier les propriétés d'allumage, de propagation de la flamme et d'auto-extinction du matériau de revêtement. Les exigences d'inflammabilité sont définies dans les exigences d'essais (voir Article 5).

Les essais d'émission de fumée sont destinés à identifier l'opacité des émissions de fumée quand le matériau de l'isolateur brûle.

Les essais de toxicité sont destinés à vérifier la toxicité des émissions de fumée quand le matériau de l'isolateur brûle.

4.8 Cheminement et érosion

Les dommages de surface peuvent se produire dans des conditions sévères d'environnement dues aux courants de fuite sur la surface et à l'établissement d'un arc partiel.

Les essais de cheminement et d'érosion sont donnés par la CEI 62217:2005. Ces essais sont plutôt définis en tant qu'essais de sélection; ils peuvent être utilisés pour éliminer des matériaux ou des conceptions non satisfaisants.

NOTE 1 Pour de plus amples informations, se référer à l'Annexe C de la CEI 62217:2005 et à la Brochure Technique N° 142 du CIGRE: "Natural and artificial ageing and pollution testing of polymeric insulators", June 1999 [2].

NOTE 2 Une étude de la représentativité, de la répétabilité et de la reproductibilité des essais de vieillissement est actuellement en cours et des recommandations seront prochainement émises dans un nouveau Rapport technique préparé par le comité d'études 36 de la CEI. Entre-temps, il est recommandé de prêter une attention particulière lorsque l'on spécifie le type et les paramètres de ces essais.

4.9 Protection contre les arcs

L'effet thermique des arcs de puissance doit être pris en compte dans la conception des armatures d'extrémité. Des dommages aux armatures d'extrémité, pouvant se produire en raison de l'importance et de la durée du courant de court-circuit, peuvent être évités par des dispositifs de protection contre les arcs correctement conçus.

Il n'a pas été jugé utile de spécifier un essai d'arc de puissance en tant qu'essai obligatoire pour les isolateurs de suspension/ancrage et les isolateurs rigides à socle. Les paramètres d'essai sont divers et peuvent avoir des valeurs très différentes selon les configurations du réseau et des supports, ainsi que selon la conception des dispositifs de protection d'arc. Cependant, la présente norme n'exclut pas la possibilité d'un essai d'arc de puissance en fonction des accords passés entre le fabricant et le client.

La CEI 61467:2008 donne les détails de l'essai d'arc de puissance en courant alternatif pour les chaînes d'isolateurs équipées. Cet essai vérifie également utilement l'inflammation entretenue.

Les éléments d'isolateurs de sections de ligne subissent régulièrement des arcs de puissance et l'ensemble isolant complet doit être soumis aux essais d'arc de puissance (voir 4.10).

4.10 Isolateurs de sections de ligne

Dans des applications ferroviaires, il est essentiel de diviser les lignes aériennes de contact en sections électriques distinctes. Cela exige des ruptures ou des isolateurs dans le fil de contact sur lequel circule le pantographe de traction. Les isolateurs composites peuvent constituer des isolateurs de sections polyvalents de faible masse, minimisant de ce fait les impacts et les dommages aux pantographes.

Les isolateurs insérés dans les lignes aériennes de contact, conçus pour fonctionner au contact de l'archet du pantographe, exigent des lignes de fuite supplémentaires dépendant de la largeur du pantographe, de la tension du réseau et de la vitesse de circulation. Les exigences relatives à la longueur d'isolement peuvent dépasser les valeurs données par la présente norme et doivent faire l'objet d'un accord séparé entre le fournisseur et l'acheteur.

Si la surface de l'isolateur s'use, elle peut ne pas accumuler la pollution et des essais de dépôt de pollution peuvent ne pas être exigés. Cependant, si la surface ne s'use pas, la pollution peut s'accumuler à partir des bandes de frottement du pantographe, ce qui pourrait mener à un contournement ou à une dégradation de surface. Cela doit être gardé à l'esprit lors de la conception des isolateurs et lors de la rédaction des instructions d'entretien ou pour déterminer les coûts du cycle de vie.

Les éléments d'isolateurs de sections de ligne subissent régulièrement des arcs de puissance et l'ensemble isolant complet doit être soumis aux essais d'arc de puissance sur la base de l'Article 8 de la CEI 61467:2008 ou dans des conditions réelles conformément à la CEI 60913. Afin de détourner l'arc de puissance des isolateurs, un éclateur à cornes pour l'extinction d'arc peut être utilisé.

Les essais doivent être conformes aux exigences définies à l'Article 5.

5 Essais

5.1 Généralités

Tous les essais, appropriés aux exigences de conception de l'isolateur, doivent être effectués conformément aux normes internationales reconnues et en vigueur, comme la CEI 61109:2008 s'appliquant aux isolateurs composites de suspension et d'ancrage, ou la CEI 61952:2008 s'appliquant aux isolateurs rigides à socle.

Dans le cas d'une utilisation dans des environnements spéciaux, les conditions d'essai doivent être convenues entre le fabricant et l'acheteur.

5.2 Essais de conception

Ces essais ont pour but de vérifier que la conception, les matériaux et la méthode de fabrication (technologie) sont appropriés. Un fabricant est susceptible d'avoir une gamme de conceptions d'isolateurs composites définie par:

- les matériaux du noyau, du revêtement et la méthode de fabrication;
- le matériau, la conception et la méthode de fixation des armatures d'extrémité;
- l'épaisseur du revêtement recouvrant le noyau;
- le diamètre du noyau.

Les paramètres de l'isolateur de référence doivent être identifiés sur le plan du fabricant, en indiquant toutes les tolérances dimensionnelles. Les essais de conception doivent être réalisés conformément au Tableau 2.

Tableau 2 – Essais de conception

Désignation de l'essai	Méthodes d'essai ou normes
Essais sur les interfaces et les connexions des armatures d'extrémité	CEI 62217:2005
Précontrainte	CEI 61109:2008 ou CEI 61952:2008
Précontrainte par immersion dans l'eau (Water immersion pre-stressing)	CEI 62217:2005
Essais de vérification (Verification tests) – Examen visuel (Visual examination) – Essai sous onde de choc à front raide (Steep-front impulse voltage test) – Essai sous tension à fréquence industrielle à sec (Dry power-frequency voltage test)	CEI 62217:2005
Essais du matériau d'ailette et de revêtement	CEI 62217:2005
Essai de dureté (Hardness test)	CEI 62217:2005
Essai relatif aux propriétés mécaniques ^a – Essai de traction (résistance à la traction) – Essai de déchirement (résistance au déchirement)	ISO 37 ISO 34-1
Essai climatique accéléré (Accelerated weathering test)	CEI 62217:2005
Essai de cheminement et d'érosion relatif au revêtement (Housing tracking and erosion test)	CEI 62217:2005
Essai au feu (Fire test)	CEI 62217:2005
Essai de cheminement et d'érosion relatif aux ailettes et au matériau de revêtement ^b (Shed and housing material tracking and erosion test)	CEI 60587
Essais sur le matériau du noyau	CEI 62217:2005
Essai de pénétration de colorant (Dye penetration test)	CEI 62217:2005
Essai de pénétration d'eau (Water diffusion test)	CEI 62217:2005
Essai charge-temps du noyau assemblé	CEI 61109:2008 ou CEI 61952:2008
NOTE Les méthodes d'essai ou les normes font référence à la CEI 62217:2005 pour des parties générales, à la CEI 61109:2008 pour les isolateurs composites de suspension/ancrage et à la CEI 61952:2008 pour les isolateurs composites rigides à socle.	
^a La plage de résistance à la traction et de résistance au déchirement peut être convenue entre le client et le fournisseur.	
^b La méthode d'essai, les critères du point d'arrêt et la classification du matériau peuvent être convenus entre le client et le fournisseur.	

Lorsqu'un isolateur composite est soumis aux essais de conception, il devient un isolateur "parent" pour une classe de conception et les résultats doivent être considérés comme étant valides pour toute la classe. Cet isolateur "parent", soumis aux essais, définit une conception d'isolateurs ayant les caractéristiques suivantes:

- A: mêmes matériaux pour le noyau, le revêtement et même méthode de fabrication;
- B: même matériau pour les armatures d'extrémité, même conception et même méthode de fixation;
- C: épaisseur égale ou supérieure de la couche minimale de revêtement sur le noyau (y compris gaine intermédiaire, si utilisée) avec une tolérance de 15 %;
- D: contraintes égales ou inférieures sous charges mécaniques;
- E: diamètre du noyau identique ou supérieur;
- F: mêmes paramètres de profil de revêtement avec une tolérance de 15 %. Les paramètres de profil de revêtement équivalents se rapportent à la note a) en bas du Tableau 1 de la CEI 61109:2008.

Autant que possible, l'influence du temps sur les propriétés électriques et mécaniques des composants (le matériau du noyau, le revêtement, les interfaces etc.) et des isolateurs composites assemblés a été étudiée en spécifiant des essais de conception, afin de garantir une durée de vie satisfaisante dans des conditions de contraintes normalement connues des lignes de transport. Une explication des principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charge et des essais pour les isolateurs composites de suspension/ancrage est présentée à l'Annexe B.

En cas de modifications dans la conception, une requalification doit être effectuée conformément au Tableau 1 de la CEI 61952:2008 ou conformément au Tableau 1 de la CEI 61109:2008. En cas de modifications des matériaux de revêtement ou du processus de fabrication, l'essai relatif aux propriétés mécaniques, l'essai de cheminement et d'érosion relatif aux ailettes et au matériau de revêtement (voir la CEI 60587) doivent être répétés également.

5.3 Essais de type

5.3.1 Généralités

Les essais de type ont pour but de vérifier les caractéristiques d'un isolateur composite, qui dépendent essentiellement de sa forme et de sa taille. Ces essais doivent être effectués sur des isolateurs composites dont la conception a déjà été qualifiée.

Les essais de type sont définis par la CEI 61109:2008 pour les isolateurs composites de suspension/ancrage et par la CEI 61952:2008 pour les isolateurs composites rigides à socle.

5.3.2 Essais électriques

Un type d'isolateur est défini, eu égard aux essais électriques, par la distance d'arc, la ligne de fuite, ainsi que par l'inclinaison, le diamètre et le pas des ailettes. Les essais de type électriques doivent être effectués une seule fois sur des isolateurs satisfaisant aux critères ci-dessus pour un type. Les essais de type électriques ne doivent être refaits que lorsqu'une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessus sont modifiées.

5.3.3 Essais mécaniques

Un type d'isolateur est défini, eu égard aux essais mécaniques, par les paramètres du Tableau 1, le matériau du noyau et son diamètre, ainsi que par la méthode de fixation des armatures d'extrémité et la conception du couplage. Les essais de type mécaniques doivent être effectués une seule fois sur des isolateurs satisfaisant aux critères ci-dessus pour chaque type. Les essais de type mécaniques ne doivent être refaits que lorsqu'une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessus sont modifiées.

Lorsqu'il est prévu une application combinée des charges (traction, compression ou torsion), le client doit définir les conditions de charge et la durée de leur application attendue. Le fabricant doit calculer la contrainte limite applicable au noyau, définie par le Tableau 1, et la vérifier par des essais de type selon la CEI 61952:2008 "*Essai de rupture mécanique en flexion*" sous des efforts combinés. L'Annexe B donne les principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charge et des essais.

Lorsque la flèche de l'isolateur est un critère spécifié par le client, elle doit être mesurée pendant "l'essai de rupture mécanique en flexion" afin de confirmer qu'elle est dans les limites de la spécification du client.

5.3.4 Vérification des dimensions

Si les isolateurs n'ont pas déjà été soumis aux essais individuels, ils doivent être examinés visuellement et leur conformité au plan doit être vérifiée en utilisant les tolérances ci-dessous.

Sauf accord contraire, une tolérance de:

- $\pm(0,04 \times d + 1,5)$ mm lorsque $d \leq 300$ mm,
- $\pm(0,025 \times d + 6)$ mm lorsque $d > 300$ mm avec une tolérance maximale de ± 50 mm,

doit être admise sur toutes les dimensions pour lesquelles des tolérances spécifiques ne sont pas demandées (d étant la dimension en millimètres).

La mesure de la ligne de fuite doit être comparée aux dimensions et aux tolérances de conception telles que définies par le plan de l'isolateur, même si cette dimension peut être supérieure à la valeur spécifiée à l'origine par l'acheteur. Lorsque l'acheteur spécifie la ligne de fuite minimale, la tolérance négative est également limitée par cette valeur.

5.4 Essais sur prélèvements

Les essais sur prélèvements ont pour but de vérifier les caractéristiques des isolateurs composites, autres que celles mentionnées en 5.2 et 5.3, et comprennent les caractéristiques dépendant de la qualité de la fabrication et des matériaux utilisés. Ces essais doivent être effectués sur des isolateurs prélevés au hasard dans les lots présentés en réception.

Les essais sur prélèvements sont définis par la CEI 61109:2008 pour les isolateurs composites de suspension/ancrage et par la CEI 61952:2008 pour les isolateurs composites rigides à socle. Quand la flèche de l'isolateur est un critère spécifié par le client, elle doit être mesurée pendant "l'essai de rupture mécanique en flexion".

5.5 Essais individuels de série

Ces essais ont pour but d'éliminer tout isolateur composite présentant des défauts de fabrication. Ils doivent être effectués sur chaque isolateur composite à livrer. Les essais individuels sont définis par la CEI 61109:2008 pour les isolateurs composites de suspension/ancrage et par la CEI 61952:2008 pour les isolateurs composites rigides à socle.

6 Identification

Le plan du fabricant doit indiquer les dimensions appropriées et les valeurs nécessaires pour permettre d'identifier et de soumettre l'isolateur aux essais conformément à la présente norme. Le plan doit également donner les tolérances de fabrication applicables.

Chaque isolateur doit être marqué du nom ou de la marque commerciale du fabricant, ainsi que de l'année de fabrication. En outre, chaque isolateur peut être marqué de la CMS ou de la CFMC. Ces indications doivent être lisibles et indélébiles.

7 Transport, stockage, installation et entretien

Les isolateurs doivent être convenablement préparés pour résister, sans dommages, déformation ou détérioration au transport et au stockage sur site. Si besoin, les isolateurs doivent être protégés contre les intempéries et le stockage sur le site pendant la phase de construction.

Les fabricants des isolateurs doivent donner des instructions et des informations appropriées couvrant les conditions générales à respecter pendant leur transport, leur stockage, leur installation et leur entretien. En plus des exigences de la CEI 62217:2005, on peut trouver des

informations relatives à la manipulation des isolateurs composites dans la Brochure Technique N°184 du CIGRE [3].

Pendant leur installation, ou lorsque les isolateurs composites sont utilisés dans des configurations non standard, ils peuvent être soumis à des charges de torsion, de compression ou de flexion élevées pour lesquelles ils ne sont pas conçus.

NOTE L'Annexe C donne des indications concernant les contraintes mécaniques et les charges mécaniques dynamiques non standard des isolateurs composites. L'Annexe D donne des informations relatives à la détermination du moment de flexion équivalent résultant de charges combinées.

Le fabricant peut spécifier toute précaution ou instruction particulière pour que l'isolateur atteigne ses exigences de performances, y compris:

- le nettoyage,
- l'entretien courant, comprenant toutes précautions spéciales,
- la manutention,
- le stockage et le transport,
- l'installation.

Annexe A **(informative)**

Exigences de l'acheteur

L'acheteur doit fournir les informations sur le réseau d'électrification ferroviaire et les exigences d'exploitation pouvant affecter la conception des isolateurs. Si cela est pertinent, elles doivent inclure, de manière non exhaustive, les points suivants:

- réseau électrique – les paramètres de service (voir 4.3);
- les paramètres spatiaux et dimensionnels d'ensemble, ainsi que l'inclinaison utilisée en service;
- la plage des températures ambiantes (maximale et minimale) du réseau d'électrification;
- les contraintes de débattement et de mouvement du système;
- les limitations de mouvement angulaire;
- les charges de service nominales et la charge de service maximale;
- les considérations de pollution et d'environnements;
- les exigences de connexion des armatures d'extrémité;
- si possible, les mesures prises pour l'anticorrosion, par exemple l'épaisseur du revêtement de zinc;
- toute exigence supplémentaire concernant des essais particuliers;
- toute exigence particulière concernant la livraison, l'emballage ou le marquage;
- l'identification des inspections et des essais à effectuer en présence du client;
- les contraintes d'entretien, de nettoyage ou de manutention;
- les contraintes de poids ou les contraintes dynamiques;
- les niveaux de fréquence et d'impact du vandalisme;
- les matériaux et la largeur de la bande de frottement du pantographe;
- si possible, la charge en circulation du pantographe sur le fil de contact;
- le nombre de passages du pantographe;
- la vitesse du pantographe.

Annexe B (informative)

Principes de la limite d'endommagement, de la coordination de charge et essais

B.1 Remarque générale

La présente annexe est destinée à expliciter le comportement à long terme des isolateurs composites de suspension et d'ancrage soumis à une charge mécanique, à présenter la coordination typique entre la CMS et les charges de service et à expliquer la philosophie des essais mécaniques.

B.2 Comportement charge-temps et limite d'endommagement

Une partie importante du comportement mécanique des noyaux de fibres enduites de résine, typiquement utilisé pour les isolateurs composites, est représenté par leur comportement charge-temps, qui mérite quelques explications.

L'expérience extrêmement étendue acquise avec les isolateurs composites soumis à des charges de traction, à la fois en laboratoire et confirmée en service, a montré que la courbe charge-temps est vraiment une courbe, et non une ligne droite, comme cela avait été présenté dans la première version de la CEI 61109. Cette ligne droite a souvent été mal interprétée, amenant à la déduction qu'un isolateur composite ne conserverait qu'une petite partie de sa résistance mécanique initiale après une période de 50 ans, quelle que soit la charge appliquée.

On sait maintenant que le temps jusqu'à rupture des isolateurs composites, sous des charges de traction statiques, suit une courbe telle que celle présentée à la Figure B.1. Pour tenir compte de la dispersion dans les caractéristiques de résistance à la traction de l'isolateur, la courbe de tenue est positionnée, comme le montre la Figure B.1, sous la courbe de rupture. Étant asymptotique, elle montre que pour un isolateur donné, il existe une charge en dessous de laquelle l'isolateur ne rompra pas, quel que soit le temps d'application de la charge, puisqu'il n'y a aucun dommage au noyau. Ce niveau de charge est connu comme étant la limite d'endommagement. Habituellement, la limite d'endommagement est à environ 60 % à 70 % de la résistance ultime du noyau assemblé avec ses armatures.

La limite d'endommagement dépend de la nature du matériau du noyau, du type d'armatures d'extrémité et de la conception de la zone de connexion. La limite d'endommagement représente la valeur de charge provoquant l'apparition de dommages mécaniques microscopiques au sein du matériau du noyau.

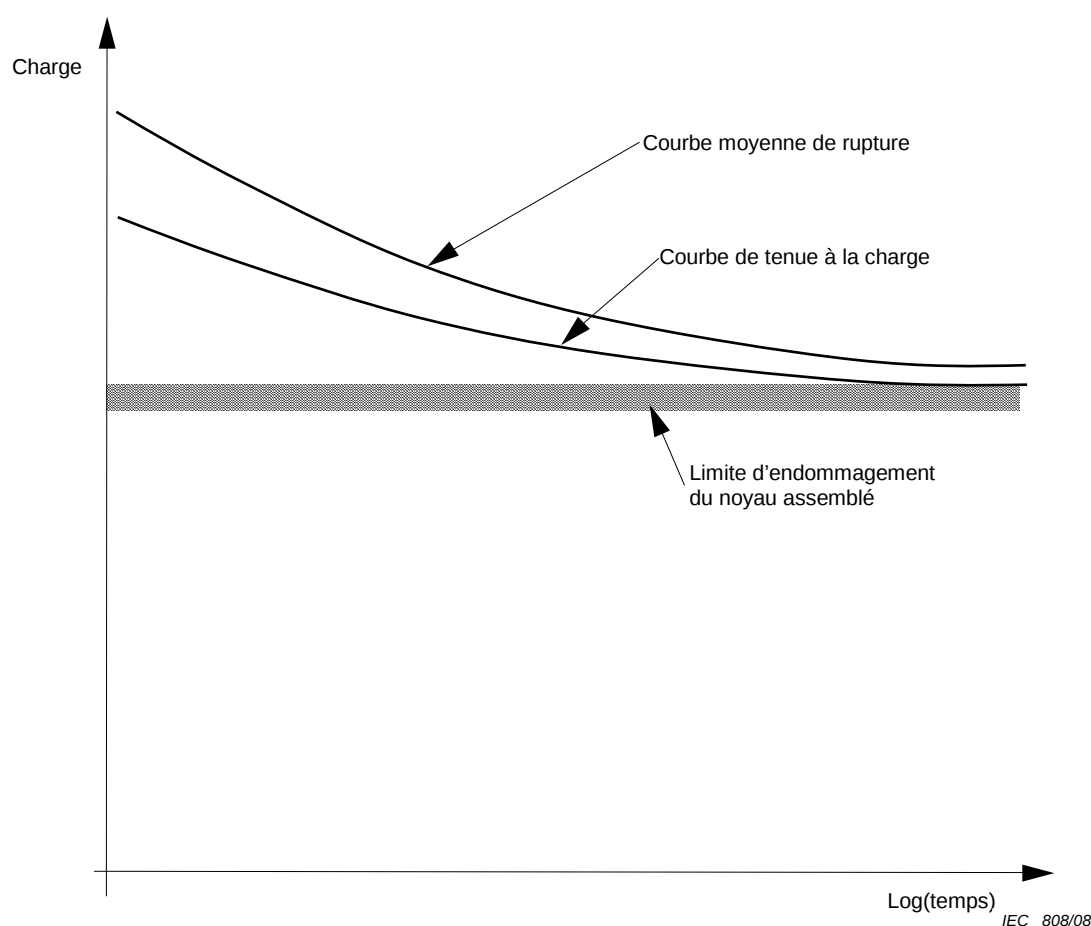


Figure B.1 – Résistance charge-temps et limite d'endommagement d'un noyau assemblé avec les armatures

B.3 Coordination des charges de service

Pour ce qui concerne l'application de charges mécaniques à court terme et à long terme sur l'ensemble de l'isolateur composite, les propriétés mécaniques des différents types d'armatures d'extrémité doivent également être considérées. La valeur admissible maximale de la charge de service des armatures d'extrémité métalliques est bornée par la limite d'élasticité du métal et par la conception de la partie la plus faible de l'armature d'extrémité (section transversale mécaniquement soumise à la contrainte). La charge admissible maximale relative à l'ensemble de l'isolateur est donc donnée par la limite d'élasticité des armatures d'extrémité ou par la limite d'endommagement du noyau assemblé (dans des conditions environnementales normales comme celles données par la CEI 62217).

La Figure B.2 montre une représentation graphique de la relation typique entre la limite d'endommagement et les caractéristiques mécaniques d'un isolateur comportant un noyau de 16 mm de diamètre, soumis à des charges de service habituelles.

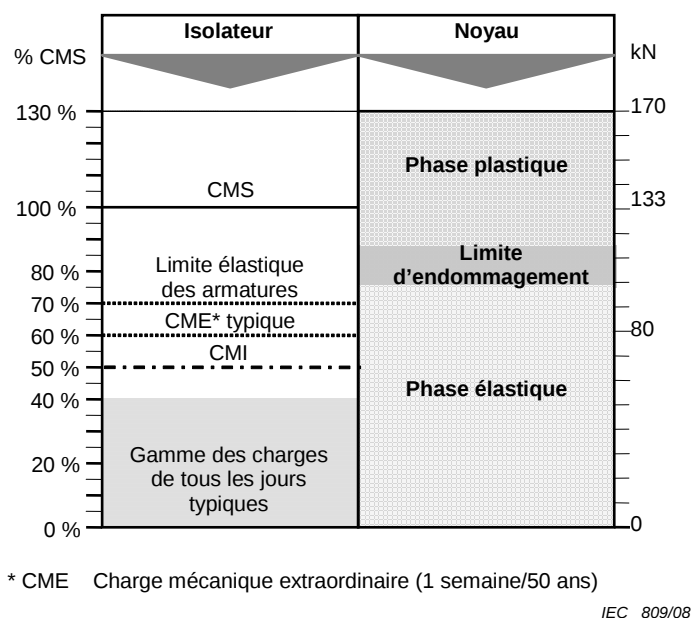


Figure B.2 – Représentation graphique de la relation entre la limite d'endommagement et les caractéristiques mécaniques et les charges de services d'un isolateur avec un noyau de 16 mm de diamètre

Dans tous les cas, la charge de service maximale (statique et dynamique) doit être inférieure à la limite d'endommagement de l'isolateur. Il est dans les habitudes normales d'adopter un facteur de sécurité au moins de 2,5 entre la CMS et la charge de service maximale; généralement cela garantit qu'il y a aussi une marge suffisante entre la limite d'endommagement de l'isolateur et toutes les charges en service. La CEI 60826 donne des conseils en matière de calcul des charges et en matière d'application des facteurs de sécurité corrects.

B.4 Essais de vérification

Deux essais sont exigés dans la présente norme pour vérifier la tenue mécanique et l'endommagement:

- un essai de conception "essai de tenue de charge 96 h" (couples charge/temps D1 et D2 de la Figure B.3) pour vérifier la position de la courbe de résistance de l'isolateur en fonction du temps;
- un essai de type "essai de limite d'endommagement" (couples charge/temps T1 and T2 de la Figure B.3) pour vérifier la limite d'endommagement après application de la charge avec une charge constante de 0,7 CMS pendant 96 h.

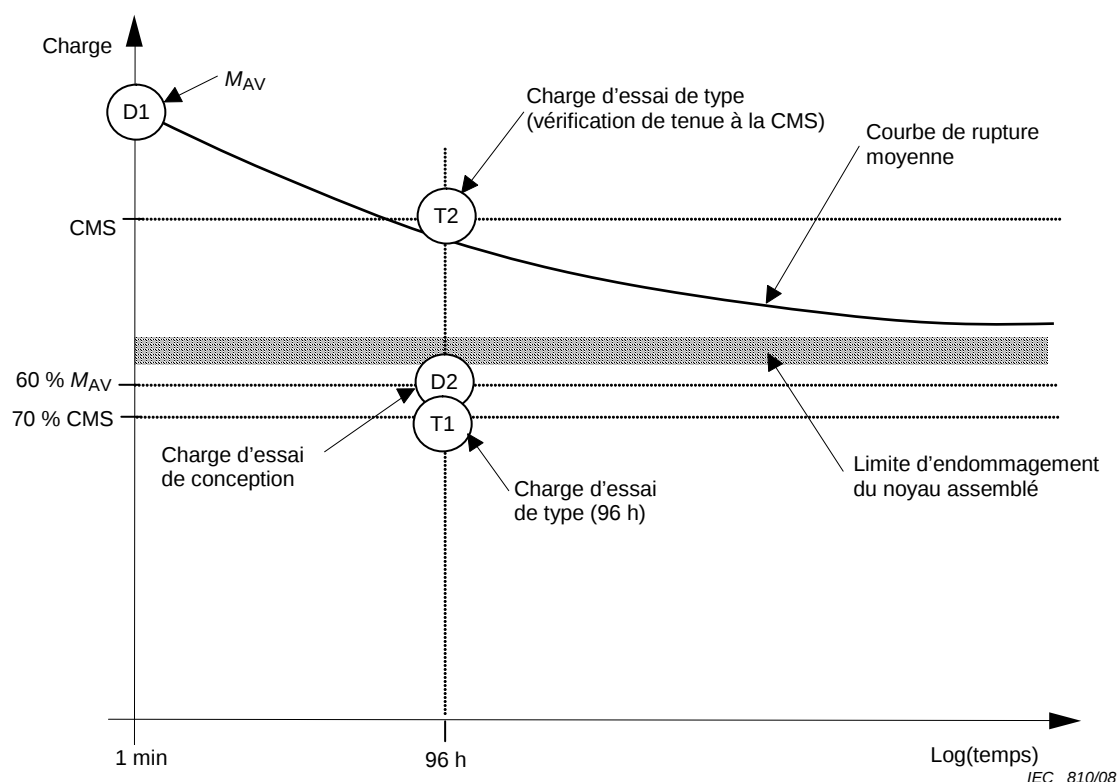


Figure B.3 – Charges d'essai

L'essai de conception vérifie le point de départ de la courbe initiale réelle charge-temps en utilisant M_{AV} (charge de rupture moyenne du noyau assemblé) et la position minimale de la limite d'endommagement, par un essai de tenue 96 h à $0,6 M_{AV}$.

Le choix de la CMS par rapport à M_{AV} est fait par le fabricant en fonction de données statistiques, de la conception et du processus. Il n'y a pas de règle simple gouvernant cette relation. Pour vérifier la cohérence de la CMS choisie par rapport à la limite d'endommagement de l'isolateur assemblé, l'essai de type demande que l'isolateur supporte 70 % de la CMS pendant 96 h, suivi de la CMS pendant 1 min. Si la coordination des charges est correcte, l'isolateur ne subira aucun dommage pendant 96 h et restera capable de supporter la CMS.

NOTE Dans certains cas, selon le niveau de CMS choisi, il est possible que la charge de l'essai de type de 96 h soit plus élevée que celle de l'essai de conception. Cela n'exclut donc pas la nécessité de l'essai de conception.

Annexe C (informative)

Conseils sur les contraintes mécaniques non standard et les charges mécaniques dynamiques

C.1 Remarque générale

La présente annexe donne des conseils sur les conditions de service où des charges mécaniques non standard sont appliquées à l'isolateur composite de suspension/ancrage. Des exemples de ces charges mécaniques non standard sont les charges de torsion, de compression et de flexion. Il est fait référence aux performances mécaniques attendues des isolateurs composites soumis à des charges mécaniques dynamiques en service, basées sur les expériences de terrain connues à ce jour.

Les isolateurs composites de suspension et d'ancrage sont essentiellement conçus pour travailler sous des contraintes et charges mécaniques de traction. Cependant, dans certains cas d'exploitations et/ou dans certaines applications, des charges supplémentaires non standard peuvent être appliquées à l'isolateur. Autant que faire se peut, il convient d'éviter de soumettre les isolateurs de suspension ou d'ancrage à ces charges non standard. Des conseils pour minimiser l'introduction de telles contraintes sont donnés dans le CIGRE 22.03, Brochure Technique 184 [3].

C.2 Charges de torsion

Dans les opérations de montage/déroulage des lignes, si un vrillage du faisceau de conducteur se produit, et si on essaie de le corriger par rotation de l'isolateur composite, une contrainte de torsion peut alors être imposée à celui-ci. De plus, la probabilité d'endommagement de l'isolateur est accrue si un isolateur d'ancrage est utilisé pour supporter un faisceau de conducteurs double. Dans ces cas, il est préférable d'utiliser deux isolateurs, avec ou sans palonnier d'inter-liaison. Pendant le montage du conducteur, il convient, autant que possible, d'éviter l'introduction de contraintes de torsion. Soumettre les isolateurs à des charges de torsion excessives peut conduire à une réduction de l'intégrité mécanique de ceux-ci.

C.3 Charges de compression (flambage)

Des conditions particulières se présentent dans les applications où des chaînes d'isolateurs en V sont utilisées et où l'isolateur de suspension peut être soumis à des charges de compression (si la charge due au vent est plus grande que la masse supportée, alors l'isolateur sous le vent ne voit aucune charge et l'élément passe en compression). Des endommagements significatifs peuvent se produire du fait des charges de flambage/compression introduites sur l'isolateur.

C.4 Charges de flexion

Les isolateurs à long fût peuvent être soumis à des charges critiques de flexion pendant les opérations de montage/déroulage des lignes. Il convient d'éviter, autant que possible, l'introduction de telles contraintes de flexion. Soumettre l'isolateur à des contraintes critiques de flexion peut entraîner une grande flèche de celui-ci, pouvant provoquer des dommages et une perte d'intégrité mécanique de l'isolateur.

C.5 Charges mécaniques dynamiques

L'expérience en service à ce jour montre que les charges dynamiques sont peu susceptibles d'être d'amplitude ou de durée telle qu'elles soient préjudiciables aux performances mécaniques des isolateurs composites de suspension/ancrage.

C.6 Limites

Il est difficile de donner des valeurs de limite générales pour des contraintes non standard à cause des conceptions et des matériaux variés utilisés pour les isolateurs composites de suspension. La contrainte intrinsèque maximale pour les matériaux de noyau usuels, avant que l'endommagement ne se produise, est de l'ordre de 400 MPa en flexion et 60 MPa en torsion – où la résistance de l'assemblage des armatures d'extrémité sur le fût joue également un rôle. Cependant, les grands déplacements souvent occasionnés par les charges non standard peuvent provoquer des contraintes dans les matériaux de revêtement et dans leurs interfaces avec le noyau ou les armatures, pouvant mener à leur endommagement. Par exemple, à une contrainte de 400 MPa, un isolateur de 2 m de longueur avec un noyau de 16 mm de diamètre aurait une flèche de 1,8 m. Pour cette raison, il est recommandé que l'acheteur porte à l'attention du fabricant, chaque fois que cela est possible, toute charge ou déplacement non standard attendu, afin de déterminer s'il est critique pour le produit. De cette façon, les charges/déplacements de service, la nécessité d'un essai, la procédure d'essai et l'essai charges/déplacements peuvent être déterminés d'un commun accord.

Annexe D (informative)

Détermination du moment de flexion équivalent résultant de charges combinées

D.1 Généralités

Les isolateurs rigides à socle sont classés en fonction de leur charge de flexion maximale de conception (CFMC). En service, la charge de flexion exercée sur un isolateur horizontal peut être la charge qui résulte de la combinaison d'une charge verticale et d'une charge longitudinale. Outre la charge de flexion, une charge axiale (compression ou traction) peut aussi être présente. Le moment de flexion correspondant à la combinaison de ces charges ne doit pas dépasser le moment qui correspond à la CFMC.

Les isolateurs rigides à socle sont aussi souvent utilisés avec un hauban de rétention pour permettre de supporter des charges verticales supérieures. Dans une telle structure, l'isolateur rigide à socle est généralement orienté vers le haut de quelques degrés. Dans ce cas, une charge verticale crée des contraintes de compression dans l'isolateur rigide à socle.

Les articles suivants donnent des renseignements sur le calcul du moment de flexion équivalent approximatif, lorsque les isolateurs rigides à socle, utilisés seuls ou dans une structure haubanée, sont soumis à des charges combinées.

Les notations suivantes sont utilisées:

C, T, V, L	charge de compression, de traction, verticale, longitudinale appliquée, en N;
P_p	charge de compression résultante dans l'isolateur;
P_b	charge de traction résultante dans le hauban;
M_C	moment résultant dans le support sous compression;
M_T	moment résultant dans le support sous traction;
d	distance entre le point d'application de la charge et le bord supérieur du socle, en mètres;
E	module de Young longitudinal (Pa) ou (N m^{-2});
I	moment d'inertie du fût, en mètres à la puissance quatre (pour un fût rond solide de diamètre D : $I = \pi D^4/64$).

NOTE Il convient que les valeurs du module de Young et du moment d'inertie (ou diamètre réel) soient fournies par le fabricant.

D.2 Moment de flexion maximal admissible, $M_{\max}$

La charge de flexion maximale de conception d'un isolateur composite rigide à socle induit le moment de flexion maximal admissible $M_{\max} = \text{CFMC} \times d$. Il ne faut pas que la contrainte maximale associée à ce moment de flexion provoque de dommage au noyau de l'isolateur en plastique renforcé de fibres.

La contrainte combinée maximale est la contrainte maximale qui résulte des charges de flexion et de compression (ou de traction) appliquées simultanément. En service, il ne faut pas que les différentes combinaisons de charges ne provoquent un moment de flexion supérieur au moment de flexion induit par la CFMC.

D.3 Application d'une charge combinée aux isolateurs rigides à socle

La Figure D.1 illustre les charges combinées appliquées aux isolateurs sans hauban. Les formules ci-après permettent la détermination du moment dans l'isolateur quand il est soumis à des charges combinées ou simples. Il convient de noter que l'exactitude de ces formules dépend de la flèche. Plus le moment s'approche de la CFMC, plus la formule devient inexacte.

Il convient également de noter que les charges appliquées peuvent donner lieu à des niveaux de contraintes dommageables dans les armatures d'extrémité ou les accessoires, même si le moment dans l'isolateur reste à un niveau acceptable.

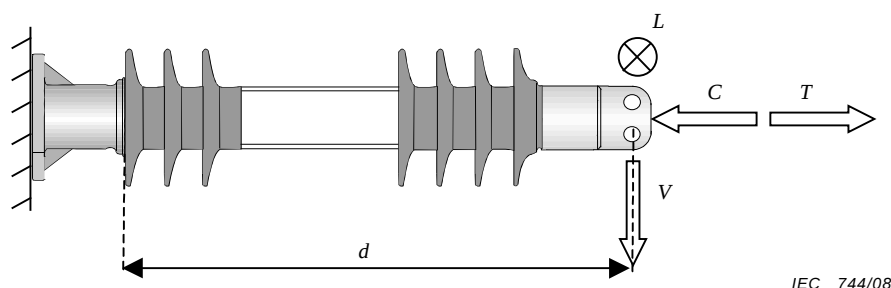


Figure D.1 – Charges combinées appliquées aux isolateurs sans hauban

Isolateurs horizontaux

En service, l'isolateur peut être soumis à la combinaison d'une charge verticale (V), d'une charge longitudinale (L) et d'une charge de compression (C) ou de traction (T). La charge verticale est généralement la charge principale, voire la seule charge.

A – Cas de compression

La somme des composantes verticales (V) et longitudinales (L) des charges applique une charge de flexion à l'isolateur, la charge de compression (C) est considérée appliquée à la tête de l'isolateur vers sa base. Le moment résultant de l'application de ces trois forces est donné par:

$$M_C = [(V^2 + L^2)EI / C]^{1/2} \tan [d (C / EI)^{1/2}]$$

En service: il convient que M_C ne dépasse pas $M_{\max}$.

B – Cas de traction

La somme des composantes verticales (V) et longitudinales (L) des charges applique une charge de flexion à l'isolateur, la charge de traction (T) est considérée appliquée à la tête de l'isolateur éloigné de sa base. Le moment résultant de l'application de ces trois forces est donné par:

$$M_T = [(V^2 + L^2)EI / T]^{1/2} \tan [d (T / EI)^{1/2}]$$

En service: il convient que M_T ne dépasse pas $M_{\max}$.

Isolateurs verticaux

La formule du cas de compression ci-dessus peut être appliquée aux isolateurs verticaux. Il convient de bien veiller à utiliser les valeurs de charge appropriées: la charge verticale est maintenant la charge de compression C , et les charges V et L sont les charges appliquées à l'isolateur perpendiculairement à son axe.

Bibliographie

- [1] CEI 60050-471, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 471: Isolateurs*
 - [2] CIGRE Technical Brochure No. 142 – *Natural and artificial ageing and pollution testing of polymeric insulators, June 1999*
 - [3] CIGRE 22.03, Technical Brochure 184 – *Composite Insulator Handling Guide, April 2001*
-

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