

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction

Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction

Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-3574-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	9
3.1 General terms and definitions	10
3.2 Components.....	11
3.3 Installation and application	12
3.4 Insulation system	12
3.5 Ratings	
4 Classification, applications and intended use.....	
4.1 General.....	
4.2 PV modules of class 0	16
4.2.1 General	16
4.2.2 Insulation.....	16
4.2.3 Application.....	16
4.3 PV modules of class II.....	17
4.3.1 General	17
4.3.2 Insulation.....	17
4.3.3 Application.....	17
4.4 PV modules of class III.....	17
4.4.1 General	17
4.4.2 Insulation.....	17
4.4.3 Application.....	18
4.5 Intended use	18
5 Requirements for design and construction.....	18
5.1 General.....	18
5.2 Marking and documentation.....	19
5.2.1 General	19
5.2.2 Marking	19
5.2.3 Documentation.....	21
5.3 Electrical components and insulation	23
5.3.1 General	23
5.3.2 Internal wiring	23
5.3.3 External wiring and cables.....	23
5.3.4 Connectors	23
5.3.5 Junction boxes for PV modules	23
5.3.6 Frontsheets and backsheets.....	24
5.3.7 Insulation barriers	24
5.3.8 Electrical connections	24
5.3.9 Encapsulants	25
5.3.10 Bypass diodes	25
5.4 Mechanical and electromechanical connections	25
5.4.1 General	25
5.4.2 Screw connections	26
5.4.3 Rivets	27
5.4.4 Thread-cutting screws.....	27
5.4.5 Form/press/tight fit.....	27

5.4.6	Connections by adhesives.....	27
5.4.7	Other connections.....	28
5.5	Materials.....	28
5.5.1	General	28
5.5.2	Polymeric materials.....	28
5.5.3	Metallic materials	31
5.5.4	Adhesives.....	31
5.6	Protection against electric shock	31
5.6.1	General	31
5.6.2	Protection against accessibility to hazardous live parts	32
5.6.3	Insulation coordination	33
5.6.4	Distance through insulation (dti)	
Annex A (informative) Symbol "Do not disconnect under load"		
Annex B (normative) Insulation coordination.....		
B.1	General.....	41
B.2	Influencing factors.....	41
B.2.1	General	41
B.2.2	Overvoltage category (4.3.3.2 of IEC 60664-1:2007) and rated impulse voltage	41
B.3	Clearances	43
B.4	Creepage distances	45
B.4.1	General	45
B.4.2	Voltage.....	45
B.4.3	Orientation and location of a creepage distance.....	45
B.4.4	Shape of insulating surface	45
B.4.5	Time under voltage stress	45
B.5	Cemented joints	46
B.6	Enclosed parts	46
B.7	Distance through insulation	46
B.7.1	Cemented joints.....	46
B.7.2	Insulation through thin layers	46
B.8	Methods of measuring clearances (cl) and creepage distances (cr)	47
B.9	Figures examples.....	47
Figure 1 – IEC 60417-5017		
Figure 2 – IEC 60417-5021		
Figure 3 – IEC 60417-5018		
Figure 4 – Examples for individual layer assessment for relied upon insulation.....		
Figure A.1 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD"		
Figure A.2 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD" (IEC 60417-6070)		
Figure B.1 – Examples (1 to 11) of methods of measuring clearances and creepage distances.....		
Figure B.2 – Example for insulation coordination at glass/foil PV modules – No cemented joint configuration		
Figure B.3 – Example for creepage distance at glass/glass modules with edge insulation – No cemented joint configuration.....		
Figure B.4 – Example for a glass/glass module with cemented joints.....		

Table 1 – Correlation between classes for protection against electric shock and former terms for application classes	16
Table 2 – Required type of insulation as defined in IEC 61140	33
Table 3 – Distances through insulation, creepage distances (cr) and clearances (cl) for Class II PV modules	38
Table 4 – Distances through insulation, creepage distances (cr) and clearances (cl) for Class 0 and class III PV modules	39
Table B.1 – Rated impulse voltage	42
Table B.2 – Minimum clearances.....	44
Table B.3 – Multiplication factors for clearances of equipment rated for operation at altitudes up to 7 000 m.....	44
Table B.4 – Dimensions of X	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION –**Part 1: Requirements for construction****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 61730-1 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 61730-1, issued in 2004, and its amendments 1 (2011) and 2 (2013); it constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Adaption of horizontal standards and inclusion of IEC 60664 and IEC 61140.
- b) Implementation of insulation coordination, overvoltage category, classes, pollution degree (PD), and material groups (MG).
- c) Implementation of component qualification.
- d) IEC Guide 108 *Guidelines for ensuring the coherency of IEC publications – Application of horizontal standards*.

e) Definition of creepage (cr), clearance (cl) and distance through insulation.

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

FDIS	Report on voting
82/1128/FDIS	82/1146/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.

A list of all parts in the IEC 61730 series, published under the general title *module safety qualification*, can be found on the IEC website.

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

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

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

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION –

Part 1: Requirements for construction

1 Scope

This part of IEC 61730 specifies and describes the fundamental construction requirements for photovoltaic (PV) modules in order to provide safe electrical and mechanical operation. Specific topics are provided to assess the prevention of electrical shock, fire hazards, and personal injury due to mechanical and environmental stresses. This part of pertains to the particular requirements of construction for testing.

This International Standard series lays down IEC requirements of terrestrial photovoltaic modules suitable for long-term operation in open-air climates. This standard is intended to apply to all terrestrial flat plate module materials such as crystalline silicon module types as well as thin-film modules.

PV modules covered by this standard are limited to a maximum DC system voltage of 1 500 V.

This International Standard defines the basic requirements for various applications of PV modules, but it cannot be considered to encompass all national or regional codes. Specific requirements, e.g. for building, marine and vehicle applications, are not covered.

This International Standard does not address specific requirements for products that combine a PV module with power conversion equipment, monitoring or control electronics, such as integrated inverters, converters or output disabling functions.

While parts of this standard may be applicable to flat plate PV modules with internally generated low level concentration below 3 times, it was not written specifically to address these concerns.

This International Standard is designed to coordinate with the test sequences in the IEC 61215 series, so that a single set of samples may be used to perform both the safety and qualification of a photovoltaic module design.

The object of this International Standard is to define the requirements for the construction of photovoltaic modules with respect to safety. These requirements are intended to minimize the misapplication and misuse of PV modules or the failure of their components which could result in fire, electric shock and personal injury.

Additional construction requirements outlined in relevant ISO standards, or the national or local codes which govern the installation and use of these PV modules in their intended locations, should be considered in addition to the requirements contained within this standard.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*

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

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60216-5, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Determination of relative thermal endurance index (RTE) of an insulating material*

IEC 60243-1:2013, *Electric strength of insulating material – Power frequencies*

IEC 60243-2:2013, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage*

IEC 60269-6, *Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems*

IEC 60364-7-712, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

IEC 60417-DB, *Graphical symbols for use on equipment*

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

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

IEC TR 60664-2-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat – Ball pressure test method*

IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 60950-1:2005, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61032:1997, *Protection of persons and equipment by enclosures – Probes for verification*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61215 (all parts), *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61558-1:2005, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61701, *Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules*

IEC 61730-2, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic (PV) energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62548, *Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements*

IEC 62716, *Photovoltaic (PV) modules – Ammonia corrosion testing*

IEC 62788-1-2, *Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 1-2: Encapsulants – Measurement of volume resistivity of photovoltaic encapsulants and other polymeric materials*

IEC 62790, *Junction boxes for photovoltaic modules – Safety requirements and tests*

IEC 62852, *Connectors for DC-application in photovoltaic systems – Safety requirements and tests*

IEC TS 62915, *Photovoltaic (PV) Modules – Retesting for type approval, design and safety qualification*¹

ISO 1456, *Metallic and other inorganic coatings – Electrodeposited coatings of nickel, nickel plus chromium, copper plus nickel and of copper plus nickel plus chromium*

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

ISO 2081, *Metallic and other inorganic coatings – Electroplated coatings of zinc with supplementary treatments on iron or steel*

ISO 2093, *Electroplated coatings of tin – Specification and test methods*

EN 50618, *Electric cables for Photovoltaic systems*

UL 746B, *Polymeric Material – Long Term Property Evaluations*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050, IEC 60664-1, IEC 61140, and IEC TS 61836 together with the following, apply.

NOTE Some terms from IEC 60050 were modified to make them more specific and applicable to PV modules.

3.1 General terms and definitions

3.1.1

functional earthing

earthing point or points in a system or in an installation or in equipment, for purposes other than electrical safety

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-13]

3.1.2

internal wiring

wiring and electrical connections that are made within the apparatus by its manufacturer

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-11-32]

3.1.3

laminated

product made by bonding together two or more layers of the same or different materials. This includes all components prior to attaching the junction box, frame or rail, and name plate

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-15-52, modified: Second sentence added]

3.1.4

manufacturer

any legal entity manufacturing a product or has a product designed or manufactured, and markets that product under its name or trademark

3.1.5

module quality test

MQT

PV module quality test in accordance with IEC 61215-2

3.1.6

module safety test

MST

PV module safety test in accordance with IEC 61730-2

3.1.7

polymeric material

natural or synthetic material primarily composed of chained molecules of monomers, combinations of monomers, combined polymers, crosslinking agents, inorganic fillers, colorants, and other materials

3.1.8

tool

screwdriver, coin, key, or any other object that is used to operate a screw, latch, or similar fastening means

3.1.9

wiring <external>

wiring that is not internal wiring, including, but not limited to, output cables

3.1.10

thin layer

cohesive material of uniform thickness which is small in proportion to length and width

3.2 Components

3.2.1

backsheet

(combination of) outer layer(s) of the PV module, located on the back of PV module and providing protection of the inner components of the PV module from external stresses and weather elements, as well as electrical insulation

3.2.2

connector

component which terminates conductors for the purpose of providing connection to and disconnection from a suitable mating component

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-06-01]

3.2.3

encapsulant

intermediate layer(s) of the PV module, located between the frontsheet and the backsheet that enclose the live parts of the PV module

3.2.4

enclosure

part of an assembly providing a specified degree of protection of equipment against external influences and a specified degree of protection against approach to or contact with live parts

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modified: "moving parts" deleted]

3.2.5

frontsheet

(combination of) outer layer(s) of the PV module, located on the front of PV module and providing protection of the inner components of the PV module from external stresses and weather elements, as well as electrical insulation

3.2.6

insulation barrier

raised or recessed configuration of an insulator to increase creepage distance between conducting surfaces

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-15]

3.2.7

junction box

electrical enclosure in which electrical wiring connections are made

3.2.8

potting

sealing of components and associated conductors with a compound to exclude contaminants

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-20]

3.2.9

terminal

conductive part of a device, electric circuit or electric network, provided for connecting that device, electric circuit or electric network to one or more external conductors

Note 1 to entry: The term "terminal" is also used for a connection point in circuit theory. [IEC 60050-151:2001, 151-12-12]

Note 2 to entry: Terminals can contain one or several contacts and the term therefore includes sockets, connectors, etc.

3.3 Installation and application

3.3.1

building attached PV

BAPV

photovoltaic modules are considered to be building attached if the PV modules are mounted on a building envelope and do not fulfil the criteria for building integrated PV

3.3.2

building integrated PV

BIPV

photovoltaic modules are considered to be building building component providing additional functions as defined in 4.5 b)

3.3.3

installation <fixed>

permanent wiring system such as a raceway or conduit that prevents or reduces wire and cable movement

3.3.4

installation <non-fixed>

unconstrained wiring system that consists of cables or wires able to move freely

3.3.5

non-restricted access area

area where general access by persons who are not skilled, trained or instructed in electrical safety is anticipated

Note 1 to entry: Examples for non-restricted access areas are PV installations which are not protected against public access by any means.

3.3.6

restricted access area

area marked as restricted for access by unauthorized persons as per IEC 60050-826:2004, 826-18-04

Note 1 to entry: Examples for restricted access areas are utility scale PV installations which are protected against public access by fences, location, etc., and where only persons skilled, trained or instructed in electrical safety have access.

3.4 Insulation system

3.4.1

accessible part

part which can be touched by means of a standard test finger

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

3.4.2

cemented joint

joint comprised of two insulating materials where the interface has been demonstrated to be cemented, and thus be considered as solid insulation with no interface for creepage

3.4.3**comparative tracking index****CTI**

numerical index value related to the maximum voltage which a material can withstand without a permanent electrically conductive carbon path tracking when evaluated under specified test conditions defined in IEC 60112

Note 1 to entry: The mentioned maximum test voltage is not in conjunction with any system or operational voltage, but it is used for evaluation of material groups.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-59, modified: clarified that CTI is an index value to evaluate material groups]

3.4.4**clearance**

shortest distance through air between two conductive parts, or between a conductive part and an accessible surface. (used abbreviation in this standard:

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-27-76, modified: added information after “comma” and abbreviation]

3.4.5**creepage distance**

shortest distance along the surface of a solid insulating material between two conductive live parts or between conductive live parts and accessible parts. (used abbreviation in this standard: “cr”)

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-23, modified: added information after “or” and abbreviation]

3.4.6**insulation <electrical>**

part of an electrotechnical product which separates conducting parts at different electric potentials during operation or insulates such parts from the surroundings

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-07]

3.4.7**live part**

conductor or conductive part intended to be energized in normal operation

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modified: second part of definition deleted because not applicable to DC]

3.4.8 Insulation concepts**3.4.8.1****basic insulation**

insulation of hazardous live parts which provides basic protection against electric shock

Note 1 to entry: The concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-14, modified: added: “against electric shock”]

3.4.8.2**double insulation**

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-16]

3.4.8.3

functional insulation

insulation that is necessary for the proper functioning of the equipment

Note 1 to entry: Functional insulation by definition does not protect against electric shock. It may, however, reduce the likelihood of ignition and fire.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-41]

3.4.8.4

reinforced insulation

insulation of hazardous live parts which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

Note 1 to entry: Reinforced insulation may comprise several layers that cannot be tested insulation or supplementary insulation.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-17]

3.4.8.5

supplementary insulation

independent insulation applied in addition to basic insulation for fault protection, e.g. in order to reduce the risk of electric shock in the event of a failure of the basic insulation

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-15, modified: added example]

3.4.8.6

solid insulation

insulating material consisting entirely of a solid

Note 1 to entry: Solid insulating material interposed between two conductive parts or between conductive parts and outer accessible parts or surfaces with no interfaces and therefore there is no creepage pathway.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-02]

3.4.9

material group

category of insulation materials according to IEC 60664-1

3.4.10

relied upon insulation

insulation system providing the sole protection against electric shock in final application

Note 1 to entry: A polymeric backsheet or frontsheet can consist of relied upon insulation plus additional layers that, e.g., protect the polymeric materials from UV light.

3.5 Ratings

3.5.1

rating

set of rated values and operating conditions

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-016-11]

3.5.2

pollution degree

numeric classification characteristic of the expected pollution of the micro-environment

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-07]

3.5.3**rated current of overcurrent protection device**

current rating of fuse or circuit breaker according to IEC 60269-6

3.5.4**rated value**

value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating conditions of a component, device, equipment, or system

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.5.5 Temperatures**3.5.5.1****ambient temperature**

average temperature of air or another medium in the vicinity of the equipment

Note 1 to entry: During the measurement of the ambient temperature the measuring instrument/probe should be shielded from draughts and radiant heating.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-03]

3.5.5.2**environmental temperature**

air temperature defined in degrees Celsius for the geographic installation location as measured and documented by meteorological services for this geographic location

3.5.5.3**relative temperature index****RTI**

temperature index of an insulating material or system obtained from the time which corresponds to the known temperature index of a reference material or system when both are subjected to the same ageing and diagnostic procedures in a comparative test

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-12]

3.5.5.4**relative thermal endurance index****RTE**

numerical value of the Celsius temperature expressed in degrees Celsius at which the estimated time to endpoint of an insulating material is the same as the estimated time to endpoint of a control material at a temperature equal to its assessed thermal endurance

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-14]

3.5.5.5**temperature index****TI**

numerical value of the Celsius temperature expressed in degrees Celsius characterizing the thermal capability of an insulating material or an insulation system

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-11]

3.5.6 Voltages**3.5.6.1****rated system voltage**

maximum voltage under operating conditions between any live part and accessible surfaces or ground to which the insulation of the PV module is designed as specified by the manufacturer

3.5.6.2

working voltage

highest DC voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is operated at rated voltage

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-19, modified: limited to DC and replaced “supplied” by “operated”]

4 Classification, applications and intended use

4.1 General

Protection against electric shock will be achieved by combinations of constructional measures used to build the module together with how the module is installed

The PV modules shall be classified according to IEC 61140. The use of the protections in the different classes for the PV modules is described in 4.2 to 4.4. Class I PV modules are not covered in this standard.

The PV modules shall be marked in accordance with 5.2.2.

Correlation between classes for protection against electric shock and former terms for application classes according to IEC 61730-1:2004 are shown in Table 1.

Table 1 – Correlation between classes for protection against electric shock and former terms for application classes

Class (IEC 61140)	Application class (IEC 61730-1:2004)	Description
0	B	Application in restricted access area
I	Special installation measures required	Special installation measures required
II	A	Application in non-restricted access area
III	C	Basic protection by limitation of voltage (ELV)

4.2 PV modules of class 0

4.2.1 General

Class 0 PV modules have individual and/or system level electrical outputs at hazardous levels of voltage, current and power.

4.2.2 Insulation

These PV modules are provided with basic insulation only as provision for basic protection and with no provisions for fault protection. All conductive components that are not separated from hazardous live parts by at least basic insulation shall be treated as if they are hazardous live parts.

4.2.3 Application

Class 0 PV modules are intended for use in restricted access areas that are protected from public access by fences or other measures of the location that prevent general access. Such PV modules are only to be accessed by persons knowledgeable of the inherent hazards

associated with their use and failure modes. Accessible conductive parts on a Class 0 PV module are intended to be earthed or considered to be at hazardous potential.

NOTE In IEC 61140 the use of class 0 equipment is not recommended. IEC 61140 is currently under revision with respect to the use of classes.

4.3 PV modules of class II

4.3.1 General

Class II PV modules may have individual and/or system level electrical outputs at hazardous levels of voltage, current and power.

4.3.2 Insulation

These PV modules are provided with

- basic insulation as basic protection, and
- supplementary insulation as precaution for fault protection,

or

- reinforced insulation as basic and supplementary insulation.

Accessible conductive parts and accessible surfaces of insulation material shall be

- separated from hazardous live parts by double or reinforced insulation,

or

- designed with constructional measures which provide comparable protection.

All conductive parts which are separated from hazardous live parts only by basic insulation or by constructional design means which provide comparable protection shall be separated from accessible surfaces by supplementary insulation. All conductive parts which are not separated from hazardous live parts at least by basic insulation shall be considered as hazardous live parts.

4.3.3 Application

These PV modules are intended for installation where general user access and contact to insulated live parts is anticipated.

4.4 PV modules of class III

4.4.1 General

Class III PV modules shall not have electrical ratings greater than 240 W where the open-circuit voltage does not exceed 35 V DC and the short-circuit current does not exceed 8 A when tested under standard test conditions.

4.4.2 Insulation

Based upon the inherently limited electrical output capability of Class III PV modules their use, misuse, and failure are unlikely to result in a risk of electric shock or fire. Based upon these electrical output limitations there are no requirements for construction or insulation beyond functional insulation, but for several applications requirements for construction or insulation may be necessary.

4.4.3 Application

These PV modules are intended for installation where general user access and contact to uninsulated live parts is anticipated, e.g. consumer electronics. Class III PV modules shall not be combined in series strings operating at more than 35 V V_{oc} and shall not have a system voltage rating above 35 V. These PV modules are not intended for use in parallel with other PV modules or energy sources unless the combination provides protection from reverse current and overvoltage protection.

4.5 Intended use

PV modules may be installed in many different applications and system configurations. Manufacturers shall assess the intended use of their PV modules.

For special applications such as examples listed below additional requirements may apply

- a) Building attached PV (BAPV);
- b) Building integrated PV (BIPV);

The building's functions in the context of BIPV are one or more of the following:

- mechanical rigidity and structural integrity,
- primary weather impact protection: rain, snow, wind, hail,
- energy economy, such as shading, daylighting, thermal insulation,
- fire protection,
- noise protection.

Thus, the BIPV module is a prerequisite for the integrity of the building's functionality. If the integrated PV module is dismounted (in the case of structurally bonded modules, dismounting includes the adjacent building component), the PV module would have to be replaced by an appropriate building component.

Inherent electro-technical properties of PV such as antenna function, power generation and electromagnetic shielding etc. alone do not qualify PV modules as building integrated.

- c) Applications in areas where snow and/or wind load exceed loads as tested in IEC 61730-2 are expected;
- d) Applications at environmental temperature exceeding the limits listed in 5.1;
- e) Marine application (e.g. IEC 61701);
- f) Vehicle application;
- g) Agricultural application (e.g. IEC 62716);
- h) Application in explosive or corrosive atmospheres;
- i) Low-concentrating modules;
- j) Module-applied electronics.

5 Requirements for design and construction

5.1 General

Where applicable, materials and components shall comply with the safety requirements specified in the relevant IEC standards.

Compliance with the IEC standard for the relevant material and component does not necessarily ensure compliance with the requirements of this standard.

All PV modules shall be suitable for operation in outdoor non-weather protected locations, exposed to direct and indirect (albedo) solar radiation, in an environmental temperature range of at least $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and up to 100 % relative humidity as well as rain. PV modules

shall be designed to withstand the electrical, mechanical, thermal and environmental (temperature, mechanical load, humidity, UV/weather, pollution, etc.) stresses occurring in their intended use and present no danger to the user or the environment. Compliance is verified by evaluation of materials, components and PV module construction as well as tests specified in IEC 61730-2.

NOTE 1 The environmental temperature is typically measured 1 m above ground. PV modules deployed closer to the ground may experience higher ambient temperatures than this quoted environmental temperature.

A PV module can either be completely assembled when shipped from the factory, or be provided in subassemblies. The provided assemblies of the product shall not involve any action that is likely to affect compliance with the requirements of the IEC 61730 series.

Incorporation of a PV module into the final assembly shall not require any alteration of the module from its originally evaluated form.

All PV module mounting and wiring methods specified in the installation instructions shall be evaluated for compliance with the IEC 61730 series. This includes, but is not limited to, wiring methods, physical connection and/or attachment between PV modules and support structures as well as combinations of wiring connections and mounting system where the wiring is integral to the frame. Compliance with the IEC 61730 series assesses the impact of the mounting and wiring methods on the safety of the PV modules, but does not assess the safety or suitability of the mounting or wiring methods for their intended use, see IEC 61215. These may be subject to additional requirements or local code requirements.

IEC 60364-7-712 and IEC 62548 provide guidance for interconnection between PV modules and systems.

The construction of a PV module shall be such that equipotential bonding continuity, if applicable, is not interrupted by installation.

Any adjustable or movable structural part shall be provided with a locking device to reduce the likelihood of unintentional movement, if any such movement may result in a risk of fire, electric shock, or injury to persons.

NOTE 2 Physical properties or constructions that provide an interference or form fit to prevent unintended movement or rotation of the component comply with this requirement.

PV modules shall not have accessible burrs, sharp edges or sharp points that can cause injury to users or service persons. Edges and points that appear to be sharp by inspection, shall comply with the sharp edge test (MST 06).

Parts shall be prevented from loosening or turning if such loosening or turning may result in a risk of fire, electric shock, or injury to persons. Compliance for components is verified by specific tests described in the relevant standards or screw connection test (MST 33).

5.2 Marking and documentation

5.2.1 General

Instructions related to safety shall be in an official language of the country where the equipment is to be installed.

5.2.2 Marking

5.2.2.1 General

Each PV module shall include the following clear and indelible markings:

- a) name, registered trade name, or registered trade mark of manufacturer;

- b) type or model number designation;
- c) serial number;
- d) date and place of manufacture; alternatively serial number assuring traceability of date and place of manufacture;
- e) polarity of terminals or leads;
- f) "Maximum system voltage" or " V_{sys} ";
- g) Class of protection against electrical shock, in accordance with Clause 4 of this standard;
- h) "voltage at open-circuit" or " V_{oc} " including manufacturing tolerances;
- i) "current at short-circuit;" or " I_{sc} " including manufacturing tolerances;
- j) "PV module maximum power" or " P_{max} " including manufacturing tolerances; and
- k) "Maximum overcurrent protection rating", compliance is verified by overload test (MST 26).

All electrical data shall be shown as relative to standard test conditions (STC) (1 000 W/m², (25 ± 2) °C, AM 1,5 according to IEC 60904-3).

International symbols shall be used where applicable.

Compliance is to be verified according to visual inspection (MST 01) and durability of markings (MST 05).

PV connectors or wiring shall be marked in accordance to IEC 62852 with a symbol „Do not disconnect under load“, as given in Annex A. Symbol or warning notice shall be imprinted or labelled close to connector. PV connectors shall be clearly marked indicating the terminal polarity.

For Class II and Class 0 PV modules, the  (IEC 60417-6042: Caution, risk of electric shock) symbol shall be applied near the PV module electrical connection means.

PV modules shall be marked to indicate the classes as follows:

PV module classification	Marking	Symbol
Class II	Marking according to IEC 60417-5172: Class II equipment	
Class 0	No marking	No symbol
Class III	Marking according to IEC 60417-5180: Class III equipment	

PV modules provided with a functional earth connection shall be provided with a symbol according to 5.2.2.2.2, Figure 3.

PV modules provided with terminals for field wiring rated only for use with copper wire shall be marked, at or adjacent to the terminals, with the statement "Use copper wire only", "Cu only", or the equivalent.

PV modules provided with terminals for field wiring rated only for use with a different specific wiring material shall be marked with a similar statement referring to the rated material.

PV modules provided with terminals for field wiring rated for use with all types of wiring material do not need to be marked.

5.2.2.2 Symbols

5.2.2.2.1 Equipotential bonding

A wiring terminal or bonding location of a PV module intended to accommodate a field installed bonding conductor for equipotential bonding shall be identified with the appropriate symbol IEC 60417-5021 (DB:2002-10) (Figure 2)). Alternatively IEC 60417-5017 (Figure 1) can be used. No other terminal or location shall be identified in this manner.

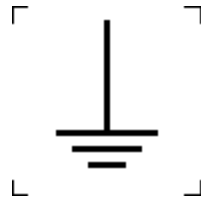
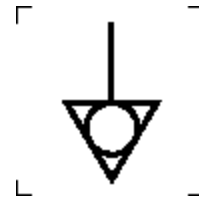


Figure 1 – IEC 60417-5017



Figure

5.2.2.2.2 Functional earthing

A wiring terminal or bonding location of a PV module intended to accommodate a field installed functional earthing conductor shall be identified with the appropriate symbol (IEC 60417-5018 (DB: 2002-10) (Figure 3)).



Figure 3 – IEC 60417-5018

5.2.3 Documentation

PV modules shall be supplied with documentation describing the methods of electrical and mechanical installation as well as the electrical ratings of the PV module. The documentation shall state the Class under which the PV module was qualified and any specific limitations required for that Class. The documentation shall state the environmental conditions to which the module has been qualified, which by default includes a temperature range of -40 °C to $+40\text{ °C}$ and wind/snow load including safety factor. It shall be ensured that appropriate documentation for safe installation, use, and maintenance is available to installers and operators.

For identical PV modules it is considered to be sufficient that one set of documentation is supplied with the PV module shipping unit.

Environmental conditions to which a PV module has been qualified may include IEC 61701 or IEC 62716.

The documentation shall contain the following information:

- all information required by 5.2.2.1 with exception of c), d) and e);
- recommended maximum series/parallel PV module configurations;
- the current rating of overcurrent protection, as determined in MST 26. Guidance to determine current rating may be given in IEC 60269-6;

- manufacturer's stated tolerance for V_{oc} , I_{sc} and maximum power output P_{max} under standard test conditions;
- temperature coefficient for voltage at open-circuit;
- temperature coefficient for maximum power; and
- temperature coefficient for short-circuit current.

All electrical data shall be shown as relative to standard test conditions (1 000 W/m², (25 ± 2) °C, AM 1,5 according to IEC 60904-3).

International symbols shall be used where applicable.

The electrical documentation shall include a detailed description of the electrical installation wiring method to be used. This description shall include

- the minimum cable diameters for PV modules intended for field wiring;
- any limitations on wiring methods and wire management that apply to the junction box for the PV module;
- the size, type, material, and temperature rating of the conductors to be used;
- type of terminals for field wiring;
- specific PV connector model/types and manufacturer to which the PV module connectors can be mated;
- the bonding method(s) to be used (if applicable) shall be specified. All provided or specified hardware shall be identified in the documentation;
- the type and ratings of bypass diode to be used (if applicable);
- limitations to the mounting situation (e.g. slope, mounting means, cooling);
- a statement indicating the fire rating(s) and the applied standard, or a statement that resistance to external fire sources was not evaluated, as well as the limitations to that rating (e.g. installation slope, sub structure or other applicable installation information);
- a statement indicating the minimum mechanical means for securing the PV module (as evaluated during the mechanical load test (MST 34)); and
- a statement indicating the maximum altitude the PV module is designed for. De-ratings can be applied.

The documentation for roof mounting shall include:

- a statement indicating the minimum mechanical means for securing the PV module to the roof (as evaluated during the mechanical load test according (MST 34));
- details of the specific parameter(s) when the fire rating is dependent on a specific mounting structure, specific spacing, or specific means of attachment to the roof or structure.

The documentation shall include a statement advising that external or otherwise artificially concentrated sunlight shall not be directed onto the front or back face of the PV module (if not qualified for).

Assembly instructions shall be provided with a product shipped in subassemblies, and shall be detailed and adequate to the degree required to facilitate complete and safe assembly of the product to specifications set forth in the IEC 61730 standard series.

To facilitate proper system sizing the manufacturer shall include relevant parameters in the installation instructions that allow system layout based not only on STC values given in the documentation. For example a safety factor for V_{oc} and I_{sc} of 1,25 is recommended since irradiance is often higher than 1 000 W/m² and temperature below 25 °C may raise V_{oc} .

The following or equivalent statement shall be included:

"Under normal conditions, a photovoltaic module is likely to experience conditions that produce higher current and/or voltage than reported at standard test conditions. Accordingly, the values of I_{sc} and V_{oc} marked on this PV module should be multiplied by a factor of 1,25 when determining component voltage ratings, conductor current ratings, and size of controls (e.g. inverter) connected to the PV output."

The safety factor of 1,25 for the minimum voltage rating of the components can be modified during the design of a system according to the minimum temperature of the location of the installation and the temperature coefficient for V_{oc} . I_{sc} can be adjusted based on maximal temperature, irradiance and orientation of the module. To this end a full simulation for the specific location is required using long term weather data

5.3 Electrical components and insulation

5.3.1 General

PV modules may consist of the following electrical components and insulation:

- the internal wiring, e.g. solar cell and cell interconnects (see 5.3.2);
- external wiring and output cables (see 5.3.3);
- connectors (see 5.3.4);
- junction boxes for PV modules (see 5.3.5);
- frontsheet and backsheet (see 5.3.6);
- insulation barriers (see 5.3.7);
- electrical connections (see 5.3.8);
- encapsulant (see 5.3.9);
- bypass diodes (see 5.3.10).

5.3.2 Internal wiring

Internal wiring shall have sufficient current carrying capacity for the relevant application. Depending on the pollution degree at the place where the internal wiring is located precautions against corrosion have to be taken. Examples for protection against corrosion are given in 5.5.3.1. In case that insulation for the internal wiring is necessary it shall fulfil the relevant requirements for the relevant application according to 5.5.2.3.

Compliance is checked by inspection and by reverse current overload test (MST 26).

5.3.3 External wiring and cables

External wires and cables shall fulfil the requirements of EN 50618.

NOTE Currently an IEC standard (IEC 62930) is under development. IEC 62930 will replace EN 50618.

5.3.4 Connectors

External DC connectors shall fulfil the requirements of IEC 62852. Connectors shall be marked in accordance with 5.2.2.

5.3.5 Junction boxes for PV modules

Junction boxes for PV modules shall fulfil the requirements of IEC 62790.

5.3.6 Frontsheets and backsheets

Front- and backsheets are typically compositions of layered materials, such as films, adhesives or coatings, in which at least one material layer delivers the relied upon electrical insulation and other layers may provide extended protection of the relied upon insulation against the environmental factors.

Layers of frontsheets and backsheets which are relied upon for insulation shall withstand all relevant mechanical, electrical, thermal, and environmental stresses, with compliance demonstrated at the material or component level. Layers which may represent a part of a tracking path (creepage) shall be classified into a material group (see 5.6.3.3). In general polymeric frontsheets and backsheets shall meet the relevant requirements of section 5.5.2, with compliance demonstrated by the tests in IEC 61730-2.

NOTE A characterization standard for front- and backsheets (IEC

If these sheets are used as relied upon insulation they shall at a minimum fulfil the requirements of 5.6.4.3 for insulation in thin layers.

In addition, polymeric front- and backsheets used as relied upon insulation shall meet the requirements of 5.5.2.3. The values for TI or RTE (RTI) according to 5.5.2.3.3 shall be evaluated under consideration of particular requirements for flexible multilayer sheets given in IEC 60216-2.

Relevant RTI values evaluated in accordance to UL 746B are accepted as an alternative to RTE.

Adhesion of the front- and backsheet, e.g. to the encapsulant or glass, shall be appropriate. Compliance is checked by passing the IEC 61730-2 test sequence.

5.3.7 Insulation barriers

An insulation barrier shall withstand all relevant mechanical, electrical, thermal, and environmental stresses. In general a polymeric insulation barrier shall meet the relevant requirements of 5.5.2. It shall be held in place and shall not be adversely affected to the extent that its required electrical and mechanical properties fall below the minimum acceptable values for the application. The removal of the insulation barrier shall only be possible by using a tool. Compliance is checked by passing the IEC 61730-2 test sequence.

5.3.8 Electrical connections

5.3.8.1 General

Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic, pure mica or other material with suitable characteristics, unless there is sufficient resiliency in the metallic parts to compensate for any shrinkage or yielding of the insulating material.

Prevention shall be taken that connections do not become loose, e.g. by using a washer.

Compliance is checked by visual inspection (MST 01), continuity test of equipotential bonding (MST 13) and screw connection test (MST 33), if applicable.

The end of a stranded conductor shall not be consolidated by soft soldering in places where the conductor is subject to contact pressure unless the method of clamping is designed so as to reduce the likelihood of a bad contact or if the soldered portion is maintained outside the contact area of the connection.

Precautions shall be taken that under operation clamping units or other terminations are prevented from thermal and mechanical stress which might impair electrical conductivity.

5.3.8.2 Terminals for external cables and PV connector ribbons

Terminals for electrical connections shall be suitable for the type and range of conductor cross-sectional areas according to specification of the manufacturer. They shall meet the requirements of IEC 62790.

Insulated terminals shall be designed in a manner where a possible displacement that may result in a reduction of clearances and creepage distances is prevented.

5.3.8.3 Splices and connections inside a PV module

Splices and connections inside a PV module other than those for terminals of external cables and PV connector ribbons shall be mechanically secured and shall provide electrical continuity. Electrical connections shall be soldered, welded, conductively adhered, crimped, or otherwise securely connected. A soldered or conductively adhered joint shall be additionally mechanically secured.

Encapsulation is considered as a means of mechanical securement for soldered and conductively adhered electrical connections in a PV module.

5.3.9 Encapsulants

Encapsulants are considered as a part of the laminate. However, they are not tested separately but shall be considered in the application.

NOTE A standard for encapsulants is currently under consideration (IEC 62788-1).

The technical properties of encapsulant shall be suitable for the intended application. In particular:

- a) the rated operating temperature range shall include the temperature range of the intended application;
- b) the material group, the insulation resistance and the dielectric strength shall be suitable for the intended application.

Compliance is checked by passing the IEC 61730-2 test sequence.

5.3.10 Bypass diodes

Bypass diodes shall be rated to withstand the current and voltage for their intended use. Compliance is checked by bypass diode thermal test (MST 25), hot-spot endurance test (MST 22), bypass diode functionality test (MST 07) and visual inspection (MST 01).

NOTE Currently further characterization standards for bypass diodes are under development.

5.4 Mechanical and electromechanical connections

5.4.1 General

This subclause defines the minimum requirements for mechanical connections providing the mechanical stability of the PV modules (e.g. frame) as well as for connections providing mechanical and electrical function (e.g. equipotential bonding).

Typically found in a PV module are the following mechanical connections:

- connections within a frame;

- PV module mounting interfaces such as frame or backrail to glass or backsheet via adhesive (silicone, rubber, etc.);
- frame to clamp of a mounting system;
- means for equipotential bonding;
- means for the attachment of junction box to the PV modules (silicone, tape, etc.); and
- mechanical connections within the laminate.

Mechanical connections shall be able to durably withstand the thermal, mechanical, and environmental stresses occurring in the application without decreasing the integrity of the connection below safe levels.

Compliance is checked by inspection and during the breakage test (MST 32), materials creep test (MST equipotential bonding tests (MST 13)).

Individual material requirements are given in 5.5. Parts intended to be removed shall only be detachable with the aid of tools. Lids that are attached without screws shall have one or several detectable facilities, e.g. recesses, which enable tools to be deployed in order to remove them. If the lid is removed correctly, the tool shall not come into contact with the active parts.

For mechanical connections friction between surfaces, such as simple spring pressure, is not acceptable as the sole means to inhibit the turning or loosening of a part.

Physical properties or constructions that provide an interference or form fit to prevent unintended movement or rotation of the component comply with this requirement.

5.4.2 Screw connections

Screws and mechanical connections, the failure of which might cause the PV module to become unsafe, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use. Screws shall not be made of a material which is soft or liable to creep.

NOTE 1 Examples of soft materials are zinc and some grades of aluminium.

Screws which are operated for maintenance purposes shall not be of insulating material if their replacement by a metal screw could impair supplementary or reinforced insulation.

Screws used to provide mechanical stability and continuity for equipotential bonding, e.g. fixing screws in frames and other components, shall comply with the requirement in the first paragraph of this subclause. At least one screw per electrical mechanical connection shall ensure the electrically connection between the metallic components.

Compliance is checked by inspection and by test for general screw connection (MST 33a).

Screws used for mechanical and electrical connections with a nominal diameter of less than 3 mm shall screw into metal.

For screws used for mechanical and electrical connections two full threads shall engage into the metal.

Screwed and other fixed connections between different parts of the PV module shall be made in such a way that they do not come loose through torsion, bending stresses, vibration, etc., as may occur in normal use.

NOTE 2 Examples of means of preventing the loosening of connections are soldering, welding, lock nuts and setscrews.

Compliance is checked by inspection and by test for locking screws (MST 33b).

5.4.3 Rivets

Rivets which serve as electrical as well as mechanical connections shall be locked against loosening. A noncircular shank or an appropriate notch may be sufficient.

5.4.4 Thread-cutting screws

Thread-cutting screws and self-tapping screws shall not be used for the interconnection of current-carrying parts made of metal which is soft or liable to creep, such as zinc or aluminium.

Thread-forming screws (sheet metal screws) shall not be used for the connection of current carrying parts, unless they clamp these parts directly in contact with each other, and are provided with suitable locking means.

Thread-cutting (self-tapping) screws shall not be used for the connection of current-carrying parts unless they generate a full form standard machine screw thread. However, screws of the latter type shall not be used if they are likely to be operated by the user or installer.

Thread-cutting and thread-forming screws, used to provide continuity for equipotential bonding, shall be such that it is not necessary to disturb the connection in normal use.

For equipotential bonding one screw is permitted if two full threads engaged the metal.

5.4.5 Form/press/tight fit

Form/press/tight fits of metallic components not separately equipotentially bonded need to be electrically connected.

NOTE Typical examples for such connections are corner joints in metallic frames.

Compliance is checked by inspection and module breakage test (MST 32) and static mechanical load test (MST 34) and test of continuity of equipotential bonding (MST 13) pre and post the MST 32 and MST 34 tests.

5.4.6 Connections by adhesives

Connections (made during module production) by adhesives handled in this subclause might be:

- mounting of junction box;
- mounting of backrails or frames;
- fixing of backsheet and/or frontsheet to edge seals;
- fixing of backsheet and/or frontsheet to the encapsulant;
- etc.

Compliance is checked with mechanical load test (MST 34), test of continuity of equipotential bonding (MST 13) and module breakage test (MST 32) for mounting means adhesives and with robustness of termination test (MST 42 and MST 17) for junction-box adhesives.

Adhesion of a polymer relied upon for insulation to another insulating layer shall be appropriate for the application.

If the connection by adhesive should be considered as cemented joint the requirements according to 5.6.4.2 shall be applied.

A peel test (MST 35) and a lap shear test (MST 36) are applied in 5.6.4.2 for verification of cemented joints.

5.4.7 Other connections

Other connections such as, for example, welded or soldered, shall be investigated by visual inspection (MST 01). Other connections which are relied upon for equipotential bonding are checked with test of continuity of equipotential bonding (MST 13). Materials and processes for creating the connections shall be appropriate for the intended use.

NOTE An example for a standard for soldered connections is IEC 61191-1.

5.5 Materials

5.5.1 General

This subclause defines requirements for materials used in a PV module. General compliance is checked with tests in accordance to IEC 61730-2.

The choice of materials is not limited to the materials listed in this subclause. Non-conductive materials like glass or ceramic materials can be used as insulating materials. For dimensioning purposes, any non-conductive material may be considered as an insulator whereas compliance to requirements of 5.6 shall be followed.

5.5.2 Polymeric materials

5.5.2.1 General

Polymeric materials shall be able to durably and safely withstand the electrical, mechanical, thermal, environmental, and corrosive stresses occurring in the application, and shall be resistant to electrical and mechanical property degradation.

Polymeric parts which ensure either the electrical or mechanical safety of the PV module, or both, shall be resistant to electrical and mechanical property degradation and shall comply with the requirements of the materials creep test (MST 37) depending on their constructive function in the PV module.

Polymeric materials used in PV modules as part of a cemented joint shall additionally comply with 5.6.4.2.

5.5.2.2 Endurance to weathering stress

Polymeric materials shall be durable to weathering stress occurring in the application.

Components have to be evaluated to the relevant requirement in the applicable component standard.

NOTE Weathering exposure tests for polymeric frontsheets and backsheets are currently under development in IEC TS 62788-7-2.

5.5.2.3 Polymeric materials used as electrical insulation

5.5.2.3.1 General

Polymeric materials may serve multiple insulation functions, e.g. as to external parts and insulation between:

- live parts and accessible conductive parts;
- live parts and accessible surfaces;
- live parts of different polarity of the same circuit;

- live parts not of the same potential;

An insulation material that serves more than one function shall comply with all applicable requirements. In case of multiple similar requirements (e.g. thickness or test duration) the most stringent requirements applies. It shall be evaluated in the thinnest significant thickness used for the specific application. Material relied upon for insulation shall be of adequate thickness, as described in Tables 3 and 4, and of a material appropriate for the application, as described in the following subclauses.

Insulation shall not be impaired by short-term or long-term thermal stresses which may occur in normal operation (5.5.2.3.3). Insulation shall not be impaired by electrical stress (5.5.2.3.2) or weathering (5.5.2.2).

Variations in polymer additives such as anti-oxidants, UV stabilizers, chemical formulation of polymeric component shall be evaluated to determine if the material property changes with respect to electrical, mechanical, thermal
Compliance is checked by inspection and by the relevant PV module and material tests.

The temperature limits of materials used as insulation shall not be less than the maximum measured operating temperature of the specific material in application, as measured during the temperature test (MST 21).

5.5.2.3.2 Endurance to electrical stress

Materials used as electrical insulation shall withstand electrical stresses which occur in the application both in the unconditioned and preconditioned cases.

If relevant for clearance and creepage distance evaluation insulating materials shall be assigned a materials group designation based on a CTI rating.

Minimum spacing requirements can be reduced by using materials with a lower materials group rating.

Insulating materials between conductive parts of different polarity or between conductive parts and accessible surfaces shall be assessed according to their material group designation based on their CTI rating (see B.2.2.4.2), if those materials are a part of a creepage distance. CTI rating is required from each surface, on which tracking could occur, e.g. at inner front-and/or backsheet layer surface to encapsulant, if applicable. See Clause B.9. Figures B.2, B.3 and B.4.

Whenever electrical stress is present through a material layer (not along an interface or surface) the concept of distance through insulation is applicable and CTI is not required.

Additionally the following PV module tests apply:

- Insulation test (MST 16) before and after preconditioning, and
- Impulse voltage test (MST 14).

5.5.2.3.3 Endurance to thermal stress – RTE (RTI) or TI (mechanical/electrical)

Materials used as relied upon insulation shall have a minimum relative thermal endurance, relative thermal index or temperature index (RTE/RTI or TI) in accordance with IEC 60216-5 or IEC 60216-1 equal to or greater than the maximum normalized operating temperature of the material as measured in the particular mounting situation (e.g. roof mounted) during the temperature test (MST 21), or 90 °C, whichever is higher.

For open rack mounted PV modules, the normalized measured maximum PV module operating temperature can be assumed to be 90 °C, so the insulation RTE/RTI or TI rating shall be at least 90 °C.

To ensure that the electrical and mechanical properties are provided through the expected lifetime the TI and RTE (RTI) values have to be evaluated as mechanical and electrical ones according to IEC 60216-2.

Relevant RTI values evaluated in accordance to UL 746B are accepted as an alternative to RTE.

For multilayer constructions with separately tested RTE, RTI or TI values, the thermal rating can be derived from the film components, the lowest value of the film components defines the RTE, RTI or TI value of the multilayer system.

NOTE Relationship between RTE, RTI and TI can be found in IEC 60216-1, IEC 60216-2 and IEC 60216-5.

5.5.2.3.4 Polymeric insulating materials used as e

Any accessible part (edge seal, front- and backsheet) that is used as insulation shall meet the criteria of this subclause.

The requirements for external parts do not apply to parts meeting requirements of applicable component standards, e.g. material for enclosure of a junction box for PV modules.

External polymeric parts of the PV module whose deterioration could impair the safety shall meet the following additional requirements:

- a) flammability class minimum V-1 according to IEC 60695-11-10 (not applicable to insulation in thin layers; those are covered only by MST 24);
- b) ball pressure test according to IEC 60695-10-2 with a temperature of 75 °C (not applicable to insulation in thin layers); and
- c) ignitability test (MST 24) in final application (laminated or the PV module); and
- d) peel test for proof of cemented joints according to IEC 61730-2 (MST 35), where applicable;
- e) lap shear strength test (MST 36), where applicable.

5.5.2.3.5 Polymeric insulating parts supporting live parts

External parts of non-metallic material, parts of insulating material supporting live parts including connections, and parts of polymeric material providing supplementary insulation or reinforced insulation, shall be sufficiently resistant to heat if their deterioration could cause the PV module to fail to comply with this standard.

Polymeric parts which are not components of the laminate whose deterioration could impair the safety of the PV module are evaluated with the module level ignitability test MST 24.

Other than elastomeric polymeric materials (e.g. duroplastic) shall meet the following additional requirements:

- a) Flammability class minimum HB according to IEC 60695-11-10.
- b) Ball pressure test according to IEC 60695-10-2 with a temperature of 125 °C.

NOTE IEC 60695-10-2 specifies the ball pressure test as a method for testing parts of non-metallic materials for resistance to heat.

- c) Materials creep test (MST 37).

The requirements in this subclause do not apply to parts which have met the requirements of their applicable component standards, e.g. junction boxes.

5.5.2.4 Polymeric materials used for mechanical functions

Materials used shall be durable against weathering stress in their application.

Materials used for mechanical functions shall have a minimum mechanical relative thermal endurance, relative thermal index or temperature index (RTE/RTI or TI) in accordance with IEC 60216-5 or IEC 60216-1 equal to or greater than the maximum normalized operating temperature of the material as measured in the particular mounting situation (e.g. roof mounted) during the temperature test (MST 21), or 90 °C, whichever is higher.

Test requirements are currently under development.

5.5.3 Metallic materials

5.5.3.1 General

In accordance with IEC 60950-1 metal parts designed for applications in climates with wet or humid ambient conditions shall not be in contact to metal parts electrochemical potentials of more than 600 mV. Larger electrochemical potential differences are permissible if the contact points of these materials are designed to remain dry. Material combinations listed in Table J.1 of IEC 60950 serve as guideline to determine generic electrochemical potentials between two materials. Electrochemical potentials for specific material combinations have to be taken into consideration.

Iron or mild steel as a part of the product shall be plated, painted, or enamelled for protection against corrosion. The corrosion protection at a minimum shall be at least equivalent to a zinc coating of 0,015 mm thickness. Simple sheared or cut edges and punched holes are not required to be additionally protected, provided these features do not affect the mechanical bonding, mounting or structural performance of the PV module.

Compliance is checked by inspection.

5.5.3.2 Current carrying parts

Under normal operation current-carrying parts shall have a sufficient mechanical strength and electrical conductivity. If environmental conditions may cause corrosion current-carrying materials (metal, polymeric based, etc.) shall be protected against corrosion, e.g. by coating.

In case of current-carrying parts consisting of corrosion protective coated metal the coating shall be capable of preventing corrosion according to either one of ISO 1456, ISO 1461, ISO 2081 or ISO 2093. If the current-carrying parts may be stressed by abrasion, coated metal parts are not allowed.

Other materials shall be protected accordingly.

5.5.4 Adhesives

Adhesives shall be appropriate for the application. Compliance is checked by relevant tests of IEC 61730-2, including lap shear strength test (MST 36), peel test (MST 35), robustness of terminations test (MST 42), mechanical load test (MST 34), and visual inspection (MST 01), accessibility test (MST 11), wet leakage current test (MST 17) pre- and post- test sequences, where applicable.

Additionally, if an adhesive is part of the relied upon electrical insulation it has to meet the requirements of 5.5.2.3.3.

NOTE Specific requirements for adhesives are under consideration.

5.6 Protection against electric shock

5.6.1 General

PV modules shall be provided with adequate protection against contact with hazardous live parts and shall pose no risk of electric shock.

Annex B contains additional information and is to be used in conjunction with this subclause.

5.6.2 Protection against accessibility to hazardous live parts

5.6.2.1 General

PV modules shall be constructed to provide adequate protection against accessibility to hazardous live parts ($> 35 \text{ V DC}$).

For Class 0 PV modules, accessible parts shall be separated from hazardous live parts by at least basic insulation.

Class II PV modules shall be so constructed and enclosed that from hazardous live parts by double or reinforced insulation

In Class III PV modules live parts are not considered as hazardous, so a separation from accessible parts is not needed. To ensure sufficient functionality and protection against hazardous lighting arc, live parts of different polarity shall be separated by at least functional insulation.

Compliance is checked by visual inspection (MST 01) and by accessibility test (MST 11).

Materials used for realizing protection against accessibility of hazardous live parts by means of enclosure, insulation barrier or relied upon insulation shall comply with the requirements of 5.5.2 due to their application.

5.6.2.2 Protection by means of enclosures and insulation barriers

Enclosures or insulation barriers shall be so designed that, after mounting, the live parts are not accessible. This requirement shall be fulfilled even if there is any deformation of the housing and/or cover as a result of mechanical and thermal stress, which can occur during normal use. Furthermore, the degree of protection of the housing may not be impaired by this possible deformation.

Parts of enclosures and insulation barriers that provide protection in accordance with these requirements shall not be removable without the use of a tool. Lids which are attached without screws shall have one or several detectable features, e.g. recesses, which enable tools to be deployed in order to remove them. If the lid is removed correctly the tool may not come into contact with the live parts.

An insulation barrier shall be held in place and shall not be adversely affected by influences expected during normal operation to the extent that its necessary electrical and mechanical properties fall below the minimum acceptable values for the application.

Parts shall be prevented from loosening or turning if such loosening or turning may result in a risk of fire, electric shock, or injury to persons.

5.6.2.3 Protection by means of insulation of live parts

An insulation material providing the sole insulation between a live part and an accessible metal part, or between uninsulated live parts not of the same potential, shall be of adequate thickness and of a material appropriate for the application.

Any conductive part, which is not separated from parts that can operate at a potential above 35 V DC by at least basic insulation, is considered to be a live part. A metallic accessible part is considered to be conductive if its surface is bare or is covered by an insulating layer which does not comply with the requirements of basic insulation.

An overview of the required insulation is given in Table 2.

Table 2 – Required type of insulation as defined in IEC 61140

Protection class (IEC 61140)	Protection required against direct contact	Insulation between live parts and accessible metal parts	Insulation between live parts and accessible surfaces	Insulation between live parts of different potential of the same circuit
Class 0	Yes	B	B	B
Class II	Yes	R	R	B
Class III	No	F	F	F
F: functional insulation. B: basic insulation. R: reinforced insulation or double insulation.				

Neighbouring solar cells connected in series have no special insulation requirements if the maximum power dissipation between two neighbouring cells is less than 15 W (based on solar cell rating).

NOTE For a typical c-Si cell with an open circuit voltage of ~0,7 V and short circuit current ~9,0 A the above criterion is met (6,3 W).

5.6.3 Insulation coordination

5.6.3.1 General

The construction of the insulation system of a PV module depends on several influencing factors, including overvoltage category (see Annex B.2.2), pollution degree (B.2.2.3), materials, system- and working voltage.

For evaluation of the minimum values and measurement of existing clearances and creepage distances the general requirements of insulation coordination according to relevant clauses of IEC 60664-1 shall be considered. The relevant requirements for insulation coordination and for measuring of clearances and creepage distances within PV modules have been extracted and listed in Annex B. Examples for determination of clearances and creepage distances are also shown in Annex B.

The requirements for clearances and creepage distances do not apply to the inherent dimensions within a component. Such dimensions shall comply with the requirements for the component in question according to their relevant standards (e.g. IEC 62790 for PV module junction boxes).

For the purpose of determining a clearance or a creepage distance from conductive parts to accessible parts, the accessible surface of an insulating enclosure is to be considered as conductive as if it were covered by a metal foil wherever it can be touched by the standard test finger according to Figure 2, test probe B of IEC 61032:1997. These distances shall be dimensioned for the relevant system voltage.

5.6.3.2 Pollution degree

In general the macro-environment according to IEC 60664-1 for an entire PV module is considered pollution degree 3. In case of enclosures having a degree of protection IP 55 or higher according to IEC 60529 the consideration for the micro-environment can be reduced to pollution degree 2.

For parts enclosed or encapsulated to provide protection against ingress of dust and moisture the minimum required creepage distance of pollution degree 2 apply if test criteria of IEC 61730-2 (except B.1 test sequence) are met.

Any change of spacing will require re-evaluation in accordance to IEC 61730 series and IEC TS 62915.

For parts enclosed or encapsulated to provide protection against ingress of dust and moisture, pollution degree 1 might be applicable, if additional requirements according to IEC 61730-2, Test sequence B.1, are met.

5.6.3.3 Material groups

With regard to tracking insulating material between accessible and current carrying parts or between current carrying parts of different polarity which have a surface where tracking can occur and are of polymeric materials tend to get conductive on their surface caused by discharge. Those shall be categorized into material groups (minimum material group IIIb) for evaluation of minimum creepage distances (see Annex

For this standard materials classified as material groups IIIa and group III.

Material group IIIb is not recommended for application in pollution degree 3 above 600 V.

Materials, for instance inner layers of a multilayer back-sheets, that are not part of a tracking path (creepage) do not need characterization of a material group.

5.6.3.4 Clearances (cl) and creepage distances (cr)

Clearances (cl) and creepage distances (cr) shall be dimensioned according to Tables 3, and 4. For evaluation of the minimum clearances and creepage distances the general requirements of insulation coordination according of IEC 60664-1 shall be considered. The relevant requirements for insulation coordination and for measuring of clearances and creepage distances within PV modules have been extracted and listed in Annex B.

For a creepage pathway along an interface composed of materials of different materials groups, the higher number will apply.

The values for clearances in Tables 3 and 4 are valid for operation at an altitude up to 2 000 m. If the equipment is rated to operate at an altitude greater than 2 000 m, all clearances shall be multiplied by the applicable factor of Table B.3.

NOTE System voltages could also be de-rated based on altitude.

The requirements for creepage distances do not apply to distance through insulation (e.g. cemented joints).

5.6.4 Distance through insulation (dti)

5.6.4.1 General

Solid insulation in the sense of this standard can be comprised of single or multiple layers, and typically appear as thin layers (5.6.4.3) and cemented joints (5.6.4.2).

The solid insulation properties of polymeric materials are defined in 5.5.2 and are verified through the tests outlined in IEC 61730-2.

The distances through insulation (dti) are required for supplementary, double or reinforced insulation only as shown in lines 4 of Tables 3 and 4 (see Annex B).

Polymeric materials for cemented insulation parts and insulation in thin layers shall withstand environmental, thermal, electrical and mechanical stresses as far as they occur. They shall

comply with requirements according to 5.5.2. The insulation shall fulfil the material classification as given in IEC 60216-1, IEC 60216-2 and IEC 60216-5 (RTI/RTE/TI).

NOTE Other, non-polymeric materials like glass can also be used as parts of a cemented joint.

5.6.4.2 Cemented joints

Distances through cemented joints as listed in lines 4 of Tables 3 and 4 (values for distance through cemented joints are extracted from Table 13 of IEC 61558-1:2005) shall be used if the following requirements according to IEC 61730-2 are fulfilled:

a) Joint between rigid part and rigid part

- 1) Visual inspection (applicable parts of MST 01) to verify that there are neither cracks nor voids in the insulating compounds which either by themselves or in combination reduce the distances through the cemented joint below the required values.
- 2) Insulation test (MST 16) using a 1,35 times higher test voltage.
- 3) Wet leakage current test (MST 17) using a 1,35 times higher test voltage.
- 4) The electrically insulating adhesive/sealant, if applicable, shall have a volume resistivity of greater than $50 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (dry) and greater than $10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (wet), with volume resistivity as measured according to IEC 62788-1-2, method A.

NOTE Wet/dry conditioning based on Clause 14 of UL 746C.

5) Lap shear test (MST 36).

b) Joint between rigid part and flexible part, also between flexible part and flexible part

- 1) Visual inspection (applicable parts of MST 01) to verify that there are neither cracks nor voids in the insulating compounds which either by themselves or in combination reduce the distances through the cemented joint below the required values.
- 2) Insulation test (MST 16) using a 1,35 times higher test voltage.
- 3) Wet leakage current test (MST 17) using a 1,35 times higher test voltage.
- 4) The electrically insulating adhesive/sealant, if applicable, shall have a volume resistivity of greater than $50 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (dry) and greater than $10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (wet), with volume resistivity as measured according to IEC 62788-1-2, method A.

NOTE Wet/dry conditioning based on Clause 14 of UL 746C.

5) Peel test (MST 35).

5.6.4.3 Insulation in thin layers

Thickness of relied upon insulation is checked by insulation thickness test (MST 04) in final application. To ensure that the protection against electric shock is still provided after failure of either the double or reinforced insulation the insulation test (MST 16) after cut susceptibility test (MST 12) shall be performed as for basic insulation.

In case of insulation constructed of thin layers of insulated material, the relied upon insulation shall be such that the following requirements are fulfilled at every location.

a) Single-layer sheet (see also Figure 4, example a))

- Minimum thickness according to lines 1b) of Table 3 and Table 4, as applicable depending on class (see Table 1).

Exception: The minimum thickness for a single layer is 30 μm , even for system voltages < 600 V, since pinholes may be present. For thicknesses < 30 μm a multilayer concept shall be adopted to mitigate risk.

- RTI / RTE / TI as defined in 5.5.2.3.3.
- Dielectric strength for reinforced insulation.

b) Multi-layer sheets (see also Figure 4, examples for double layers b1), b2) and generic n-layers c))

- The sum of thickness of all layers providing relied upon insulation shall be in compliance with values according to lines 1b) of Table 3 and Table 4, as applicable depending on class (see Table 1).

Each layer of a multi-layer (e.g. 2 layers, see Figure 4, example b1) and b2)) sheet providing relied upon insulation shall meet the following requirements:

- RTI / RTE / TI as defined in 5.5.2.3.3.
- Dielectric strength for basic insulation.

If single layers are not characterized individually the following applies:

The combined thickness of all layers (more and including 2 layers, see Figure 4, example b1), b2) and c)) providing relied upon insulation shall be in compliance with values according to Table 3 and Table 4 as applicable depending on class (see Table 1).

- RTI / RTE / TI shall be determined in the full layer stack relied upon insulation shall meet RTI / RTE / TI as defined in changes in the stack or application require a new RTI / RTE / TI evaluation.
- Dielectric strength of entire multi-layer sheet providing relied upon insulation shall fulfill requirements for reinforced insulation.

A test procedure for dielectric strength test at the relied upon insulation can be found in 10.6 of IEC 60243-1:2013 and IEC 60243-2:2013. The DC test voltages are as follows:

- 1 000 V + 2 times system voltage for basic insulation;
- 2 000 V + 4 times system voltage for double or reinforced insulation.

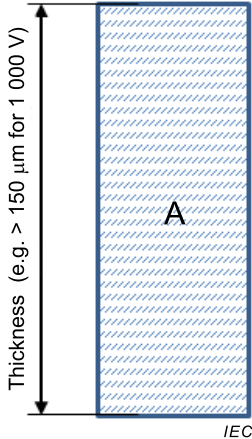
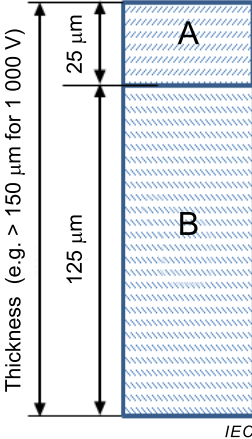
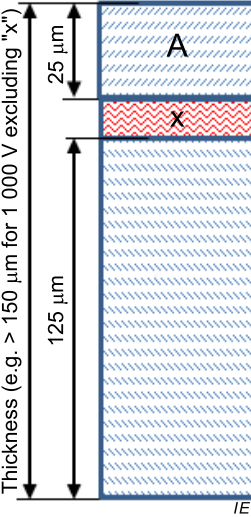
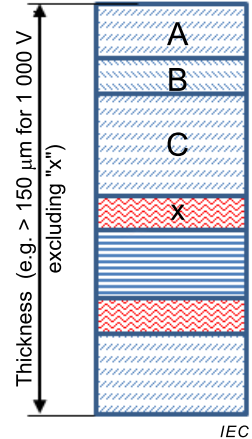
Single layer	Multi layer		
a) Single layer  Thickness (e.g. > 150 μm for 1 000 V) Pass, if A fulfills the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • reinforced insulation	b1) Double layer  Thickness (e.g. > 150 μm for 1 000 V) Pass, if each layer A and B (of single layers) fulfill the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • basic insulation or reinforced insulation for full stack	b2) Double layer  Thickness (e.g. > 150 μm for 1 000 V excluding "X") Pass, if full stack fulfill the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • reinforced insulation or if each layer A and B (of single layers) fulfill the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • basic insulation • "X"-layer which lies between insulation layers not considered as insulating layer	c) Generic multi layer  Thickness (e.g. > 150 μm for 1 000 V excluding "X") Pass, if full stack fulfill the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • reinforced insulation or if at least 2 layers each fulfill the requirements of: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • basic insulation • "X"-layer which lies between insulation layers not considered as insulating layer

Figure 4 – Examples for individual layer assessment for relied upon insulation

Table 3 – Distances through insulation, creepage distances (cr) and clearances (cl) for Class II PV modules

	pollution degree	Distances																											
		mm																											
		≤35 V DC ^{a,d}			100 V DC ^a			150 V DC ^a			300 V DC ^a			600 V DC ^a			1 000 V DC ^a			1 500 V DC ^a									
		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr		cl	cr					
Between			I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III				
1a) Internal live parts and outer accessible surfaces	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,1
1b) Thickness of thin layers (see 5.6.4.3)	-	0,01			0,01			0,01			0,01			0,06			0,15			0,3									
2) Live parts of different potential inside a PV module	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,6
3) Terminals of different polarity of rewirable junction boxes	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,1
4) Distance through cemented joints	-	0,2			0,3			0,5			1,0			1,5			2,0			3,5									
^a For lines 1a), 1b), 3) and 4) the relevant voltage which is applicable shall be the system voltage. For line 2) the working voltage between parts of different potential at STC is relevant. All values given in this table are rounded to one digit from IEC 60664-1.																													
^b If a measured clearance is smaller than the minimum required clearance an impulse voltage test as specified in IEC 60664-1 shall show that the distance is adequate. To assess clearances between internal live parts and outer accessible surfaces IEC 61730-2, MST 14 may be applied.																													
^c This value is increased to 0,8 mm for pollution degree 3.																													
^d For designs where working voltage is below 20 V values directly from IEC 60664-1 can be applied.																													

Table 4 – Distances through insulation, creepage distances (cr) and clearances (cl) for Class 0 and class III PV modules

Between	pollution degree	Distances																											
		mm																											
		≤35 V DC ^{a, d, e}					100 V DC ^a			150 V DC ^a			300 V DC ^a			600 V DC ^a			1 000 V DC ^a			1 500 V DC ^a							
		cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr						
Material group			Material group				Material group				Material group				Material group				Material group										
		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III	
1a) Internal live parts and outer accessible surfaces	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,0
1b) Thickness of thin layers (see 5.6.4.3)	-	0,01			0,01			0,01			0,01			0,06			0,15			0,3									
2) Live parts of different potential inside a PV module	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,0
3) Terminals of different polarity of rewirable junction boxes	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,0
4) Distance through cemented joints	-	0,1			0,2			0,25			0,5			0,7			1,0			1,7									

^a For lines 1a), 1b), 3) and 4) the relevant voltage which is applicable shall be the system voltage. For line 2) the working voltage between parts of different potential at STC is relevant. All values given in this table are rounded to one digit from IEC 60664-1.

^b If a measured clearance is smaller than the minimum required clearance an impulse voltage test as specified in IEC 60664-1 shall show that the distance is adequate. To assess clearances between internal live parts and outer accessible surfaces IEC 61730-2, MST 14 may be applied.

^c This value is increased to 0,8 mm for pollution degree 3.

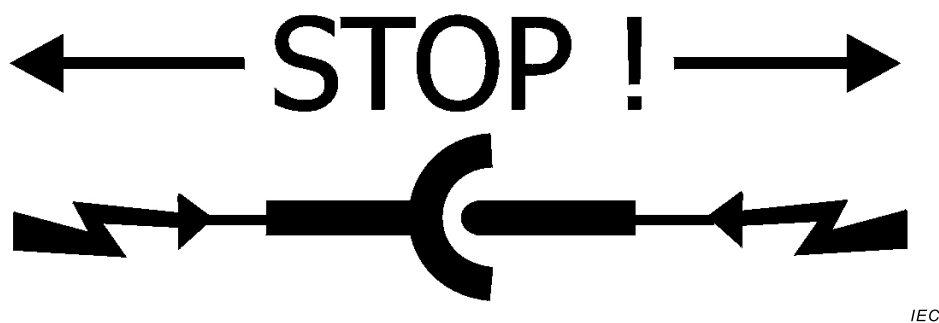
^d For class III PV modules only this column (≤ 35 V) and lines 2) and 3) apply.

^e For designs where working voltage is below 20 V values directly from IEC 60664-1 can be applied.

Annex A (informative)

Symbol "Do not disconnect under load"

The following symbols may be used to show that a PV connector shall not be disconnected under load. See Figures A.1 and A.2.



IEC

Figure A.1 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD"

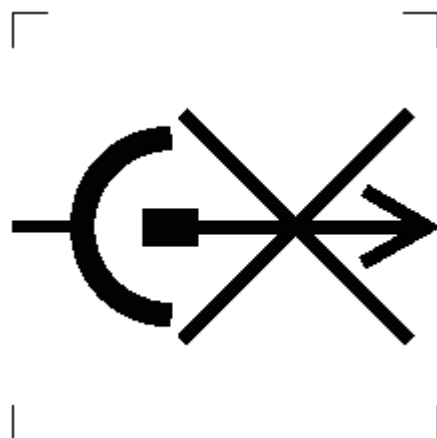


Figure A.2 – Symbol "DO NOT DISCONNECT UNDER LOAD" (IEC 60417-6070)

Annex B (normative)

Insulation coordination

B.1 General

To evaluate the insulation requirements for PV modules use the requirements in IEC 60664-1 including the application guide in IEC TR 60664-2-1. This standard specifies the requirements for clearances, creepage distances and solid insulation for equipment based upon their performance criteria.

All requirements listed in 5.6.3 (creepage distances and clearances) of based on the above mentioned basic safety standard.

Values of 5.6.4.3 (Insulation in thin layers) have been extracted from IEC 60664-3:2003, Table 1.

Since IEC 60664-1 is very comprehensive and the relation between photovoltaic systems and systems mentioned in IEC 60664-1 is very complex the following subclauses are intended to assist in the understanding of the requirements set forth in 5.6.3 and 5.6.4.

B.2 Influencing factors

B.2.1 General

The following factors have to be considered for the coordination of insulation:

- Voltages which can occur in the system (overvoltages).
- Voltages which are generated by the devices in the system (system voltage).
- Protection for individuals and objects (classes according to IEC 61140).
- Environmental conditions (pollution degree); and
- Insulation properties (material groups).

B.2.2 Overvoltage category (4.3.3.2 of IEC 60664-1:2007) and rated impulse voltage

B.2.2.1 Overvoltage category

The overvoltage category is a value which defines a condition concerning the transient overvoltage. Usually the categories I, II, III, and IV are applied for equipment used in low voltage systems.

PV modules are used in many different types of systems and applications. Overvoltage category III is applicable for PV modules and will be used for establishing the impulse voltage test level and the required clearance distances.

B.2.2.2 Rated impulse voltage

The transient overvoltage is taken as the basis for determining the rated impulse voltage which is needed to determine the minimum clearances. The rated impulse voltage depends on the overvoltage category and the voltage which is applicable for the relevant clearance. The values of rated impulse voltages shown in Table B.1 are extracted from IEC 60664-1 for overvoltage category III for basic insulation.

The values for reinforced insulation are determined by taking the rated impulse voltage for basic insulation but one step higher in the preferred series of values than that specified for basic insulation.

If the impulse withstand voltage required for basic insulation is other than a value taken from the preferred series, reinforced insulation shall be dimensioned to withstand 160 % of the impulse withstand voltage required for basic insulation.

Table B.1 show the values both for basic and for reinforced insulation determined as described above and are to be used for assessing compliance with the impulse voltage test (MST 14).

Table B.1 – Rated impulse voltage

Rated voltage V	Values for the rated impulse voltage for basic insulation	
	DC	kV (1,2/50µs)
50	0,8	1,5
100	1,5	2,5
150	2,5	4,0
300	4,0	6,0
600	6,0	8,0
1 000	8,0	12,0
1 500	10,0	16,0
NOTE Values are derived from IEC 60664-1:2007, Table F.1 and IEC TR 60664-2-1 for overvoltage category III.		

Tables 3 and 4 consider the rated voltage values of Table B.1 but have been recalculated to the relevant voltage.

B.2.2.3 Pollution degree (subclause “pollution” of IEC 60664-1:2007)

B.2.2.3.1 General

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

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

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

B.2.2.3.2 Degrees of pollution in the micro-environment

For the purpose of evaluating creepage distances and clearances, the following four degrees of pollution in the micro-environment are established:

- Pollution degree 1
No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.
- Pollution degree 2
Only non-conductive pollution occurs except that occasionally a temporary conductivity caused by condensation is to be expected.
- Pollution degree 3

Conductive pollution occurs or dry non-conductive pollution occurs which becomes conductive due to condensation which is to be expected.

– Pollution degree 4

Continuous conductivity occurs due to conductive dust, rain or other wet conditions.

The dimensions for creepage distance cannot be specified where permanently conductive pollution is present (pollution degree 4). For temporarily conductive pollution (pollution degree 3), the surface of the insulation may be designed to avoid a continuous path of conductive pollution, e.g. by means of ribs and grooves.

B.2.2.4 Insulating material

B.2.2.4.1 General

It has been found by experience and tests that insulating materials having a higher performance also have approximately the same relative ranking according to the tracking index (CTI). Therefore, IEC 60664-1 and this standard use the CTI values to categorize insulating materials.

B.2.2.4.2 Comparative tracking index (CTI)

Insulation materials are classified into four groups corresponding to their comparative tracking index (CTI), when tested in accordance with IEC 60112:

Material Group I	$CTI \geq 600$
Material Group II	$400 \leq CTI < 600$
Material Group IIIa	$175 \leq CTI < 400$
Material Group IIIb	$100 \leq CTI < 175$

A material may be included in one of these four groups on the basis that the PTI (Proof Tracking Index), verified by the method of IEC 60112 using solution A, is not less than the lower value specified for the group.

The values specified for the groups are reference values and based on the test voltage of IEC 60112. The test voltage is not in relation to any voltage (system voltage, working voltage, etc.) of a PV module or system.

The test for comparative tracking index (CTI) in accordance with IEC 60112 is designed to compare the performance of various insulating materials under test conditions. It gives a qualitative comparison and in the case of insulating materials having a tendency to form tracks, it also gives a quantitative comparison.

B.3 Clearances

The requirements for evaluation of the minimum clearances are based on the general requirements of IEC 60664-1.

Clearances of basic and supplementary insulation usually are dimensioned corresponding to the rated impulse voltage, in this standard according to overvoltage category III and the electric field, in this standard for inhomogeneous field.

With respect to impulse voltages, clearances of reinforced insulation are dimensioned corresponding to the rated impulse voltage but one step higher in the preferred series of values than that specified for basic insulation. If the impulse withstand voltage required for basic insulation is other than a value taken from the preferred series, reinforced insulation

shall be dimensioned to withstand 160 % of the impulse withstand voltage required for basic insulation.

For equipment provided with double insulation where basic insulation and supplementary insulation cannot be tested separately, the insulation system is considered as reinforced insulation.

Clearances shall be dimensioned according to the relevant column “cl” in Table 3 or 4. The values in these tables are based on values following Table B.2 with consideration of values of Table B.1. Original values are taken from IEC 60664-1.

Table B.2 – Minimum clearances

Required impulse voltage kV (1,2/50µs)	Minimum clearances for inhomogeneous field		
	Pollution degree		
	1	2	3
0,8	0,1	0,2	0,8
1,5	0,5	0,5	0,8
2,5	1,5	1,5	1,5
4,0	3,0	3,0	3,0
6,0	5,5	5,5	5,5
8,0	8,0	8,0	8,0
12,0	14,0	14,0	14,0
16,0 ^a	19,4	19,4	19,4
^a Values for 16,0 kV are evaluated by interpolation.			

If a clearance distance is smaller than a minimum value of Tables 3 or 4 an impulse voltage test shall show that the distance is adequate. The value for the amplitude of the test voltage is shown in IEC 60664-1.

The values in Table B.2 are valid for operation at an altitude up to 2 000 m. If the equipment is rated to operate at an altitude greater than 2 000 m, all clearances shall be multiplied by the applicable factor of Table B.3.

Table B.3 – Multiplication factors for clearances of equipment rated for operation at altitudes up to 7 000 m

Rated operating altitude m	Multiplication factor
Up to 2 000	1,00
2 001 to 3 000	1,14
3 001 to 4 000	1,29
4 001 to 5 000	1,48
5 001 to 6 000	1,70
6 001 to 7 000	1,95

B.4 Creepage distances

B.4.1 General

The requirements for evaluation of the minimum creepage distances are based on the general requirements of IEC 60664-1.

The following influencing factors for creepage distances are taken into account:

- voltage (B.4.2);
- micro-environment (B.2.2.3);
- orientation and location of creepage distance (B.4.3);
- shape of insulating surface (B.4.4);
- insulating materials (B.2.2.4); and
- time under voltage stress (B.4.5).

B.4.2 Voltage

The basis for the determination of a creepage distance is the long-term r.m.s. value of the voltage existing across it. This voltage is the working voltage, the rated insulation voltage or the rated voltage.

B.4.3 Orientation and location of a creepage distance

If necessary, the manufacturer shall indicate the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances not be adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed.

Long-term storage has to be taken into account.

B.4.4 Shape of insulating surface

Shaping of insulating surfaces is effective for dimensioning of creepage distances under pollution degree 3 only. Preferably, the surface of solid insulation should include transverse ribs and grooves that break the continuity of the leakage path caused by pollution. Likewise, ribs and grooves may be used to divert any water away from insulation which is electrically stressed. Joints or grooves joining conductive parts should be avoided since they can collect pollution or retain water.

Long-term storage should be taken into account.

B.4.5 Time under voltage stress

With regard to creepage distances, the time under voltage stress influences the number of occasions when drying out can result in surface scintillations with energy high enough to entail tracking. The number of such occasions is considered to be sufficiently large to cause tracking:

- in equipment intended for continuous use but not generating sufficient heat to keep the surface of the insulation dry;
- in equipment subjected to condensation for extended periods during which it is frequently switched on and off;
- on the input side of a switching device, and between its line and load terminals, that is connected directly to the supply mains.

The creepage distances shown in Table 3 and Table 4 have been extracted from IEC 60664-1:2007, Table F.4 for insulation intended to be under voltage stress during a long period of time.

B.5 Cemented joints

Two separate materials that have been cemented together, e.g. with an insulating adhesive material, can be considered as a solid insulating material if the adhesive is rated for adhesion to the specific material type, rated for temperature of use, and rated for weathering exposure including water and UV depending on the exposure in the end application.

The adhesive material, if applicable, has to be applied between the parts such that no voids can reduce the insulation distances below the minimum required values.

In that case neither creepage distances nor clearance have to be measured, but distance through cemented joint is applicable. All requirements of 5.6.4.2 have to be fulfilled.

For checking compliance relevant tests according to IEC consideration of test conditions for the application of cemented joints

Examples for cemented joints are given in figures of Clause B.9.

B.6 Enclosed parts

“Enclosed parts” in conjunction with this standard can be:

- current carrying parts covered by encapsulation; and
- current carrying parts in junction boxes, covered by potting.

Compliance with relevant requirements according to IEC 61730-2 shall show that parts are enclosed or encapsulated to provide protection against ingress of dust and moisture. It is mandatory that during the manufacturing processes no ingress of dust and/or moisture can impair the insulation properties. Additionally, precautions shall be taken to avoid that voids in the encapsulation or potting will occur, which might reduce the insulation properties below the stated requirements.

The creepage distances have to be measured along the surfaces, considering the material groups for the enclosure material and for the encapsulation/potting material. If the material groups differ, the creepage distance shall comply with the requirements for the material with the lowest CTI value (higher material group designation). If compliance has been demonstrated by testing in accordance to IEC 61730-2, sequence B.1, the minimum required creepage distances may be the reduced values as stated for pollution degree 1.

Typically, encapsulation or potting material has only the function to ensure protection against ingress of dust and moisture. It is not considered as part of the relied upon insulation, but in any case the material shall have adequate insulation properties such that it does not reduce the minimum distances between live parts of different polarity or between live parts and accessible parts.

The material shall have adequate properties for resistance against ignition in case of fire according to MST 24.

B.7 Distance through insulation

B.7.1 Cemented joints

The requirements for cemented joints are listed in 5.6.4.2.

B.7.2 Insulation through thin layers

The requirements for insulation through thin layers are listed in 5.6.4.3.

B.8 Methods of measuring clearances (cl) and creepage distances (cr)

The methods of measuring clearances and creepage distances are indicated in the following examples 1 to 11 (see Figure B.1 in Clause B.9). These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

- where the distance across a groove is equal to or larger than X (see Table B.4), the creepage distance is measured along the contours of the groove (see Example 2);
- any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to X and being placed in the least favourable position (see Example 3);
- clearances and creepage distances measured between parts which can assume different positions in relation to each other are measured in the most favourable position.

In the following examples 1 to 11 in Figure B.1, dimension X has the value given in Table B.4 depending on the pollution degree.

In Figures B.2 through B.4 typical distances inside a PV module are shown. As shown in Figure B.2, the creepage distances and clearances to be used to determine compliance with this standard shall be as indicated by the “assessed” distance not the “real” distance.

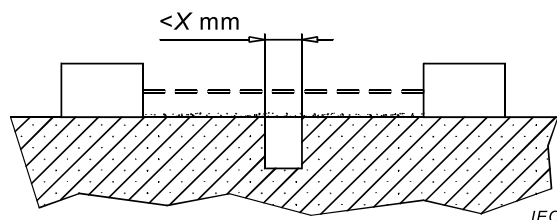
Table B.4 – Dimensions of X

Pollution degree	Dimension X mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5

If the associated clearance is less than 3 mm, the dimension X in Table 3 and Table 4 may be reduced to one-third of this clearance.

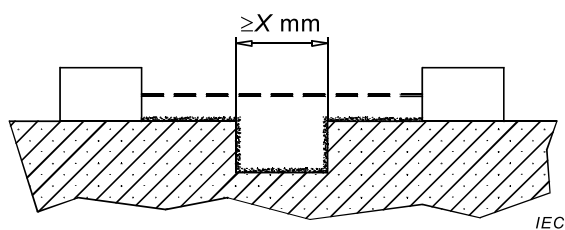
B.9 Figures examples

The following examples show methods to evaluate clearances and creepage distances.



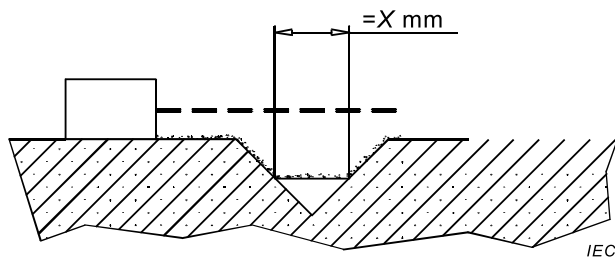
EXAMPLE 1 The path includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than X .

The clearance (shown by dashed line) and the creepage distance (shown by bold line) are measured directly across the groove as shown.



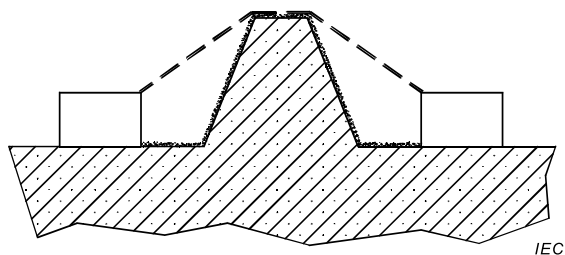
EXAMPLE 2 The path includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than X .

The clearance is the "line-of-sight" distance. The creepage distance follows the contour of the groove.



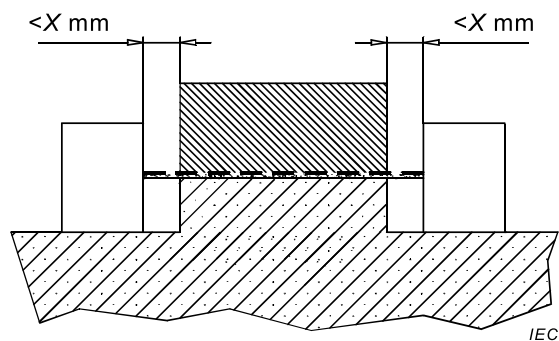
EXAMPLE 3 The path includes a V-shaped groove with a width greater than X .

The clearance is the "line-of-sight" distance. The creepage distance follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by X link.



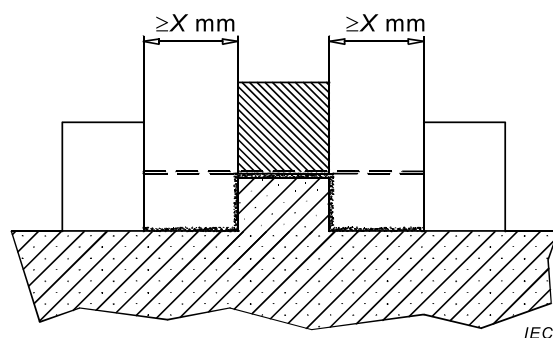
EXAMPLE 4 The path includes a rib.

The clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. The creepage distance follows the contour of the rib.



EXAMPLE 5 The path includes an uncemented joint with grooves less than X wide on each side.

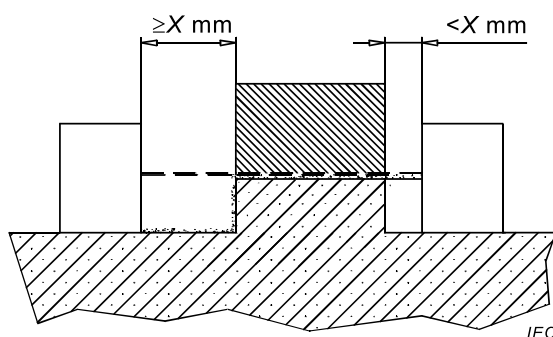
The clearance and the creepage distance path is the "line-of-sight" distance shown.



EXAMPLE 6 The path includes an uncemented joint with grooves equal to, or more than, X

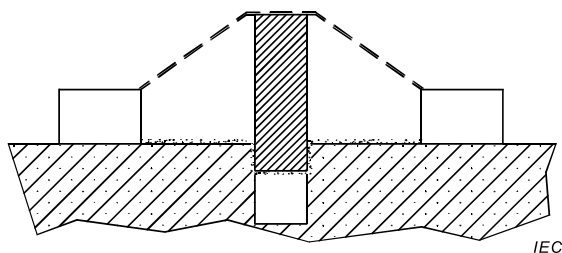
The clearance is the “line-of-sight” distance.

The creepage distance follows the contour of the grooves.



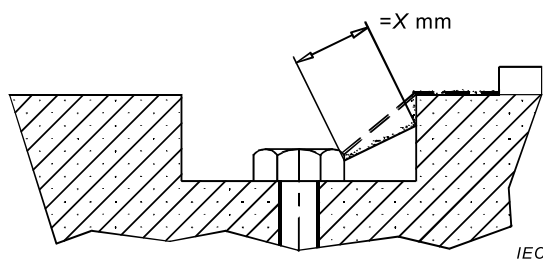
EXAMPLE 7 The path includes an uncemented joint with a groove on one side less than X wide and the groove on the other side equal to, or more than, X wide.

The clearance and the creepage distance are as shown.

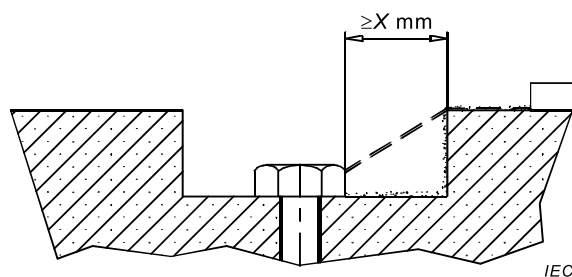


EXAMPLE 8 The creepage distance through the uncemented joint is less than the creepage distance over the insulation barrier.

The clearance is the shortest direct air path over the top of the insulation barrier.

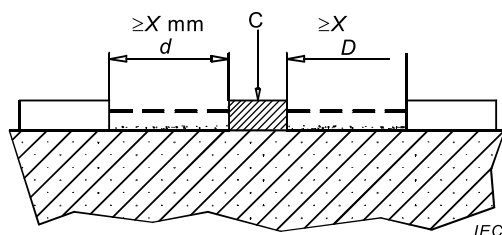


EXAMPLE 9 The gap between the head of the screw and the wall of the recess is too narrow to be taken into account.



EXAMPLE 10 The gap between the head of the screw and the wall of the recess is wide enough to be taken into account.

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



EXAMPLE 11 C : floating part

The clearance is the distance $d + D$. The creepage distance is also $d + D$.

creepage distance

clearance

Figure B.1 – Examples (1 to 11) of methods of measuring clearances and creepage distances

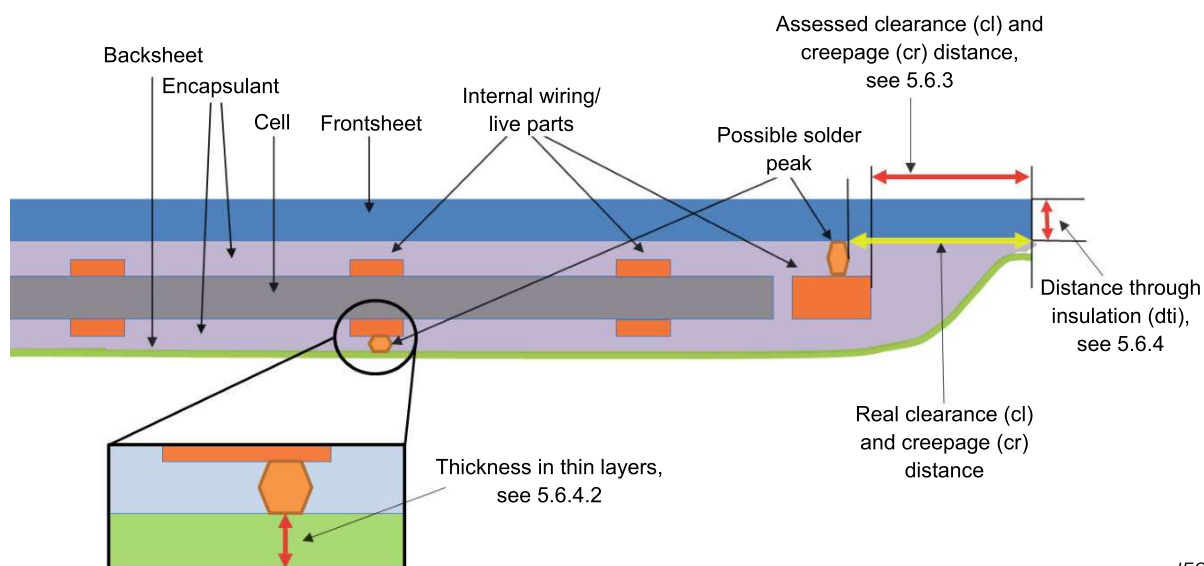


Figure B.2 – Example for insulation coordination at glass/foil PV modules – No cemented joint configuration

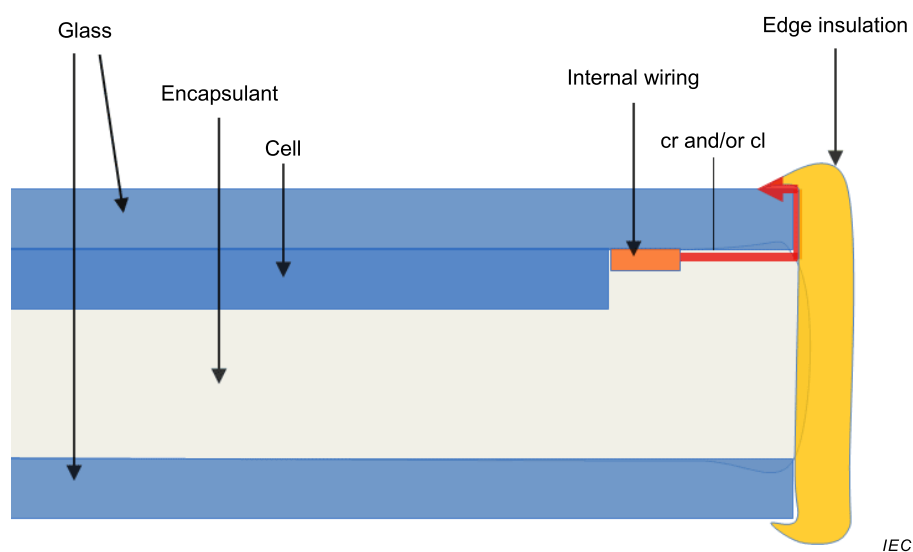


Figure B.3 – Example for creepage distance at glass/glass modules with edge insulation – No cemented joint configuration

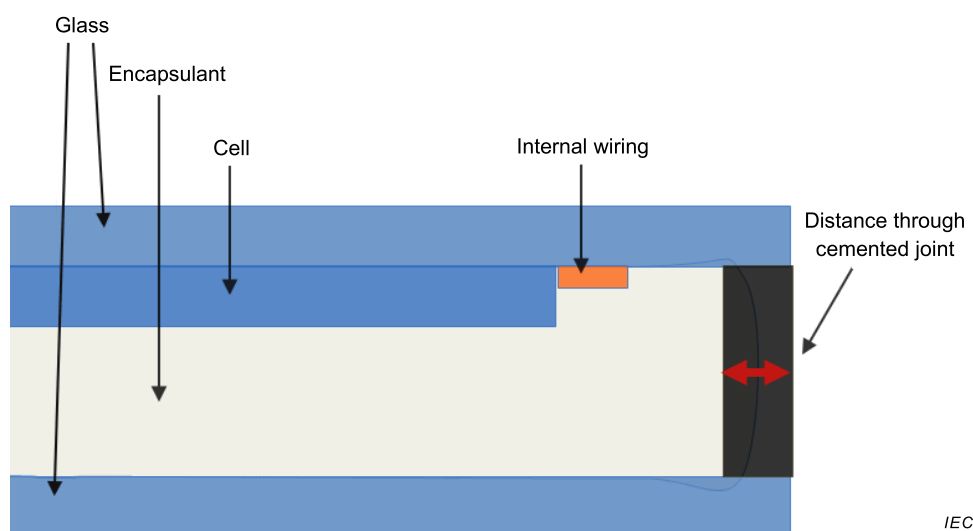


Figure B.4 – Example for a glass/glass module with cemented joints

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	55
1 Domaine d'application.....	57
2 Références normatives	58
3 Termes et définitions	60
3.1 Termes et définitions généraux.....	60
3.2 Composants.....	61
3.3 Installation et application.....	62
3.4 Système d'isolation	63
3.5 Caractéristiques assignées.....	
4 Classification, applications et utilisation prévue	
4.1 Généralités	
4.2 Modules PV de classe 0	67
4.2.1 Généralités	67
4.2.2 Isolation.....	67
4.2.3 Application.....	67
4.3 Modules PV de classe II	67
4.3.1 Généralités	67
4.3.2 Isolation.....	67
4.3.3 Application.....	68
4.4 Modules PV de classe III	68
4.4.1 Généralités	68
4.4.2 Isolation.....	68
4.4.3 Application.....	68
4.5 Utilisation prévue	68
5 Exigences de conception et de construction	69
5.1 Généralités	69
5.2 Marquage et documentation	70
5.2.1 Généralités	70
5.2.2 Marquage	70
5.2.3 Documentation.....	72
5.3 Composants électriques et isolation.....	74
5.3.1 Généralités	74
5.3.2 Câblage interne	74
5.3.3 Câblage et câbles externes	74
5.3.4 Connecteurs	74
5.3.5 Boîtes de jonction pour modules PV	75
5.3.6 Faces avant et faces arrière	75
5.3.7 Barrières par contournement	75
5.3.8 Connexions électriques	75
5.3.9 Encapsulants	76
5.3.10 Diodes de dérivation	76
5.4 Connexions mécaniques et électromécaniques	77
5.4.1 Généralités	77
5.4.2 Connexions à vis.....	77
5.4.3 Rivets	78
5.4.4 Vis autotaraudeuses à découpe.....	78
5.4.5 Emmanchement à forme/à force/serré	78

5.4.6	Connexions par adhésifs	79
5.4.7	Autres connexions	79
5.5	Matériaux.....	79
5.5.1	Généralités	79
5.5.2	Matériaux polymères	79
5.5.3	Matériaux métalliques	82
5.5.4	Adhésifs	83
5.6	Protection contre les chocs électriques	83
5.6.1	Généralités	83
5.6.2	Protection contre l'accessibilité aux parties actives dangereuses	83
5.6.3	Coordination de l'isolement	85
5.6.4	Distance à travers l'isolation (dti).....	
Annexe A (informative) Symbole "Ne pas débrancher sous charge"		
Annexe B (normative) Coordination de l'isolement		95
B.1	Généralités	95
B.2	Facteurs d'influence	95
B.2.1	Généralités	95
B.2.2	Catégorie de surtension (4.3.3.2 de l'IEC 60664-1:2007) et tension assignée de tenue aux chocs	95
B.3	Distances d'isolement	97
B.4	Lignes de fuite	99
B.4.1	Généralités	99
B.4.2	Tension	99
B.4.3	Orientation et position d'une ligne de fuite	99
B.4.4	Forme de la surface isolante	99
B.4.5	Durée d'application de la contrainte de tension	100
B.5	Joints collés	100
B.6	Parties enveloppées	100
B.7	Distance à travers l'isolation	101
B.7.1	Joints collés	101
B.7.2	Isolation en couches minces	101
B.8	Méthodes de mesurage des distances d'isolement (cl) et des lignes de fuite (cr)	101
B.9	Exemples de figures	102
Figure 1 – IEC 60417-5017		72
Figure 2 – IEC 60417-5021		72
Figure 3 – IEC 60417-5018		72
Figure 4 – Exemples pour l'évaluation d'une couche individuelle d'isolation attendue		89
Figure A.1 – Symbole "NE PAS DEBRANCHER SOUS CHARGE"		94
Figure A.2 – Symbole "NE PAS DEBRANCHER SOUS CHARGE" (IEC 60417-6070).....		94
Figure B.1 – Exemples (1 à 11) de méthodes de mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite.....		104
Figure B.2 – Exemple de coordination de l'isolement des modules PV verre/feuille – Configuration sans joint collé		105
Figure B.3 – Exemple de ligne de fuite au niveau des modules verre/ verre avec isolation de bord – Configuration sans joint collé		105
Figure B.4 – Exemple pour un module verre/verre avec joints collés		106

Tableau 1 – Corrélation entre les classes de protection contre les chocs électriques et les anciens termes relatifs aux classes d'applications	67
Tableau 2 – Type d'isolation exigé défini dans l'IEC 61140	85
Tableau 3 – Distances à travers l'isolation, lignes de fuite (cr) et distances d'isolement (cl) pour les modules PV de Classe II.....	90
Tableau 4 – Distances à travers l'isolation, lignes de fuite (cr) et distances d'isolement (cl) pour les modules PV de Classe 0 et III	92
Tableau B.1 – Tension assignée de tenue aux chocs.....	96
Tableau B.2 – Distances d'isolement minimales.....	98
Tableau B.3 – Coefficients multiplicateurs pour les distances d'isolement d'un matériel assigné pour un fonctionnement jusqu'à 7 000 m d'altitude	
Tableau B.4 – Dimensions de X	

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

QUALIFICATION POUR LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –

Partie 1: Exigences pour la construction

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). Leur objet est de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – internationale, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 61730-1 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 61730-1, parue en 2004, et ses amendements 1 (2011) et 2 (2013). Elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) adaptation des normes horizontales et intégration de l'IEC 60664 et de l'IEC 61140;
- b) intégration des concepts de coordination de l'isolement, de catégorie de surtension, de classes, de degré de pollution (PD) et de groupes de matériaux (MG);
- c) intégration du concept de qualification des composants;

- d) Guide 108 de l'IEC, *Lignes directrices pour assurer la cohérence des publications de l'IEC – Application des normes horizontales*;
- e) définition des lignes de fuite (cr), de la distance d'isolement (cl) et de la distance à travers l'isolation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1128/FDIS	82/1146/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/IEC, Partie

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61730, publiées sous le titre général *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

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

QUALIFICATION POUR LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –

Partie 1: Exigences pour la construction

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61730 spécifie et décrit les exigences fondamentales de construction pour les modules photovoltaïques (PV) afin de fournir un fonctionnement électrique et mécanique sûr. Des thèmes spécifiques sont fournis pour évaluer la prévention contre les chocs électriques, les risques de feu et les accidents corporels dus à des contraintes mécaniques et environnementales. La présente partie de l' aux exigences particulières de construction. L'IEC 61730 2 définit les exigences d'essais.

La présente série de Normes internationales établit les exigences de l'IEC en matière de modules photovoltaïques pour application terrestre adaptés à une utilisation longue durée dans les climats généraux d'air libre. La présente Norme est destinée à s'appliquer à tous les matériels à module à plaque plane pour application terrestre (les types de modules au silicium cristallin et les modules en couches minces, par exemple).

Les modules PV couverts par la présente Norme sont limités à une tension en courant continu maximale du système de 1 500 V.

La présente Norme internationale définit les exigences de base pour différentes applications de modules PV, mais elle ne peut être considérée comme couvrant tous les codes nationaux et régionaux. Les exigences spécifiques (pour les applications dans les domaines du bâtiment, de la marine et des véhicules, par exemple) ne sont pas traitées.

La présente Norme internationale ne traite pas des exigences spécifiques concernant les produits qui combinent un module PV à un matériel de conversion de puissance ou à des composants électroniques de surveillance ou de commande (des onduleurs, convertisseurs ou fonctions de désactivation de sortie intégrés, par exemple).

Bien que certaines parties de la présente Norme puissent s'appliquer aux modules à plaque plane avec une faible concentration générée en interne trois fois inférieure, elle n'a pas été rédigée pour aborder spécifiquement ces questions.

La présente Norme internationale est conçue pour être coordonnée avec la séquence d'essai de la série IEC 61215, de manière à pouvoir utiliser un seul ensemble d'échantillons pour évaluer la sûreté et la qualification d'un module photovoltaïque.

La présente Norme internationale a pour objet de définir les exigences de sécurité concernant la construction de modules photovoltaïques. Ces exigences visent à limiter les applications incorrectes et le mauvais emploi des modules PV ou la défaillance de leurs composants qui pourraient être à l'origine d'un incendie, d'un choc électrique ou d'un accident corporel.

En plus des exigences contenues dans la présente norme, il convient de prendre en compte les exigences supplémentaires relatives à la construction indiquées dans les normes ISO appropriées ou les codes nationaux ou locaux qui régissent l'installation et l'utilisation de ces modules dans leurs emplacements destinés.

2 Références normatives

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international*

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

IEC 60216-1, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60216-5, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 5: Détermination de l'indice d'endurance thermique relatif (RTE) d'un matériau isolant*

IEC 60243-1:2013, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60243-2:2013, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 2: Exigences complémentaires pour les essais à tension continue*

IEC 60269-6, *Fusibles basse tension – Partie 6: Exigences supplémentaires concernant les éléments de remplacement utilisés pour la protection des systèmes d'énergie solaire photovoltaïque*

IEC 60364-7-712, *Installations électriques des bâtiments – Partie 7-712: Règles pour les installations et emplacements spéciaux – Alimentations photovoltaïques solaires (PV)*

IEC 60417-DB, *Graphical symbols for use on equipment* (disponible en anglais seulement)

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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

IEC TR 60664-2-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques*

IEC 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

IEC 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flamme d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

IEC 60950-1:2005, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

IEC 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

IEC 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

IEC 61215 (toutes les parties), *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres Qualification de la conception et homologation*

IEC 61558-1:2005, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 61701, *Essai de corrosion au brouillard salin des modules photovoltaïques (PV)*

IEC 61730-2, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic (PV) energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 62548, *Groupes photovoltaïques (PV) – Exigences de conception*

IEC 62716, *Modules photovoltaïques (PV) – Essai de corrosion à l'ammoniac*

IEC 62788-1-2, *Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules photovoltaïques – Partie 1-2: Encapsulants – Mesurage de la résistivité transversale des encapsulants photovoltaïques et autres matériaux polymères*

IEC 62790, *Boîtes de jonction pour modules photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

IEC 62852, *Connecteurs pour applications en courant continu pour systèmes photovoltaïques – Exigences de sécurité et essais*

IEC TS 62915, *Photovoltaic (PV) Modules – Retesting for type approval, design and safety qualification* (disponible en anglais seulement)¹

ISO 1456, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Dépôts électrolytiques de nickel, de nickel plus chrome, de cuivre plus nickel et de cuivre plus nickel plus chrome*

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

ISO 2081, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Dépôts électrolytiques de zinc avec traitements supplémentaires sur fer ou acier*

ISO 2093, *Dépôts électrolytiques d'étain – Spécifications et méthodes d'essai*

EN 50618, *Câbles électriques pour systèmes photovoltaïques*

UL 746B, *Polymeric Material – Long Term Property Evaluations* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC 60050, l'IEC 60664-1, l'IEC 61140 et l'IEC TS 61836 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Certains termes de l'IEC 60050 ont été modifiés pour s'appliquer plus spécifiquement aux modules PV.

3.1 Termes et définitions généraux

3.1.1

mise à la terre pour des raisons fonctionnelles

mise à la terre d'un ou de plusieurs points d'un réseau, d'une installation ou d'un matériel pour des raisons autres que la sécurité électrique

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-01-13]

3.1.2

câblage interne

ensemble des câblages et des interconnexions électriques qui sont réalisés à l'intérieur du matériel, par le constructeur

[SOURCE: IEC 60050-426:2008, 426-11-32]

3.1.3

stratifié

produit fabriqué en réunissant deux ou plusieurs couches du même matériau ou de matériaux différents. Cela inclut tous les composants présents avant la fixation de boîte de jonction, la fixation de cadre ou de rail et la fixation d'étiquette

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-15-52, modifié: deuxième phrase ajoutée]

3.1.4

fabricant

entité juridique qui fabrique un produit ou a conçu ou fabriqué un produit, et le commercialise sous son nom ou sa marque

3.1.5

essai de qualité du module

MQT

essai de qualité du module PV conformément à l'IEC 61215-2

Note 1 à l'article: L'abréviation "MQT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "module quality test".

3.1.6

essai de sûreté du module

MST

essai de sûreté du module PV conformément à l'IEC 61730-2

Note 1 à l'article: L'abréviation "MST" est dérivée du terme anglais développé correspondant "module safety test".

3.1.7**matériau polymère**

matériau naturel ou synthétique essentiellement composé de molécules enchaînées de monomères, de combinaisons de monomères, de polymères combinés, d'agents de réticulation, de filtres inorganiques et d'autres matériaux

3.1.8**outil**

tournevis, pièce de monnaie, clé ou tout autre objet utilisé pour faire fonctionner une vis, un verrou ou autres moyens de fixation analogues

3.1.9**câblage <externe>**

câblage qui n'est pas interne, y compris, mais sans s'y limiter, les c

3.1.10**couche mince**

matériau cohérent d'épaisseur uniforme, qui est petit en largeur et en longueur

3.2 Composants**3.2.1****face arrière**

(combinaison de) couche(s) extérieure(s) du module PV, placées à l'arrière du module PV et assurant la protection de ses composants internes contre les contraintes extérieures et les éléments climatiques, ainsi que l'isolation électrique

3.2.2**connecteur**

composant placé à l'extrémité d'un conducteur, permettant d'établir et de rompre une connexion avec un composant complémentaire approprié

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-06-01]

3.2.3**encapsulant**

couche(s) intermédiaire(s) du module PV, située(s) entre la face arrière et la face avant et qui entoure les parties actives du module PV

3.2.4**enveloppe**

partie d'un ensemble procurant un degré de protection spécifié du matériel contre les influences externes et un degré de protection spécifié contre l'approche des parties actives ou le contact avec elles

[SOURCE: IEC 60050-441:1984, 441-13-01, modifié: suppression de "ou contre le contact avec des pièces en mouvement"]

3.2.5**face avant**

(combinaison de) couche(s) extérieure(s) du module PV, placées à l'avant du module PV et assurant la protection de ses composants internes contre les contraintes extérieures et les éléments climatiques, ainsi que l'isolation électrique

3.2.6**barrière par contournement**

configuration d'un isolant, profilé en creux ou en relief pour augmenter la ligne de fuite entre faces conductrices

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-15]

3.2.7

boîte de jonction

boîtier électrique dans lequel les connexions du câblage électrique sont assurées

3.2.8

compoundage

post-isolation

isolation réalisée après assemblage

opération consistant à rendre étanches des composants et leurs conducteurs associés, réalisée à l'aide d'un compound, pour éviter la pénétration d'agents atmosphériques polluants

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-20]

3.2.9

borne

partie conductrice d'un dispositif, d'un circuit électrique ou d'un réseau électrique, destinée à le connecter à un ou plusieurs conducteurs extérieurs

Note 1 à l'article: Le terme "borne" désigne aussi un point de connexion en théorie des circuits. [IEC 60050-151:2001, 151-12-12]

Note 2 à l'article: Les bornes peuvent comporter un ou plusieurs contacts, ce terme inclut donc les socles, les connecteurs, etc.

3.3 Installation et application

3.3.1

PV fixé à un bâtiment

BAPV

les modules photovoltaïques sont considérés comme pouvant être fixés à un bâtiment s'ils sont montés sur l'enveloppe du bâtiment et ne satisfont pas aux critères de module PV intégré au bâtiment

Note 1 à l'article: L'abréviation "BAPV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "building attached PV".

3.3.2

PV intégré au bâtiment

BIPV

les modules photovoltaïques sont considérés comme étant intégrés au bâtiment s'ils font partie intégrante de celui-ci et fournissent les fonctions supplémentaires définies en 4.5 b)

Note 1 à l'article: L'abréviation "BIPV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "building integrated PV".

3.3.3

installation <fixe>

canalisation permanente (un chemin de câblage ou un conduit, par exemple) qui empêche ou limite le mouvement du fil ou du câble

3.3.4

installation <non fixe>

canalisation non contrainte composée de câbles ou de fils qui peuvent se déplacer librement

3.3.5

zone d'accès non limité

zone dont l'accès général par des personnes non compétentes, non formées ou non averties en matière de sécurité électrique est prévu

Note 1 à l'article: Les installations PV qui ne sont pas protégées contre l'accès public sont des exemples de zones d'accès non limité.

3.3.6

zone d'accès limité

zone identifiée comme interdite d'accès aux personnes non autorisées, conformément à l'IEC 60050-826:2004,826-18-04

Note 1 à l'article: Les installations PV commerciales protégées contre l'accès du public par des clôtures, emplacements, etc., et auxquelles seules les personnes compétentes, formées ou averties en matière de sécurité électrique ont accès, sont des exemples de zones d'accès limité.

3.4 Système d'isolation

3.4.1

partie accessible

partie pouvant être touchée au moyen du doigt d'épreuve normalisé

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-01-15]

3.4.2

joint collé

joint composé de deux matériaux isolants dont il a été démontré que l'interface est collée, et qui est donc considéré comme une isolation solide, sans interface donnant lieu à une ligne de fuite

3.4.3

indice de résistance au cheminement

IRC

valeur d'indice numérique de la tension maximale à laquelle un matériau peut résister sans cheminement permanent du carbone conducteur lorsque l'évaluation a lieu dans les conditions d'essai définies dans l'IEC 60112

Note 1 à l'article: La tension d'essai maximale indiquée n'est pas liée à la tension d'un système ou à la tension opérationnelle, mais elle est utilisée pour l'évaluation des groupes de matériaux.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-59, modifié: le fait que l'IRC est une valeur d'indice destinée à évaluer les groupes de matériaux a été clarifié]

3.4.4

distance d'isolement

plus petite distance dans l'air entre deux parties conductrices ou entre une partie conductrice et une surface accessible (abréviation utilisée dans la présente Norme: "cl")

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-27-76, modifié: ajout d'informations à partir de "ou" et indication de l'abréviation]

3.4.5

ligne de fuite

distance la plus courte, le long de la surface du matériau isolant solide, entre deux parties actives conductrices ou entre une partie conductrice et une surface accessible. (abréviation utilisée dans la présente Norme: "cr")

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-23, modifié: ajout d'informations à partir de "ou" et indication de l'abréviation]

3.4.6

isolant <électrique>

partie d'un produit électrotechnique qui sépare les pièces conductrices portées à des potentiels différents au cours du fonctionnement ou isole ces pièces de l'environnement

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-07]

3.4.7

partie active

conducteur ou partie conductrice destiné à être sous tension en service normal

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-19, modifié: seconde partie de la définition supprimée, car non applicable au courant continu]

3.4.8 Concepts d'isolation

3.4.8.1

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale contre les chocs électriques

Note 1 à l'article: Cette notion n'est pas applicable à l'isolation exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-14, modifié: ajout: "contre les chocs électriques"]

3.4.8.2

double isolation

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

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-16]

3.4.8.3

isolation fonctionnelle

isolation nécessaire au bon fonctionnement du matériel

Note 1 à l'article: Par définition, l'isolation fonctionnelle ne protège pas contre les chocs électriques. Toutefois, elle peut réduire la probabilité d'inflammation et d'incendie.

[SOURCE: IEC 60050-195:1998, 195-02-41]

3.4.8.4

isolation renforcée

isolation des parties actives dangereuses assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalant à celui d'une double isolation

Note 1 à l'article: L'isolation renforcée peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être essayées séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-17]

3.4.8.5

isolation supplémentaire

isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en tant que protection en cas de défaut, par exemple pour réduire le risque de choc électrique en cas de défaillance de l'isolation principale

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-12-15, modifié: ajout d'un exemple]

3.4.8.6

isolation solide

matériau isolant entièrement constitué d'un solide

Note 1 à l'article: Matériau d'isolation solide placé entre deux parties conductrices ou entre des parties conductrices et des parties ou surfaces accessibles extérieures sans interface et, par conséquent, sans chemin de ligne de fuite.

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-11-02]

3.4.9

groupe de matériaux

catégorie de matériaux d'isolation selon l'IEC 60664-1

3.4.10

isolation attendue

système d'isolation assurant la seule protection contre les chocs électriques dans l'application finale

Note 1 à l'article: Une face arrière ou une face avant polymère peut être composée de l'isolation attendue à laquelle s'ajoutent des couches supplémentaires qui, par exemple, protègent les matériaux polymères des UV.

3.5 Caractéristiques assignées

3.5.1

caractéristiques assignées

ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-016-11]

3.5.2

degré de pollution

caractéristique de classification numérique de la pollution attendue du micro-environnement

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-07]

3.5.3

courant assigné du dispositif de protection contre les surintensités

caractéristiques assignées du courant du fusible ou du disjoncteur conformément à l'IEC 60269-6

3.5.4

valeur assignée

valeur d'une grandeur, utilisée à des fins de spécification, correspondant à un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement d'un composant, dispositif, matériel ou système

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-08]

3.5.5 Températures

3.5.5.1

température ambiante

température moyenne de l'air ou du milieu au voisinage du matériel

Note 1 à l'article: Pendant la mesure de la température ambiante, il convient que l'instrument/la sonde de mesure soit protégé des courants d'air et de la chaleur rayonnée.

[SOURCE: IEC 60050-826:2004, 826-10-03]

3.5.5.2

température de l'environnement

température de l'air, exprimée en degrés Celsius, à l'emplacement géographique de l'installation, mesurée et documentée par les services météorologiques pour ledit emplacement géographique

3.5.5.3

indice relatif de température

IRT

indice de température d'un matériau ou système isolant, obtenu à partir du temps correspondant à l'indice connu de température d'un matériau ou système de référence, lorsque les deux sont soumis aux mêmes modes de vieillissement et de diagnostic, dans un essai comparatif

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-12]

3.5.5.4

indice d'endurance thermique relatif

RTE

valeur numérique de la température exprimée en degrés Celsius, pour laquelle la durée estimée jusqu'en fin de vie du matériau isolant est la même que la durée estimée jusqu'en fin de vie du matériau de contrôle obtenue pour une température égale à son endurance thermique évaluée

Note 1 à l'article: L'abréviation "RTE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "relative thermal endurance".

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-14]

3.5.5.5

indice de température

IT

valeur numérique de la température en degrés Celsius caractérisant la capacité thermique d'un matériau isolant ou d'un système d'isolation

[SOURCE: IEC 60050-212:2010, 212-12-11]

3.5.6 Tensions

3.5.6.1

tension assignée du système

tension maximale dans les conditions de fonctionnement entre une partie active et les surfaces accessibles ou le sol, et à laquelle l'isolation du module PV est conçue comme indiqué par le fabricant

3.5.6.2

tension de service

valeur la plus élevée de la tension en courant continu à travers un isolant particulier, pouvant se produire lorsque le matériel fonctionne à la tension assignée

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-21-19, modifiée: définition limitée au courant continu, et "est alimenté" remplacé par "fonctionne"]

4 Classification, applications et utilisation prévue

4.1 Généralités

La protection contre les chocs électriques sera obtenue en combinant les mesures de construction du matériel et des dispositifs au type d'installation.

Les modules PV doivent être classés conformément à l'IEC 61140. L'utilisation des protections dans les différentes classes de modules PV est décrite de 4.2 à 4.4. Les modules PV de classe I ne sont pas couverts par la présente Norme.

Les modules PV doivent être marqués conformément à 5.2.2.

La corrélation entre les classes de protection contre les chocs électriques et les anciens termes relatifs aux classes d'applications selon l'IEC 61730-1:2004 est présentée au Tableau 1.

Tableau 1 – Corrélation entre les classes de protection contre les chocs électriques et les anciens termes relatifs aux classes d'applications

Classe (IEC 61140)	Classe d'application (IEC 61730-1:2004)	Description
0	B	Application dans une zone d'accès limité
I	Mesures spéciales de l'installation exigées	Mesures spéciales de l'installation exigées de la tension (TBT)
II	A	
III	C	

4.2 Modules PV de classe 0

4.2.1 Généralités

Les modules PV de classe 0 sont dotés de sorties électriques individuelles et/ou au niveau du système présentant des niveaux dangereux de tension, de courant et de puissance.

4.2.2 Isolation

Ces modules PV sont dotés d'une isolation principale assurant uniquement la protection principale et pas la protection en cas de défaut. Tous les composants conducteurs qui ne sont pas séparés des parties actives dangereuses par au moins une isolation principale doivent être traités comme s'il s'agissait de parties actives dangereuses.

4.2.3 Application

Les modules PV de classe 0 sont destinés à être utilisés dans des zones d'accès limité protégées par des clôtures ou d'autres mesures empêchant l'accès du public. Seules les personnes avisées des dangers inhérents liés à l'utilisation et aux modes de défaillance de ces modules PV doivent y accéder. Les parties conductrices accessibles d'un module PV de classe 0 sont destinées à être mises à la terre ou considérées comme présentant un danger potentiel.

NOTE Dans l'IEC 61140, l'utilisation d'un matériel de classe 0 n'est pas recommandée. La question de l'utilisation des classes dans l'IEC 61140 est actuellement en révision.

4.3 Modules PV de classe II

4.3.1 Généralités

Les modules PV de classe II peuvent être dotés de sorties électriques individuelles et/ou au niveau du système présentant des niveaux dangereux de tension, de courant et de puissance.

4.3.2 Isolation

Ces modules PV sont dotés

- d'une isolation principale comme protection principale, et
- d'une isolation supplémentaire comme protection en cas de défaut,

ou

- d'une isolation renforcée comme protection principale et supplémentaire.

Les parties conductrices accessibles et les surfaces accessibles du matériau d'isolation doivent être

- séparées des parties actives dangereuses par une double isolation ou une isolation renforcée,

ou

- conçues selon des mesures de construction assurant une protection comparable.

Toutes les parties conductrices séparées des parties actives dangereuses uniquement par une isolation principale ou par des moyens de construction assurant une protection comparable doivent être séparées des surfaces accessibles par une isolation supplémentaire. Toutes les parties actives qui ne sont pas séparées des par moins une isolation principale doivent être considérées comme des parties actives dangereuses.

4.3.3 Application

Ces modules PV sont destinés à des installations auxquelles l'accès du public et le contact aux parties actives isolées sont prévus.

4.4 Modules PV de classe III

4.4.1 Généralités

Les modules PV de classe III ne doivent pas présenter de caractéristiques électriques supérieures à 240 W où la tension en circuit ouvert ne dépasse pas 35 V en courant continu et le courant de court-circuit ne dépasse pas 8 A lorsque les essais ont lieu dans les conditions normales d'essais.

4.4.2 Isolation

Etant donnée la capacité de sortie électrique limitée inhérente aux modules PV de classe III, leur utilisation, mauvais emploi ou défaillance est peu susceptible de donner lieu à un risque de choc électrique ou d'incendie. Etant données ces limitations de sortie électrique, la construction ou l'isolation ne font l'objet d'aucune exigence au-delà de l'isolation fonctionnelle, mais, pour plusieurs applications, des exigences de construction ou d'isolation peuvent être nécessaires.

4.4.3 Application

Ces modules PV sont destinés à des installations auxquelles l'accès du public et le contact aux parties actives non isolées sont prévus (les dispositifs électroniques de grande consommation, par exemple). Les modules PV de classe III ne doivent pas être combinés à des chaînes en série fonctionnant à plus de 35 V V_{oc} et ne doivent pas présenter de caractéristiques assignées de tension de réseau supérieures à 35 V. Ces modules PV ne sont pas destinés à être utilisés en parallèle avec d'autres modules PV ou sources de puissance, sauf si la combinaison assure la protection contre le courant inverse et la protection contre les surtensions.

4.5 Utilisation prévue

Les modules PV peuvent être installés dans de nombreuses applications et configurations de réseau différentes. Les fabricants doivent évaluer l'utilisation prévue de leurs modules PV.

Pour les applications particulières (les exemples présentés ci-dessous, par exemple), des exigences supplémentaires peuvent s'appliquer:

a) PV fixé à un bâtiment (BAPV);

b) PV intégré au bâtiment (BIPV);

Les fonctions du bâtiment dans le contexte des BIPV sont l'une ou plusieurs de celles indiquées ci-dessous:

- rigidité mécanique et intégrité structurelle;
- protection contre les principaux impacts climatiques: pluie, neige, vent, grêle;
- économie d'énergie (ombrage, éclairage naturel, isolation thermique, par exemple);
- protection contre les incendies;
- protection contre le bruit.

Ainsi, le module BIPV est une condition préalable à l'intégrité de la fonctionnalité du bâtiment. Si le module PV intégré est démonté (dans le cas des modules structurellement liés, le démontage inclut le composant de bâtiment adjacent), le module PV devrait être remplacé par un composant de bâtiment approprié.

Les seules propriétés électrotechniques inhérentes au module PV (la fonction d'antenne, la production d'énergie et le blindage électromagnétique, par exemple) ne le qualifient pas comme étant intégré au bâtiment.

- c) applications dans les domaines où la charge de neige et/ou de vent dépasse les charges soumises à essai dans l'IEC 61730-2 sont prévues;
- d) applications à la température de l'environnement les limites indiquées en 5.1;
- e) applications marines (IEC 61701, par exemple);
- f) applications pour véhicules;
- g) applications agricoles (IEC 62716, par exemple);
- h) applications en atmosphères explosives ou corrosives;
- i) modules à faible concentration;
- j) composants électroniques appliqués aux modules.

5 Exigences de conception et de construction

5.1 Généralités

Le cas échéant, les matériaux et composants doivent satisfaire aux exigences de sécurité spécifiées dans les Normes IEC correspondantes.

La conformité aux Normes IEC pour les matériaux et composants concernés n'assure pas nécessairement la conformité aux exigences de la présente Norme.

Tous les modules PV doivent être adaptés au fonctionnement dans des lieux en extérieur, exposés aux intempéries et aux rayonnements solaires directs et indirects (albédo), dans une plage de températures d'environnement comprise entre -40 °C et $+40\text{ °C}$ et jusqu'à 100 % d'humidité relative, ainsi qu'à la pluie. Les modules PV doivent être conçus pour résister aux contraintes électriques, mécaniques, thermiques et environnementales (température, charge mécanique, humidité, UV/climat, pollution, etc.) liées à leur utilisation prévue et ne présenter aucun danger pour l'utilisateur ou l'environnement. La conformité est vérifiée par évaluation des matériaux, des composants et de la construction du module PV, ainsi que par les essais spécifiés dans l'IEC 61730-2.

NOTE 1 La température de l'environnement est en général mesurée à 1 m au-dessus du sol. Les modules PV déployés plus proches du sol peuvent être confrontés à des températures ambiantes plus élevées que la température de l'environnement indiquée.

Un module PV peut être livré de l'usine complètement monté ou être fourni en pièces détachées. Les assemblages fournis du produit ne doivent impliquer aucune action susceptible de compromettre la conformité aux exigences de la série IEC 61730.

L'intégration d'un module PV dans l'assemblage final ne doit nécessiter aucune modification du module PV par rapport à sa forme évaluée à l'origine.

La conformité de toutes les méthodes de montage et de câblage de module PV spécifiées dans les instructions d'installation à l'ensemble des exigences de la série IEC 61730 doit être évaluée. Il s'agit, mais sans s'y limiter, des méthodes de câblage, de la connexion physique et/ou la fixation entre les modules PV et les structures de support, ainsi que des combinaisons de raccordements et de système de montage dont le câblage est intégré au cadre. La conformité à la série IEC 61730 détermine l'impact des méthodes de montage et de câblage sur la sûreté des modules PV, mais pas la sûreté ni la pertinence de l'utilisation prévue des méthodes de montage et de câblage, voir l'IEC 61215. Celles-ci peuvent être soumises à des exigences supplémentaires ou aux exigences de codes locaux.

L'IEC 60364-7-712 et l'IEC 62548 donnent les lignes directrices en matière d'interconnexion entre les modules PV et les réseaux.

La construction d'un module PV doit être telle que la continuité de liaison équipotentielle, le cas échéant, n'est pas interrompue par l'installation.

Une partie structurelle ajustable ou mobile doit être équipée d'un dispositif de verrouillage afin de réduire la probabilité de mouvement involontaire, si un mouvement de ce type peut entraîner un risque d'incendie, de choc électrique ou de blessures corporelles.

NOTE 2 Les propriétés physiques ou les constructions provoquant une interférence ou empêchant le mouvement ou la rotation accidentelle du composant satisfont à cette exigence.

Les modules PV ne doivent présenter aucune bavure, aucun angle vif ni aucune extrémité pointue qui pourrait blesser les utilisateurs ou agents de service. Les angles et les points dont un examen a révélé qu'ils étaient vifs doivent satisfaire à l'essai des angles vifs (MST 06).

Les pièces doivent être protégées du desserrage ou de la rotation, si un tel desserrage ou une telle rotation peuvent entraîner un risque d'incendie, de choc électrique ou de blessures corporelles. La conformité des composants est vérifiée par des essais spécifiques décrits dans les normes correspondantes ou un essai des raccords vissés (MST 33).

5.2 Marquage et documentation

5.2.1 Généralités

Les instructions relatives à la sûreté doivent être rédigées dans une langue officielle du pays dans lequel le matériel doit être installé.

5.2.2 Marquage

5.2.2.1 Généralités

Chaque module PV doit comprendre les marquages suivants, clairs et indélébiles:

- a) nom, raison sociale ou marque déposée du fabricant;
- b) désignation du type ou du numéro de modèle;
- c) numéro de série;
- d) date et lieu de fabrication, ou numéro de série assurant la traçabilité de la date et du lieu de fabrication;
- e) polarité des bornes ou des connexions;
- f) "tension maximale du système" ou " V_{sys} ";
- g) classe de protection contre les chocs électriques, conformément à l'Article 4 de la présente norme;
- h) "tension en circuit ouvert" ou " V_{oc} ", y compris les tolérances de fabrication;

- i) "courant de court-circuit" ou " I_{sc} ", y compris les tolérances de fabrication;
- j) "puissance maximale du module PV" ou " P_{max} ", y compris les tolérances; et
- k) "caractéristique maximale de protection contre les surintensités", dont la conformité est vérifiée à l'aide de l'essai de surcharge de courant inverse (MST 26).

Toutes les données électriques doivent être présentées en fonction des conditions normales d'essais (1 000 W/m², (25 ± 2) °C, AM 1,5 conformément à l'IEC 60904-3).

Les symboles internationaux doivent être utilisés lorsqu'ils sont applicables.

La conformité doit être vérifiée par examen visuel (MST 01) et par l'essai de durabilité des marquages (MST 05).

Les connecteurs ou modules PV doivent être marqués, conformément à l' symbole "Ne pas débrancher sous charge" donné à l' garde doit être imprimé(e) ou placé(e) à proximité du connecteur. Les connecteurs PV doivent être clairement marqués pour indiquer la polarité de la borne.

Pour les modules PV de Classe II et de Classe 0, le symbole  (IEC 60417-6042, Attention, risque de choc électrique) doit être appliqué à proximité des moyens de connexion électrique du module PV.

Les modules PV doivent être marqués pour indiquer les classes comme suit:

Classification du module PV	Marquage	Symbole
Classe II	Marquage conforme à l'IEC 60417-5172: Matériel de Classe II	
Classe 0	Pas de marquage	Pas de symbole
Classe III	Marquage conforme à l'IEC 60417-5180: Matériel de Classe III	

Les modules PV dotés d'une connexion de terre fonctionnelle doivent être accompagnés d'un symbole conforme à 5.2.2.2.2, Figure 3.

Les modules PV équipés de bornes pour câblage externe prévues uniquement pour être utilisées avec un câble en cuivre doivent être marqués, sur les bornes ou à proximité de celles-là, de l'instruction "Utiliser un fil en cuivre uniquement", "Cu uniquement" ou expression équivalente.

Les modules PV équipés de bornes pour câblage externe prévues uniquement pour être utilisées avec différents matériaux de câblage spécifiques doivent être marqués avec une instruction similaire relative au matériau assigné

Les modules PV équipés de bornes pour câblage externe prévues pour être utilisées avec tout type de matériau de câblage peuvent ne pas être marqués.

5.2.2.2 Symboles

5.2.2.2.1 Liaisons équipotentiell

Une borne de câblage ou un emplacement de continuité de masse d'un module PV prévu pour s'adapter à un conducteur d'équipotentialité installé sur site pour la liaison équipotentielle doit être identifié(e) à l'aide du symbole approprié (IEC 60417-5021 (DB:2002-10) (Figure 2)). Sinon, l'IEC 60417-5017 (Figure 1) peut être utilisé. Aucune autre borne et aucun autre emplacement ne doivent être identifiés de cette façon.



Figure 1 – IEC 60417-5017

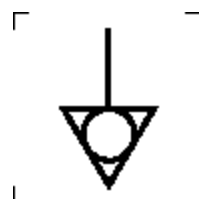


Figure 2 – IEC 60417-5021

5.2.2.2.2 Mise à la terre pour des raisons fonctionnelles

Une borne de câblage ou un emplacement de continuité de masse d'un module PV prévu pour s'adapter à un conducteur de mise à la terre pour des raisons fonctionnelles installé doit être identifié(e) avec le symbole approprié (IEC 60417



Figure 3 – IEC 60417-5018

5.2.3 Documentation

Les modules PV doivent être accompagnés d'une documentation décrivant les méthodes d'installation électrique et mécanique, ainsi que les caractéristiques électriques du module PV. La documentation doit spécifier la classe dans laquelle le module PV a été qualifié et toutes les limitations spécifiques exigées pour cette classe. La documentation doit indiquer les conditions d'environnement pour lesquelles le module a été qualifié, qui incluent par défaut une plage de température comprise entre -40 °C et $+40\text{ °C}$, et un facteur de sécurité tenant compte de la charge de neige et/ou de vent. Il doit être vérifié que les installateurs et les opérateurs disposent de la documentation appropriée garantissant la sécurité d'installation, d'utilisation et d'entretien.

Pour les modules PV identiques, il est considéré comme suffisant de fournir un ensemble de documentation avec l'unité de livraison de module PV.

Les conditions environnementales pour lesquelles un module PV a été qualifié peuvent inclure celles de l'IEC 61701 ou de l'IEC 62716.

La documentation doit contenir les informations suivantes:

- toutes les informations exigées par 5.2.2.1, à l'exception de c), d) et e);
- les configurations de module PV série/parallèle maximales recommandées;
- les caractéristiques assignées de protection contre les surintensités déterminées dans le MST 26. Des indications permettant de déterminer les caractéristiques assignées de courant peuvent être données dans l'IEC 60269-6;
- la tolérance établie par le fabricant en matière de V_{oc} , I_{sc} et de puissance de sortie maximale P_{max} dans les conditions normales d'essais;
- le coefficient de température pour la tension en circuit ouvert;
- le coefficient de température pour la puissance maximale; et
- le coefficient de température pour le courant de court-circuit.

Toutes les données électriques doivent être présentées en fonction des conditions normales d'essais ($1\,000\text{ W/m}^2$, $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, AM 1,5 conformément à l'IEC 60904-3).

Les symboles internationaux doivent être utilisés lorsqu'ils sont applicables.

La documentation électrique doit inclure une description détaillée de la méthode de câblage de l'installation électrique à utiliser. Cette description doit inclure:

- les diamètres de câble minimaux pour les modules PV destinés au câblage;
- toutes les limitations relatives aux méthodes de câblage et à la gestion des câbles qui s'appliquent à la boîte de jonction du module PV;
- les caractéristiques de dimension, de type, de matériau et de température des conducteurs à utiliser;
- le type de bornes pour câblage;
- le modèle/les types et le fabricant de connecteur PV spécifiques auxquels le module PV peut être accouplé;
- la/les méthode(s) de liaison équipotentielle à utiliser (le cas échéant) doi(ven)t être spécifiée(s). Tout le matériel fourni ou spécifié doit être identifié dans la documentation;
- le type et les caractéristiques assignées de la diode de dérivation à utiliser (le cas échéant);
- les limitations relatives à la situation de montage (pente, moyens de montage, refroidissement, par exemple);
- une déclaration indiquant les caractéristiques de feu et la norme appliquée, ou une déclaration indiquant que la résistance aux sources d'incendie extérieures n'a pas été évaluée, ainsi que les limitations relatives à ces caractéristiques (pente de l'installation, sous-structure ou autres informations d'installation applicables, par exemple);
- une déclaration indiquant les moyens mécaniques minimaux de fixation des modules PV (évalués lors de l'essai de charge mécanique (MST 34)); et
- une déclaration indiquant l'altitude maximale pour laquelle le module PV est conçu. Des réductions peuvent être appliquées.

La documentation pour le montage sur le toit doit inclure:

- une déclaration indiquant les moyens mécaniques minimaux de fixation des modules PV au toit (évalués lors de l'essai de charge mécanique selon (MST 34));
- les détails du paramètre spécifique lorsque la caractéristique de feu dépend d'une structure de montage particulière, d'un espacement particulier ou de moyens spécifiques de fixation au toit ou à la structure.

La documentation doit inclure une déclaration indiquant que la lumière extérieure ou la lumière du soleil concentrée artificiellement ne doit pas être dirigée sur la face avant ou arrière du module PV (s'il n'est pas qualifié pour cela).

Les instructions d'assemblage doivent être fournies avec un produit expédié en pièces détachées, et doivent être détaillées et adaptées au degré exigé afin de faciliter l'assemblage complet et en toute sécurité du produit selon les spécifications définies dans la série IEC 61730.

Pour faciliter un dimensionnement correct du système, le fabricant doit inclure dans les instructions d'installation les paramètres pertinents nécessaires pour configurer le système sans se baser seulement sur les valeurs en conditions normales d'essais données dans la documentation. Par exemple, un facteur de sécurité de 1,25 est recommandé pour V_{oc} et I_{sc} , dans la mesure où l'éclairement est souvent supérieur à $1\,000\text{ W/m}^2$ et où une température inférieure à 25°C peut augmenter V_{oc} .

Les déclarations suivantes ou des déclarations équivalentes doivent être incluses:

"Dans des conditions normales, un module photovoltaïque est susceptible de connaître des conditions qui produisent un courant et/ou une tension plus élevés que ceux signalés dans des conditions normales d'essais. En conséquence, il convient de multiplier les valeurs de I_{sc} et V_{oc} marquées sur ce module PV par un facteur de 1,25 en déterminant les caractéristiques de tension du composant, les caractéristiques de courant du conducteur et la dimension des commandes (l'onduleur, par exemple) connectées à la sortie PV."

Le facteur de sécurité de 1,25 pour les caractéristiques de tension minimales des composants peut être modifié au cours de la conception d'un système, en fonction de la température minimale à l'emplacement de l'installation et du coefficient de température pour V_{oc} . I_{sc} peut être corrigé à partir de la température maximale, de l'éclairement et de l'orientation du module. A cette fin, une simulation complète de l'environnement spécifique à l'aide de données météorologiques sur le long terme est exigée.

5.3 Composants électriques et isolation

5.3.1 Généralités

Les modules PV peuvent être constitués des composants électriques et de l'isolation suivants:

- le câblage interne, par exemple les cellules solaires et les interconnexions de cellules (voir 5.3.2);
- le câblage externe et les câbles de sortie (voir 5.3.3);
- les connecteurs (voir 5.3.4);
- les boîtes de jonction pour modules PV (voir 5.3.5);
- la face avant et la face arrière (voir 5.3.6);
- les barrières par contournement (voir 5.3.7);
- les connexions électriques (voir 5.3.8);
- l'encapsulant (voir 5.3.9);
- les diodes de dérivation (voir 5.3.10).

5.3.2 Câblage interne

Le courant maximal admissible du câblage interne doit être suffisant pour l'application concernée. Selon le degré de pollution à l'emplacement du câblage interne, des précautions contre la corrosion doivent être prises. Des exemples de protection contre la corrosion sont donnés en 5.5.3.1. Si l'isolation du câblage interne s'avère nécessaire, elle doit satisfaire aux exigences pertinentes pour l'application concernée conformément à 5.5.2.3.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de surcharge de courant inverse (MST 26).

5.3.3 Câblage et câbles externes

Le câblage et les câbles externes doivent satisfaire aux exigences de l'EN 50618.

NOTE Une norme IEC (IEC 62930) est en cours de développement. L'IEC 62930 remplacera l'EN 50618.

5.3.4 Connecteurs

Les connecteurs externes en courant continu doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62852. Les connecteurs doivent être marqués conformément à 5.2.2.

5.3.5 Boîtes de jonction pour modules PV

Les boîtes de jonction pour modules PV doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62790.

5.3.6 Faces avant et faces arrière

Les faces avant et arrière sont en général composées de matériaux stratifiés (films, adhésifs ou revêtements, par exemple), dont au moins une couche assure l'isolation électrique principale, les autres couches pouvant assurer une protection étendue de l'isolation attendue contre les facteurs environnementaux.

Les couches des faces avant et arrière sur lesquelles repose l'isolation doivent résister à toutes les contraintes mécaniques, électriques, thermiques et environnementales pertinentes, la conformité étant démontrée au niveau du matériau ou du composant. Les couches qui peuvent représenter une partie d'un chemin conducteur (ligne de fuite) doivent être classées dans un groupe de matériaux (voir 5.6.3.3). En général, les faces avant et arrière en matériaux polymères doivent satisfaire aux exigences de par les essais de l'IEC 61730-2.

NOTE Une norme de caractérisation pour la face avant et la face arrière (IEC 62788-2) est en cours de développement.

Si ces feuilles font office d'isolation attendue, elles doivent au moins satisfaire aux exigences de 5.6.4.3 relatives à l'isolation en couches minces.

De plus, les faces avant et arrière polymères utilisées faisant office d'isolation attendue doivent satisfaire aux exigences de 5.5.2.3. Les valeurs d'IT ou de RTE (IRT) conformes à 5.5.2.3.3 doivent être évaluées en tenant compte des exigences particulières en matière de feuilles multicouches flexibles données dans l'IEC 60216-2.

Les valeurs d'IRT pertinentes évaluées conformément à l'UL 746B sont acceptées comme étant une alternative au RTE.

L'adhérence de la face avant ou la face arrière (à l'encapsulant ou au verre, par exemple) doit être appropriée. La conformité est vérifiée par la séquence d'essai de l'IEC 61730-2.

5.3.7 Barrières par contournement

Une barrière par contournement doit résister à toutes les contraintes mécaniques, électriques, thermiques et environnementales pertinentes. En règle générale, une barrière par contournement en matériau polymère doit satisfaire aux exigences pertinentes de 5.5.2. Elle doit être maintenue en place et ne doit pas être affectée défavorablement au point que ses propriétés électriques et mécaniques exigées descendent en dessous des valeurs minimales acceptables pour l'application. La barrière par contournement ne doit pouvoir être retirée qu'à l'aide d'un outil. La conformité est vérifiée par la séquence d'essai de l'IEC 61730-2.

5.3.8 Connexions électriques

5.3.8.1 Généralités

Les connexions électriques doivent être conçues de telle façon que la pression de contact ne soit pas transmise par un matériau isolant autre que la céramique, le mica pur ou d'autres matériaux présentant des caractéristiques adaptées, sauf si les parties métalliques présentent une résilience suffisante pour compenser le rétrécissement ou l'élasticité du matériau isolant.

Des précautions doivent être prises pour éviter que les connexions ne se desserrent (en utilisant une rondelle, par exemple).

La conformité est vérifiée par examen visuel (MST 01), par l'essai de continuité de la liaison équipotentielle (MST 13) et par l'essai des raccords vissés (MST 33), si applicable.

L'extrémité d'une âme câblée ne doit pas être consolidée par brasage tendre dans les endroits où le conducteur est soumis à une pression de contact, sauf si le mode de serrage permet de réduire la probabilité de faux contact ou si la partie soudée est maintenue à l'extérieur de la zone de contact de la connexion.

Des précautions doivent être prises pour que, en fonctionnement, les organes de serrage ou autres terminaisons ne fassent l'objet d'aucune contrainte thermique et mécanique susceptible de compromettre la conductivité électrique.

5.3.8.2 Bornes pour câbles externes et rubans de connecteur PV

Les bornes pour connexions électriques doivent être adaptées au type et à la plage de sections de conducteur en accord avec la spécification du fabricant. Elles doivent satisfaire aux exigences de l'IEC 62790.

Les bornes isolées doivent être conçues de manière à éviter un éventuel déplacement pouvant donner lieu à une réduction des distances d'isolement et des lignes de fuite.

5.3.8.3 Raccords et connexions à l'intérieur d'un module PV

Les raccords et connexions à l'intérieur d'un module PV autres que ceux destinés aux bornes des câbles externes et aux rubans de connecteur PV doivent être mécaniquement fixés et doivent assurer la continuité électrique. Les connexions électriques doivent être brasées, soudées, collées de manière conductrice, serties ou soigneusement connectées de quelque manière que ce soit. Un joint soudé ou collé de manière conductrice doit en outre être fixé mécaniquement.

L'encapsulation est considérée comme étant un moyen de fixation mécanique des connexions soudées et collées de manière conductrice dans un module PV.

5.3.9 Encapsulants

Les encapsulants sont considérés comme faisant partie du stratifié. Toutefois, ils ne sont pas soumis à l'essai séparément, mais doivent être examinés dans l'application.

NOTE Une norme relative aux encapsulants est actuellement à l'étude (IEC 62788-1).

Les propriétés techniques de l'encapsulant doivent être adaptées à l'application prévue, notamment:

- a) la plage de température assignée de fonctionnement doit couvrir la plage de température de l'application prévue;
- b) le groupe de matériaux, la résistance d'isolement et la rigidité diélectrique doivent être adaptés à l'application prévue.

La conformité est vérifiée par la séquence d'essai de l'IEC 61730-2.

5.3.10 Diodes de dérivation

Les diodes de dérivation doivent être conçues pour supporter le courant et la tension correspondant à leur utilisation prévue. La conformité est vérifiée par examen thermique de la diode de dérivation (MST 25), par l'essai de tenue à l'échauffement localisé (MST 22), par l'essai fonctionnel de la diode de dérivation (MST 07) et par examen visuel (MST 01).

NOTE D'autres normes de caractérisations pour les diodes de dérivation sont actuellement à l'étude.

5.4 Connexions mécaniques et électromécaniques

5.4.1 Généralités

Le présent paragraphe définit les exigences minimales relatives aux connexions mécaniques assurant la stabilité mécanique des modules PV (le cadre, par exemple) et aux connexions assurant les fonctions mécanique et électrique (la liaison équipotentielle, par exemple).

En règle générale, un module PV est composé des connexions mécaniques suivantes:

- connexions à l'intérieur du cadre;
- interfaces de montage de module PV (le cadre ou le rail arrière, par exemple) au verre ou à la face arrière avec un adhésif (silicone, caoutchouc, etc.);
- cadre à serrer d'un système de montage;
- moyens de liaison équipotentielle;
- moyens de fixation de la boîte de jonction aux modules PV (silicone, bande, etc.); et
- connexions mécaniques à l'intérieur du stratifié.

Les connexions mécaniques doivent pouvoir résister durablement aux contraintes thermiques, mécaniques et environnementales dont l'application fait l'objet, sans ramener l'intégrité de la connexion en deçà des niveaux de sécurité.

La conformité est vérifiée par examen et lors de l'essai de charge mécanique (MST 34), de l'essai de détérioration du module (MST 32), de l'essai de fluage des matériaux (MST 37) et, si applicables, des essais de continuité de la liaison équipotentielle (MST 13).

Les exigences relatives au matériau individuel sont données en 5.5. Les parties destinées à être retirées doivent uniquement pouvoir être démontées à l'aide d'outils. Les couvercles fixés sans vis doivent être dotés d'un ou de plusieurs aménagements détectables (des encoches, par exemple) permettant d'utiliser les outils pour les démonter. Si le couvercle est correctement retiré, l'outil ne doit pas entrer en contact avec les parties actives.

S'agissant des connexions mécaniques, un frottement entre les surfaces (une simple pression à ressort, par exemple) n'est pas acceptable comme seul moyen d'empêcher la rotation ou le desserrage d'une pièce.

Les propriétés physiques ou les constructions provoquant une interférence ou empêchant le mouvement ou la rotation accidentelle du composant satisfont à cette exigence.

5.4.2 Connexions à vis

Les vis et connexions mécaniques, dont la défaillance pourrait rendre le module PV dangereux, doivent résister aux contraintes mécaniques se produisant dans le cadre d'une utilisation normale. Les vis ne doivent pas être réalisées en matériaux mous ou sujets au fluage.

NOTE 1 Le zinc et certaines nuances d'aluminium sont des exemples de matériaux mous.

Les vis utilisées pour les besoins de la maintenance ne doivent pas être composées d'un matériau isolant si leur remplacement par une vis métallique risquait de compromettre l'isolation supplémentaire ou renforcée.

Les vis utilisées pour assurer la stabilité mécanique et la continuité de la liaison équipotentielle (les vis de fixation dans les cadres ou autres composants, par exemple) doivent satisfaire à l'exigence du premier alinéa du présent paragraphe. Au moins une vis par connexion électrique/mécanique doit assurer la connexion électrique entre les composants métalliques.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de connexion à vis générale (MST 33a).

Les vis utilisées pour les connexions électriques et mécaniques et présentant un diamètre nominal inférieur à 3 mm doivent être vissées dans les parties métalliques.

Pour les vis utilisées pour les connexions électriques et mécaniques, deux filetages complets doivent être engagés dans les parties métalliques.

Les connexions vissées ou fixées entre différentes parties du module PV doivent être composées de manière à ne pas se desserrer par torsion, contraintes de flexion, vibration, etc., comme cela peut se produire dans le cadre d'une utilisation normale.

NOTE 2 Le brasage, le soudage, les écrous de blocage et les vis de serrage sont des exemples de moyens permettant d'empêcher le desserrage des connexions.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai des vis de blocage (MST

5.4.3 Rivets

Les rivets, servant à la fois pour effectuer des connexions électriques et des assemblages mécaniques, doivent être protégés contre le desserrage. Une tige non circulaire ou une encoche appropriée peut être une solution satisfaisante.

5.4.4 Vis autotaraudeuses à découpe

Les vis autotaraudeuses à découpe et les vis autofileteuses ne doivent pas être utilisées pour assurer l'interconnexion des parties porteuses de courant en métal mou ou susceptible au fluage (le zinc ou l'aluminium, par exemple).

Les vis autotaraudeuses par déformation (vis à tôle) ne doivent pas être utilisées pour assurer la connexion des parties porteuses de courant, sauf si elles serrent lesdites parties directement en contact l'une avec l'autre et sont dotées de moyens de verrouillage adaptés.

Les vis autotaraudeuses à découpe (autofileteuses) ne doivent pas être utilisées pour assurer la connexion de parties porteuses de courant, sauf si elles génèrent un filetage complet pour vis de mécanique normalisée. Toutefois, les vis de ce dernier type ne doivent pas être utilisées si elles sont susceptibles d'être actionnées par l'utilisateur ou l'installateur.

Les vis autotaraudeuses à découpe et les vis autotaraudeuses par déformation, utilisées pour assurer la continuité de la liaison équipotentielle, doivent être telles qu'il ne s'avère pas nécessaire d'interrompre la connexion en fonctionnement normal.

S'agissant de la liaison équipotentielle, une vis est admise si deux filetages complets sont engagés dans le métal.

5.4.5 Emmanchement à forme/à force/serré

Les emmanchements à forme/à force/serrés des composants métalliques qui ne font pas l'objet d'une liaison équipotentielle distincte doivent être connectés électriquement.

NOTE Les assemblages d'angle des cadres métalliques sont des exemples classiques de ce type de connexions.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai de détérioration du module (MST 32) et un essai de charge mécanique statique (MST 34) et essai de continuité de la liaison équipotentielle (MST 13) avant et après les essais MST 32 et MST 34.

5.4.6 Connexions par adhésifs

Les connexions par adhésifs traitées (réalisées lors de la production du module) dont traite le présent paragraphe peuvent être:

- le montage de la boîte de jonction;
- le montage des traverses arrière ou des cadres;
- la fixation de la face avant et/ou de la face arrière aux joints de bordure;
- la fixation de la face avant et/ou de la face arrière à l'encapsulant;
- etc.

La conformité est vérifiée par un essai de charge mécanique (MST 34), un essai de continuité de la liaison équipotentielle (MST 13), un essai de détérioration du module (MST adhésifs de montage et un essai de robustesse des sorties (MST adhésifs de boîte de jonction.

L'adhérence d'un polymère destiné à l'isolation à une autre couche isolante doit être adaptée à l'application.

S'il convient de considérer la connexion par un adhésif comme étant un joint collé, les exigences conformes à 5.6.4.2 doivent être appliquées.

Un essai de pelage (MST 35) et un essai de cisaillement (MST 36) sont appliqués en 5.6.4.2 pour la vérification des joints collés.

5.4.7 Autres connexions

Les autres connexions telles que, par exemple, les connexions soudées ou brasées doivent faire l'objet d'un examen visuel (MST 01). Les autres connexions qui assurent la liaison équipotentielle sont vérifiées à l'aide de l'essai de continuité de la liaison équipotentielle (MST 13). Les matériaux et les processus destinés à créer les connexions doivent être appropriés pour l'utilisation prévue.

NOTE L'IEC 61191-1 est un exemple de norme relative aux connexions brasées.

5.5 Matériaux

5.5.1 Généralités

Le présent paragraphe définit les exigences relatives aux matériaux utilisés dans un module PV. La conformité générale est vérifiée à l'aide d'essais conformes à l'IEC 61730-2.

Le choix des matériaux n'est pas limité à la liste donnée dans le présent paragraphe. Les matériaux non conducteurs, par exemple le verre ou la céramique, peuvent être utilisés comme matériaux isolants. A des fins de dimensionnement, tout matériau non conducteur peut être considéré comme isolation, la conformité aux exigences de 5.6 devant alors être assurée.

5.5.2 Matériaux polymères

5.5.2.1 Généralités

Les matériaux polymères doivent pouvoir résister durablement et en toute sécurité aux contraintes électriques, mécaniques, thermiques, environnementales et corrosives dont l'application fait l'objet, et doivent être résistants aux dégradations des propriétés électriques et mécaniques.

Les pièces polymères assurant la sécurité électrique et/ou mécanique du module PV doivent être résistantes aux dégradations des propriétés électriques et mécaniques et doivent

satisfaire aux exigences de l'essai de fluage des matériaux (MST 37) selon leur fonction constructive dans le module PV.

Les matériaux polymères utilisés dans les modules PV et faisant partie d'un joint collé doivent également respecter 5.6.4.2.

5.5.2.2 Endurance aux effets des intempéries

Les matériaux polymères doivent résister durablement aux effets des intempéries que subit l'application.

Les composants doivent être évalués par rapport à l'exigence pertinente de la norme de composant applicable.

NOTE Les essais d'exposition au vieillissement pour les faces avant et arrière en matériau polymère sont actuellement à l'étude dans l'IEC TS 62788-7-2.

5.5.2.3 Matériaux polymères utilisés comme isolant électrique

5.5.2.3.1 Généralités

Les matériaux polymères peuvent assurer plusieurs fonctions d'isolation, par exemple pour les parties externes ou entre:

- les parties actives et les parties conductrices accessibles;
- les parties actives et les surfaces accessibles;
- des parties actives de polarité différente du même circuit;
- des parties actives de potentiel différent.

Un matériau isolant qui assure plusieurs fonctions doit satisfaire à toutes les exigences applicables. En présence de plusieurs exigences similaires (épaisseur ou durée d'essai, par exemple), l'exigence la plus rigoureuse s'applique. Elle doit être évaluée dans la plus faible épaisseur significative utilisée pour l'application spécifique. Le matériau assurant l'isolation doit présenter une épaisseur adéquate (voir Tableau 3 et Tableau 4) et être adapté à l'application, comme indiqué dans les paragraphes ci-dessous.

L'isolation ne doit pas être compromise par des contraintes d'échauffement à court terme et à long terme qui peuvent se produire en fonctionnement normal (5.5.2.3.3). L'isolation ne doit pas être compromise par les contraintes électriques (5.5.2.3.2) ou les effets des intempéries (5.5.2.2).

Les différences d'additifs polymères (antioxydants, stabilisateurs d'UV, colorants, par exemple) et le changement de préparation chimique du composant polymère doivent être évalués afin de déterminer si les propriétés du matériau changent par rapport aux propriétés électriques, mécaniques, thermiques et physiques. La conformité est vérifiée par examen et par les essais correspondants du module PV et du matériau.

Les limites de température des matériaux utilisés comme isolants ne doivent pas être inférieures à la température de fonctionnement maximale mesurée du matériau spécifique dans l'application, mesurée lors de l'essai en température (MST 21).

5.5.2.3.2 Endurance à la contrainte électrique

Les matériaux utilisés comme isolant électrique doivent résister aux contraintes électriques dont l'application fait l'objet en conditionnement et en préconditionnement.

Si cela est pertinent pour l'évaluation de la distance d'isolement et de la ligne de fuite, les matériaux isolants doivent se voir affecter une désignation de groupe de matériaux basée sur leur IRC nominal.

Les exigences d'espacement minimal peuvent être réduites en utilisant des matériaux assignés à un groupe de niveau inférieur.

Les matériaux isolants placés entre des parties conductrices de polarité différente ou entre des parties conductrices et des surfaces accessibles doivent être évalués en fonction de la désignation de leur groupe de matériaux, en s'appuyant sur leur IRC nominal (voir B.2.2.4.2), si ces matériaux font partie d'une ligne de fuite. L'IRC nominal est exigé à partir de chaque surface sur laquelle le cheminement peut avoir lieu (par exemple, au niveau de la surface de couche de la face avant et de la face arrière interne et de l'encapsulant, le cas échéant). Voir Article B.9, Figures B.2, B.3 et B.4.

Lorsque des contraintes électriques s'exercent à travers une couche de matériau (et non le long d'une interface ou d'une surface), le concept de distance à travers l'isolation est applicable et l'IRC n'est pas exigé.

De plus, les essais suivants pour les modules PV s'appliquent:

- un essai diélectrique (MST 16) avant et après le préconditionnement, et
- un essai de tension de choc (MST 14).

5.5.2.3.3 Endurance aux contraintes thermiques – RTE (IRT) ou IT (mécanique/électrique)

Les matériaux utilisés comme isolation attendue doivent présenter un indice d'endurance thermique relatif, un indice thermique relatif ou un indice de température (RTE/IRT ou IT) minimal conforme à l'IEC 60216-5 ou à l'IEC 60216-1, supérieur ou égal à la température de fonctionnement normalisée maximale du matériau mesurée dans une situation particulière de montage (par exemple en toiture) lors de l'essai en température (MST 21) ou à 90 °C, la valeur retenue étant la plus élevée.

Pour les modules PV montés en baies ouvertes, il peut être pris pour hypothèse que la température de fonctionnement maximale mesurée du module PV est égale à 90 °C, le RTE/IRT ou l'IT devant donc être d'au moins 90 °C.

Pour vérifier que les propriétés électriques et mécaniques sont assurées sur toute la durée de vie prévue, les valeurs d'IT et de RTE (IRT) doivent être évaluées comme les valeurs mécaniques et électriques, conformément à l'IEC 60216-2.

Les valeurs d'IRT pertinentes évaluées conformément à l'UL 746B sont acceptées comme étant une alternative au RTE.

Pour les constructions multicouches dont les valeurs RTE, IRT ou IT ont été soumises à l'essai séparément, les caractéristiques thermiques assignées peuvent être dérivées des composants de film, la valeur la plus basse définissant la valeur RTE, IRT ou IT du système multicouche.

NOTE Les relations entre le RTE, l'IRT et l'IT peuvent être trouvées dans l'IEC 60216-1, l'IEC 60216-2 et l'IEC 60216-5.

5.5.2.3.4 Matériaux isolants polymères utilisés comme parties externes

Toute partie accessible (joint de bordure, face avant et arrière) utilisée comme isolation doit satisfaire aux critères du présent paragraphe.

Les exigences relatives aux parties externes ne s'appliquent pas aux parties satisfaisant aux exigences des normes applicables (le matériau de l'enveloppe d'une boîte de jonction pour modules PV, par exemple).

Les parties externes en matériaux polymères du module PV dont la détérioration pourrait compromettre sa sûreté doivent satisfaire aux exigences supplémentaires suivantes:

- a) classe d'inflammabilité minimale V-1 conforme à l'IEC 60695-11-10 (non applicable à l'isolation en couches minces, couverte seulement par MST 24);
- b) essai à la bille conformément à l'IEC 60695-10-2 à une température de 75 °C (non applicable à l'isolation en couches minces); et
- c) essai d'allumabilité (MST 24) dans l'application finale (stratifié ou module PV); et
- d) essai de pelage pour l'évaluation des joints collés conformément à l'IEC 61730-2 (MST 35), si applicable;
- e) essai de cisaillement longitudinal (MST 36), si applicable.

5.5.2.3.5 Parties isolantes polymères utilisées comme support des parties actives

Les parties externes de matériaux non métalliques, les parties de matériaux isolants utilisées comme support des parties actives, y compris les connexions, et les parties de matériaux polymères fournissant une isolation supplémentaire ou une isolation renforcée doivent être suffisamment résistantes à la chaleur si leur détérioration peut provoquer une non du module PV à la présente norme.

Les parties polymères qui ne sont pas des composants du stratifié dont la détérioration pourrait compromettre la sûreté du module PV sont évaluées à l'aide de l'essai d'allumabilité du niveau de module (MST 24).

Les matériaux autres que les matériaux polymères élastomères (le plastique therm durcissable, par exemple) doivent satisfaire aux exigences supplémentaires suivantes:

- a) classe d'inflammabilité minimale HB conforme à l'IEC 60695-11-10;
- b) essai à la bille conforme à l'IEC 60695-10-2 à une température de 125 °C;

NOTE L'IEC 60695-10-2 spécifie l'essai à la bille comme étant une méthode d'essai des parties en matériaux non métalliques pour la résistance à la chaleur.

- c) essai de fluage des matériaux (MST 37).

Les exigences du présent paragraphe ne s'appliquent pas aux parties qui satisfont aux exigences des normes de composants applicables, par exemple les boîtes de jonction.

5.5.2.4 Matériaux polymères utilisés pour des fonctions mécaniques

Les matériaux utilisés doivent résister durablement aux effets des intempéries dans leur application.

Les matériaux utilisés pour des fonctions mécaniques doivent présenter un indice d'endurance thermique relatif mécanique, un indice thermique relatif ou un indice de température (RTE/IRT ou IT) minimal conforme à l'IEC 60216-5 ou à l'IEC 60216-1, supérieur ou égal à la température de fonctionnement normalisée maximale du matériau mesurée dans une situation particulière de montage (par exemple en toiture) lors de l'essai en température (MST 21) ou à 90 °C, la valeur retenue étant la plus élevée.

Les exigences d'essai sont en cours de développement.

5.5.3 Matériaux métalliques

5.5.3.1 Généralités

Conformément à l'IEC 60950-1, les parties métalliques conçues pour les applications destinées à évoluer en milieu humide ne doivent pas être en contact avec les parties métalliques dont les potentiels électrochimiques diffèrent de plus de 600 mV. Les différences de potentiel électrochimique plus importantes sont admises si les points de contact de ces matériaux sont conçus pour rester secs. Les combinaisons de matériaux figurant au Tableau J.1 de l'IEC 60950-1:2005 font office de lignes directrices visant à déterminer les

potentiels électrochimiques génériques entre deux matériaux. Les potentiels électrochimiques des combinaisons de matériaux spécifiques doivent être pris en compte.

Le fer ou l'acier doux qui font partie du produit doivent être métallisés, peints ou émaillés pour être protégés de la corrosion. La protection contre la corrosion doit être au moins équivalente à celle d'un revêtement en zinc d'une épaisseur de 0,015 mm. Aucune protection complémentaire des bords simples cisaillés ou coupants des trous poinçonnés n'est exigée, à condition qu'ils n'affectent pas la liaison mécanique, le montage ou les performances de structure du module PV.

La conformité est vérifiée par examen.

5.5.3.2 Parties porteuses de courant

En fonctionnement normal, les parties porteuses de courant doivent présenter une résistance mécanique et une conductivité électrique suffisantes. Si les conditions environnementales peuvent être à l'origine de corrosion, les parties porteuses de courant (métalliques, polymères, etc.) doivent être protégées contre la corrosion (par un revêtement, par exemple).

Dans le cas de parties porteuses de courant composées d'un métal de protection contre la corrosion, le revêtement doit être en mesure d'empêcher la corrosion conformément à l'ISO 1456, l'ISO 1461, l'ISO 2081 ou l'ISO 2093. Si les parties porteuses de courant peuvent être contraintes par abrasion, les parties revêtues de métal ne sont pas admises.

D'autres matériaux doivent être protégés en conséquence.

5.5.4 Adhésifs

Les adhésifs doivent être appropriés pour l'application. La conformité est vérifiée à l'aide des essais applicables de l'IEC 61730-2, notamment l'essai de cisaillement longitudinal (MST 36), l'essai de pelage (MST 35), l'essai de robustesse des sorties (MST 42), l'essai de charge mécanique (MST 34), ainsi que l'examen visuel (MST 01), l'essai d'accessibilité (MST 11), l'essai de courant de fuite en milieu humide (MST 17) avant et après les séquences d'essai, si applicable.

De plus, si un adhésif fait partie intégrante de l'isolation électrique attendue, il doit satisfaire aux exigences de 5.5.2.3.3.

NOTE Des exigences spécifiques relatives aux adhésifs sont à l'étude.

5.6 Protection contre les chocs électriques

5.6.1 Généralités

Les modules PV doivent être dotés d'une protection adéquate contre les contacts avec des parties actives dangereuses et ne doivent présenter aucun risque de choc électrique.

L'Annexe B contient des informations supplémentaires et doit être utilisée en conjonction avec le présent paragraphe.

5.6.2 Protection contre l'accessibilité aux parties actives dangereuses

5.6.2.1 Généralités

Les modules PV doivent être construits de manière à assurer une protection adéquate contre l'accessibilité aux parties actives dangereuses (> 35 V en courant continu).

Pour les modules PV de Classe 0, les parties accessibles doivent être séparées des parties actives dangereuses au moins par l'isolation principale.

Les modules PV de Classe II doivent également être construits et enveloppés de telle sorte que seules les parties séparées des parties actives dangereuses par une double isolation ou une isolation renforcée soient accessibles.

Dans les modules PV de Classe III, les parties actives ne sont pas considérées comme étant dangereuses. Elles peuvent donc ne pas être séparées des parties accessibles. Pour assurer une fonctionnalité suffisante et la protection contre les arcs dangereux, les parties actives de polarité différente doivent être séparées par au moins l'isolation fonctionnelle.

La conformité est vérifiée par examen visuel (MST 01) et par l'essai d'accessibilité (MST 11).

Les matériaux utilisés pour assurer la protection contre l'accessibilité aux parties actives dangereuses au moyen d'une enveloppe, d'une barrière par contournement ou d'une isolation attendue doivent satisfaire aux exigences de 5.5.2 en raison de leur application.

5.6.2.2 Protection au moyen d'enveloppes et de barrières par contournement

Les enveloppes ou les barrières par contournement doivent être conçues de telle sorte que, après le montage, les parties actives ne soient pas accessibles. Cette exigence doit être satisfaite même en cas de déformation du boîtier et/ou du capot à la suite d'une contrainte mécanique ou thermique, ce qui peut se produire dans le cadre d'une utilisation normale. De plus, le niveau de protection du boîtier peut ne pas être compromis par cette éventuelle déformation.

Les parties des enveloppes et des barrières par contournement assurant la protection conformément à ces exigences ne doivent pas pouvoir être retirées sans l'aide d'un outil. Les couvercles fixés sans vis doivent être dotés d'un ou de plusieurs aménagements détectables (des encoches, par exemple) permettant d'utiliser les outils pour les démonter. Si le couvercle est correctement retiré, l'outil peut ne pas entrer en contact avec les parties actives.

Une barrière par contournement doit être maintenue en place et ne doit pas être affectée défavorablement par les influences prévues en fonctionnement normal au point que ses propriétés électriques et mécaniques nécessaires descendent en dessous des valeurs minimales acceptables pour l'application.

Les pièces doivent être protégées du desserrage ou de la rotation, si un tel desserrage ou une telle rotation peuvent entraîner un risque d'incendie, de choc électrique ou de blessures corporelles.

5.6.2.3 Protection au moyen de l'isolation des parties actives

Un matériau isolant assurant la seule isolation entre une partie active et une partie métallique accessible ou entre des parties actives non isolées de potentiel différent doit présenter une épaisseur adéquate et être approprié à l'application.

Une partie conductrice qui n'est pas séparée des parties pouvant fonctionner à un potentiel supérieur à 35 V en courant continu par au moins l'isolation principale est considérée comme étant une partie active. Une partie métallique accessible est considérée comme étant conductrice si sa surface est nue ou recouverte d'une couche isolante ne satisfaisant pas aux exigences de l'isolation principale.

Une vue d'ensemble de l'isolation exigée est donnée au Tableau 2.

Tableau 2 – Type d'isolation exigé défini dans l'IEC 61140

Classe de protection (IEC 61140)	Protection exigée contre les contacts directs	Isolation entre les parties actives et les parties métalliques accessibles	Isolation entre les parties actives et les surfaces accessibles	Isolation entre les parties actives de potentiel différent du même circuit
Classe 0	Oui	B	B	B
Classe II	Oui	R	R	B
Classe III	Non	F	F	F
F: isolation fonctionnelle. B: isolation principale. R: isolation renforcée ou double isolation.				

Aucune exigence d'isolation spécifique ne s'applique aux cellules solaires proches connectées en série si la condition de puissance dissipée maximale entre deux cellules voisines est inférieure à 15 W (d'après les caractéristiques assignées des cellules solaires).

NOTE Pour une cellule type c-Si présentant une tension en circuit ouvert de 0,7 V environ et un courant de court-circuit de 9,0 A environ, le critère ci-dessus est respecté (6,3 W).

5.6.3 Coordination de l'isolement

5.6.3.1 Généralités

La construction du système d'isolation d'un module PV dépend de plusieurs facteurs, notamment la catégorie de surtension (voir Annexe B.2.2), le degré de pollution (B.2.2.3), les matériaux, la tension de système et la tension de service.

Pour évaluer les valeurs minimales et mesurer les distances d'isolement et lignes de fuites existantes, les exigences générales de coordination de l'isolement conformes aux articles correspondants de l'IEC 60664-1 doivent être prises en compte. Les exigences correspondantes en matière de coordination de l'isolement et de mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite à l'intérieur des modules PV ont été extraites et figurent à l'Annexe B. Des exemples de détermination des distances d'isolement et des lignes de fuite sont également présentés à l'Annexe B.

Les exigences en matière de distances d'isolement et de lignes de fuite ne s'appliquent pas aux dimensions inhérentes à l'intérieur d'un composant. Ces dimensions doivent satisfaire aux exigences du composant en question, conformément aux normes pertinentes, par exemple l'IEC 62790 pour les boîtes de jonction pour modules PV).

Pour déterminer une distance d'isolement ou une ligne de fuite entre des parties conductrices et des parties accessibles, la surface accessible d'une enveloppe isolante doit être considérée comme étant conductrice, comme si elle était recouverte d'une feuille métallique, à chaque fois qu'elle peut être touchée par le doigt d'essai normalisé de la Figure 2, calibre d'essai B de l'IEC 61032:1997. Ces distances doivent être dimensionnées pour la tension adaptée du système.

5.6.3.2 Degré de pollution

En règle générale, le macro-environnement conforme à l'IEC 60664-1 pour un module PV complet est considéré comme relevant du degré de pollution 3. Dans le cas des enveloppes dont le degré de protection est supérieur ou égal à IP55 conformément à l'IEC 60529, la considération relative au micro-environnement peut être réduite au degré de pollution 2.

Pour les parties enveloppées ou encapsulées protégées contre la pénétration de poussière et d'humidité, la ligne de fuite minimale exigée pour le degré de pollution 2 s'applique, si les

critères des essais de l'IEC 61730-2 (à l'exception de la séquence d'essai B.1) sont respectés.

Toute modification de l'espacement nécessitera une réévaluation, conformément à la série IEC 61730 et à l'IEC TS 62915.

Pour les parties enveloppées ou encapsulées protégées contre la pénétration de poussière et d'humidité, le degré de pollution 1 peut être applicable si les exigences supplémentaires conformes à l'IEC 61730-2, Séquence d'essai B.1, sont respectées.

5.6.3.3 Groupes de matériaux

Concernant le cheminement, les matériaux isolants entre les parties accessibles et porteuses de courant, ou entre des parties porteuses de courant de polarités différentes, qui présentent une surface sur laquelle le cheminement peut se produire et qui sont constituée de matériaux polymères, ont tendance à devenir conducteurs au niveau de leur surface en raison de décharge. Ceux-ci doivent être classés en groupes de matériaux (groupe de matériaux minimal: IIIb) pour l'évaluation des lignes de fuite minimales (voir Annexe B).

Pour la présente norme, les matériaux classés dans les groupes IIIa et IIIb sont réunis dans le groupe de matériaux III.

Il n'est pas recommandé d'appliquer les matériaux du groupe IIIb dans des conditions de degré de pollution 3 au-dessus de 600 V.

Les matériaux, par exemple les couches intérieures d'une face arrière multicouche, qui ne font pas partie d'un chemin conducteur (ligne de fuite) peuvent ne pas être classés dans un groupe de matériaux.

5.6.3.4 Distances d'isolement (cl) et lignes de fuite (cr)

Les distances d'isolement (cl) et les lignes de fuite (cr) doivent être dimensionnées conformément au Tableau 3 et au Tableau 4. Pour évaluer les distances d'isolement et lignes de fuites minimales, les exigences générales de coordination de l'isolement conformes à l'IEC 60664-1 doivent être prises en compte. Les exigences correspondantes en matière de coordination de l'isolement et de mesurage des distances d'isolement et des lignes de fuite à l'intérieur des modules PV ont été extraites et figurent à l'Annexe B.

Pour un chemin de ligne de fuite le long d'une interface constituée de matériaux appartenant à différents groupes, les valeurs les plus élevées s'appliquent.

Les valeurs de distance d'isolement du Tableau 3 et du Tableau 4 sont valides pour un fonctionnement jusqu'à 2 000 m d'altitude. Si le matériel est conçu pour fonctionner à plus de 2 000 m, toutes les distances d'isolement doivent être multipliées par le coefficient applicable du Tableau B.3.

NOTE Les tensions du système peuvent également être réduites en fonction de l'altitude.

Les exigences concernant les lignes de fuite ne s'appliquent pas aux distances à travers l'isolation (p. ex. joints collés).

5.6.4 Distance à travers l'isolation (dti)

5.6.4.1 Généralités

L'isolation solide au sens de la présente norme peut être composée d'une seule ou de plusieurs couches, et peut se présenter sous la forme de couches minces (5.6.4.3) et de joints collés (5.6.4.2).

Les propriétés d'isolation solide des matériaux polymères sont définies en 5.5.2 et sont vérifiées dans le cadre des essais présentés dans l'IEC 61730-2.

Les distances à travers l'isolation (dti) sont exigées pour l'isolation supplémentaire, la double isolation ou l'isolation renforcée, seulement comme indiqué aux lignes 4 du Tableau 3 et du Tableau 4 (voir Annexe B).

Les matériaux polymères destinés aux parties isolantes collées et à l'isolation en couches minces doivent résister aux contraintes environnementales, thermiques, électriques et mécaniques, pour autant qu'elles se produisent. Ils doivent satisfaire aux exigences de 5.5.2. L'isolation doit être conforme à la classification des matériaux de l'IEC 60216-1, l'IEC 60216-2 et l'IEC 60216-5 (IRT/RTE/IT).

NOTE D'autres matériaux non polymères, par exemple le verre, peuvent également être utilisés dans un joint collé.

5.6.4.2 Joints collés

Les distances à travers les joints collés indiqués aux lignes 4 des Tableaux 3 et 4 (les valeurs de la distance à travers les joints collés sont extraites du Tableau 13 de l'IEC 61558-1:2005) doivent être utilisées si les exigences suivantes, conformément à l'IEC 61730-2, sont remplies:

a) pour les joints entre deux parties rigides:

- 1) examen visuel (parties applicables du MST 01) pour vérifier l'absence de craquelures et de vides dans les composés isolants qui, par eux-mêmes ou en combinaison, réduisent les distances à travers les joints collés en dessous des valeurs exigées;
- 2) essai diélectrique (MST 16) utilisant une tension d'essai 1,35 fois plus élevée;
- 3) essai de courant de fuite en milieu humide (MST 17) utilisant une tension d'essai 1,35 fois plus élevée;
- 4) le cas échéant, l'adhésif/produit d'étanchéité électriquement isolant doit présenter une résistivité volumique supérieure à $50 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (sec) et supérieure à $10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (humide), la résistivité volumique étant mesurée selon l'IEC 62788-1-2, méthode A;

NOTE Le conditionnement à sec/humide repose sur l'Article 14 de l'UL 746C.

- 5) essai de cisaillement (MST 36);

b) pour les joints entre une partie rigide et une partie souple, et également entre deux parties souples:

- 1) examen visuel (parties applicables du MST 01) pour vérifier l'absence de craquelures et de vides dans les composés isolants qui, par eux-mêmes ou en combinaison, réduisent les distances à travers les joints collés en dessous des valeurs exigées;
- 2) essai diélectrique (MST 16) utilisant une tension d'essai 1,35 fois plus élevée;
- 3) essai de courant de fuite en milieu humide (MST 17) utilisant une tension d'essai 1,35 fois plus élevée;
- 4) le cas échéant, l'adhésif/produit d'étanchéité électriquement isolant doit présenter une résistivité volumique supérieure à $50 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (sec) et supérieure à $10 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ (humide), la résistivité volumique étant mesurée selon l'IEC 62788-1-2, méthode A;

NOTE Le conditionnement à sec/humide repose sur l'Article 14 de l'UL 746C.

- 5) essai de pelage (MST 35).

5.6.4.3 Isolation en couches minces

L'épaisseur de l'isolation attendue est vérifiée par l'essai d'épaisseur de l'isolant (MST 04) dans l'application finale. Pour vérifier que la protection contre les chocs électriques est toujours assurée après défaillance de la double isolation ou de l'isolation renforcée, l'essai diélectrique (MST 16) doit être réalisé après l'essai de susceptibilité aux rayures (MST 12), comme pour l'isolation principale.

Dans le cas d'une isolation composée de couches minces de matériau isolant, l'isolation attendue doit être telle que les exigences suivantes soient satisfaites à chaque emplacement.

a) Feuille monocouche (voir également Figure 4, exemple a))

- Épaisseur minimale selon les lignes 1b) du Tableau 3 et du Tableau 4, applicable en fonction de la classe (voir Tableau 1).

Exception: L'épaisseur minimale pour une couche unique est de 30 µm, même pour des tensions de système < 600 V, car des piqûres peuvent être présentes. Pour les couches d'épaisseur < 30 µm, un modèle multicouche doit être adopté pour limiter les risques.

- IRT/RTE/IT définis en 5.5.2.3.3.
- Rigidité diélectrique de l'isolation renforcée.

b) Feuilles multicouches (voir également Figure 4, exemples pour les couches doubles b1) et b2) et les couches n génériques c)).

- La somme de l'épaisseur de toutes les couches assurant l'i
conforme aux valeurs des lignes 1b) du Tableau 4 applicables en
fonction de la classe (voir Tableau 1).

Chaque couche d'une feuille multicouche (2 couches, voir Figure 4, exemples b1) et b2)) assurant l'isolation attendue doit satisfaire aux exigences suivantes:

- IRT/RTE/IT définis en 5.5.2.3.3.
- Rigidité diélectrique de l'isolation principale.

Si les couches simples ne sont pas caractérisées individuellement, ce qui suit s'applique:

L'épaisseur combinée de toutes les couches (au moins 2 couches, voir Figure 4, exemple b1), exemple b2) et exemple c)) assurant l'isolation attendue doit être conforme aux valeurs du Tableau 3 et du Tableau 4 applicables en fonction de la classe (voir Tableau 1).

- Les IRT/RTE/IT doivent être déterminés dans la pile de couches complète, ou chaque couche assurant l'isolation attendue doit respecter les IRT/RTE/IT définis en 5.5.2.3.3. Toute modification de la pile ou application exige de procéder à une nouvelle évaluation du IRT/RTE/IT.
- La rigidité diélectrique de la feuille multicouche complète assurant l'isolation attendue doit satisfaire aux exigences de l'isolation renforcée.

Une procédure d'essai diélectrique au niveau de l'isolation attendue peut être consultée en 10.6 de l'IEC 60243-1:2013 et dans l'IEC 60243-2:2013. Les tensions d'essai en courant continu sont les suivantes:

- 1 000 V + 2 fois la tension du système pour l'isolation principale;
- 2 000 V + 4 fois la tension du système pour la double isolation ou l'isolation renforcée.

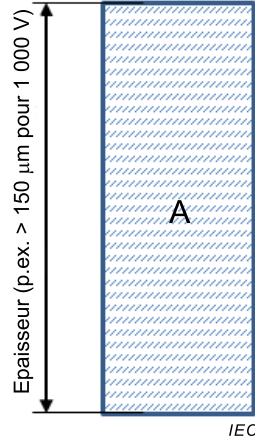
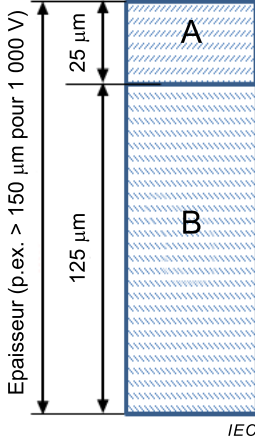
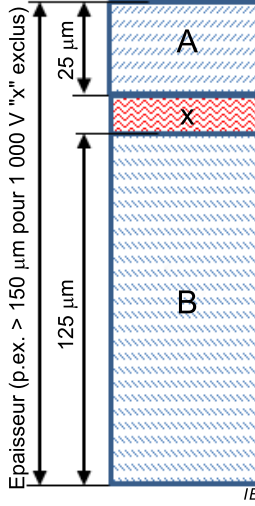
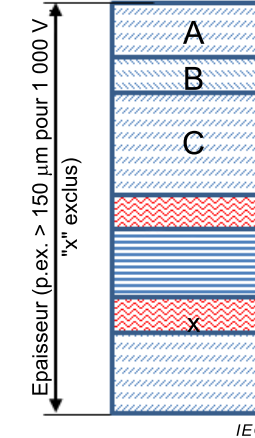
Monocouche	Multicouche		
a) Monocouche  Réussite si A satisfait aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation renforcée	b1) Double couche  Réussite si les couches A et B (monocouches) satisfont aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation principale ou isolation renforcée pour la pile complète	b2) Double couche  Réussite si la pile complète satisfait aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation renforcée ou si les couches A et B (monocouches) satisfont aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation principale • couche "x" non considérée comme une couche isolante	c) Multicouche générique  Réussite si la pile complète satisfait aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation renforcée ou si 2 couches au moins satisfont aux exigences suivantes: • 5.5.2.3.3 • MST 04 • isolation principale • couche "x" non considérée comme une couche isolante

Figure 4 – Exemples pour l'évaluation d'une couche individuelle d'isolation attendue

Tableau 3 – Distances à travers l'isolation, lignes de fuite (cr) et distances d'isolement (cl) pour les modules PV de Classe II

	degré de pollution	Distances																											
		mm																											
		≤ 35 V CC ^{a,d}				100 V CC ^a				150 V CC ^a				300 V CC ^a				600 V CC ^a				1 000 V CC ^a				1 500 V CC ^a			
		cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr		
Groupe de matériaux			Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux										
Entre			I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III
1a) Parties actives internes et les surfaces extérieures accessibles	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,1
1b) Epaisseur des couches minces (voir 5.6.4.3)	-	0,01				0,01				0,01				0,01				0,06				0,15				0,3			
2) Parties actives de potentiel différent à l'intérieur d'un module PV	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,6
3) Bornes de polarité différente des boîtes de jonction démontables	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,1
4) Distance à travers les joints collés	-	0,2				0,3				0,5				1,0				1,5				2,0				3,5			

- ^a Pour les lignes 1a), 1b), 3) et 4), la tension pertinente applicable doit être la tension du système. Pour la ligne 2), la tension de service entre des parties de potentiels différents dans les conditions normales d'essais est pertinente. Toutes les valeurs de ce tableau correspondent à celles de l'IEC 60664-1, arrondies à un chiffre après la virgule.
- ^b Si une distance d'isolement est inférieure à la valeur minimale exigée, l'essai de tension de choc spécifié dans l'IEC 60664-1 doit montrer que cette distance est appropriée. Afin d'évaluer les distances d'isolement entre les parties actives internes et les surfaces extérieures accessibles selon l'IEC 61730-2, le MST 14 peut être appliqué.
- ^c Cette valeur est augmentée à 0,8 mm pour le degré de pollution 3.
- ^d Pour les conceptions dans lesquelles la tension de service est inférieure à 20 V, les valeurs directement extraites de l'IEC 60664-1 peuvent être appliquées.

Tableau 4 – Distances à travers l'isolation, lignes de fuite (cr) et distances d'isolement (cl) pour les modules PV de Classe 0 et III

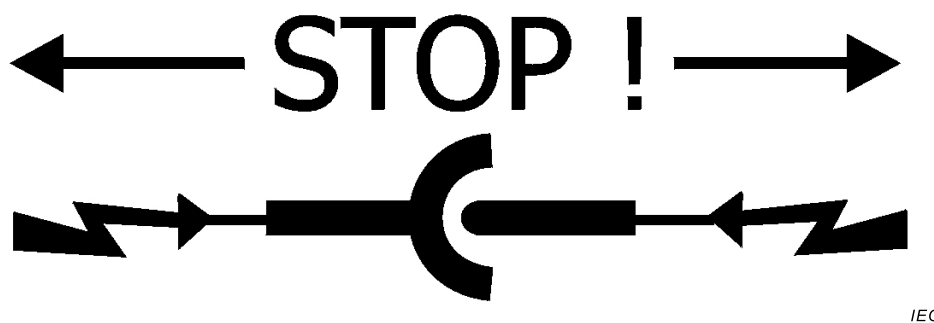
Entre	degré de pollution	Distances																											
		mm																											
		≤ 35 V CC ^{a, d, e}					100 V CC ^a			150 V CC ^a			300 V CC ^a			600 V CC ^a			1 000 V CC ^a			1 500 V CC ^a							
		cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr			cl	cr						
			Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux				Groupe de matériaux						
			I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III		I	II	III				
1a) Parties actives internes et les surfaces extérieures accessibles	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,6
1b) Epaisseur des couches minces (voir 5.6.4.3)	-	0,01				0,01			0,01			0,01			0,06			0,15			0,3								
2) Parties actives de potentiel différent à l'intérieur d'un module PV	1	0,1	0,2			0,5 ^{b, c}	0,3			1,5 ^b	0,3			3,0 ^b	0,7			5,5 ^b	1,7			8,0 ^b	3,2			11,0 ^b	5,2		
	2	0,2	0,6	1,0	1,2		0,7	1,0	1,4		0,8	1,1	1,6		1,5	2,1	3,0		3,0	4,3	6,0		5,0	7,1	10,0		7,5	10,4	15,0
	3	0,8	1,5	1,7	1,9		1,8	2,0	2,2		2,0	2,2	2,5		3,8	4,2	4,7		7,6	8,6	9,5		12,5	14,0	16,0		18,9	20,9	23,6
3) Bornes de polarité différente des boîtes de jonction démontables	1	0,5 ^{b, c}	0,4			1,5 ^b	0,5			3,0 ^b	0,6			5,5 ^b	1,4			8,0 ^b	3,4			14,0 ^b	6,4			19,4 ^b	10,4		
	2		1,2	1,7	2,4		1,4	2,0	2,8		1,6	2,2	3,1		3,0	4,2	6,0		6,1	8,6	12,0		10,0	14,2	20,0		15,0	20,8	30,0
	3		3,0	3,4	3,8		3,6	4,0	4,4		3,9	4,3	4,9		7,5	8,5	9,4		15,2	17,1	19,1		25,0	28,0	32,0		37,7	41,7	47,1
4) Distance à travers les joints collés	-	0,1				0,2			0,25			0,5			0,7			1,0			1,7								

- ^a Pour les lignes 1a), 1b), 3) et 4), la tension pertinente applicable doit être la tension du système. Pour la ligne 2), la tension de service entre des parties de potentiels différents dans les conditions normales d'essais est pertinente. Toutes les valeurs de ce tableau correspondent à celles de l'IEC 60664-1, arrondies à un chiffre après la virgule.
- ^b Si une distance d'isolement est inférieure à la valeur minimale exigée, l'essai de tension de choc spécifié dans l'IEC 60664-1 doit montrer que cette distance est appropriée. Afin d'évaluer les distances d'isolement entre les parties actives internes et les surfaces extérieures accessibles selon l'IEC 61730-2, le MST 14 peut être appliqué.
- ^c Cette valeur est augmentée à 0,8 mm pour le degré de pollution 3.
- ^d Pour les modules PV de classe III, seule cette colonne (≤ 35 V) et les lignes 2) et 3) s'appliquent.
- ^e Pour les conceptions dans lesquelles la tension de service est inférieure à 20 V, les valeurs directement extraites de l'IEC 60664-1 peuvent être appliquées.

Annexe A (informative)

Symbole "Ne pas débrancher sous charge"

Les symboles suivants peuvent être utilisés pour indiquer qu'un connecteur PV ne doit pas être débranché sous charge. Voir Figures A.1 et A.2.



IEC

Figure A.1 – Symbole "NE PAS DEBRANCHER SOUS CHARGE"

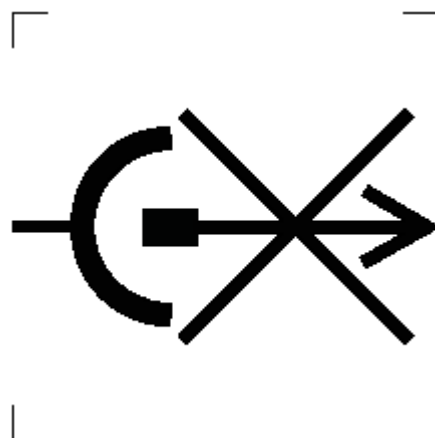


Figure A.2 – Symbole "NE PAS DEBRANCHER SOUS CHARGE" (IEC 60417-6070)

Annexe B (normative)

Coordination de l'isolement

B.1 Généralités

Pour évaluer l'isolation, l'IEC 60664-1 s'applique, compte tenu également de l'IEC TR 60664-2-1. La présente Norme spécifie les exigences en matière de distances d'isolement, de lignes de fuite et d'isolation solide des matériels en fonction de leurs critères de performances.

Toutes les exigences figurant en 5.6.3 (lignes de fuite et distances l'IEC 61730-1 s'appuient sur la norme de sécurité de base mentionnée ci

Les valeurs de 5.6.4.3 (Isolation en couches minces) ont été extraites de l'IEC 60664-3:2003, Tableau 1.

L'IEC 60664-1 étant très détaillée, et la relation entre les systèmes photovoltaïques et les systèmes mentionnés dans l'IEC 60664-1 étant très complexe, les paragraphes suivants ont pour objet de faciliter la compréhension des exigences définies en 5.6.3 et en 5.6.4.

B.2 Facteurs d'influence

B.2.1 Généralités

Les facteurs suivants ont été pris en compte pour la coordination de l'isolement:

- tensions qui peuvent se produire dans le système (surtensions);
- tensions qui sont générées par les dispositifs composant le système (tension du système);
- protection des personnes et des biens (classes conformes à l'IEC 61140);
- conditions environnementales (degré de pollution); et
- propriétés d'isolation (groupes de matériaux).

B.2.2 Catégorie de surtension (4.3.3.2 de l'IEC 60664-1:2007) et tension assignée de tenue aux chocs

B.2.2.1 Catégorie de surtension

La catégorie de surtension est une valeur qui définit une condition relative à la surtension transitoire. En règle générale, les catégories I, II, III et IV sont appliquées pour les matériels utilisés dans des systèmes basse tension.

Les modules PV sont utilisés dans de nombreux types de systèmes et applications différents. La catégorie de surtension III s'applique aux modules PV et sera utilisée pour établir le niveau d'essai de tension de choc et les distances d'isolement exigées.

B.2.2.2 Tension assignée de tenue aux chocs

La surtension transitoire est considérée comme étant le point de départ de la détermination de la tension assignée de tenue aux chocs nécessaire à la détermination des distances d'isolement minimales. La tension assignée de tenue aux chocs dépend de la catégorie de surtension et de la tension applicable pour la distance d'isolement correspondante. Les valeurs de tension assignée de tenue aux chocs présentées au Tableau B.1 sont extraites de l'IEC 60664-1 pour la catégorie de surtension III correspondant à l'isolation principale.

Les valeurs indiquées pour l'isolation renforcée sont déterminées en prenant la tension assignée de tenue aux chocs de l'isolation principale, mais un cran plus haut dans la série préférentielle de valeurs par rapport à celle spécifiée pour l'isolation principale.

Si la tension de tenue aux chocs exigée pour l'isolation principale est différente d'une valeur issue de la série préférentielle, l'isolation renforcée doit être dimensionnée afin de résister à 160 % de la tension de tenue aux chocs exigée pour l'isolation principale.

Le Tableau B.1 présente les valeurs pour l'isolation principale et l'isolation renforcée déterminées comme indiqué ci-dessus, et qui doivent être utilisées pour évaluer la conformité à l'essai de tension de choc (MST 14).

Tableau B.1 – Tension assignée de tenue aux chocs

Tension assignée V	Valeurs de la tension assignée de tenue aux chocs pour l'isolation principale	
c.c.	kV (1,2/50 μ s)	kV (1,2/50 μ s)
50	0,8	1,5
100	1,5	2,5
150	2,5	4,0
300	4,0	6,0
600	6,0	8,0
1 000	8,0	12,0
1 500	10,0	16,0

NOTE Les valeurs sont déduites de l'IEC 60664-1:2007, Tableau F.1, et de l'IEC TR 60664-2-1 pour la catégorie de surtension III.

Le Tableau 3 et le Tableau 4 tiennent compte des valeurs de tension nominale du Tableau B.1, mais ont été recalculés en fonction de la tension correspondante.

B.2.2.3 Degré de pollution (Paragraphe "Pollution" de l'IEC 60664-1:2007)

B.2.2.3.1 Généralités

Le micro-environnement détermine les effets de la pollution sur l'isolation. Toutefois, le macro-environnement doit être pris en compte lors de l'étude du micro-environnement.

Des moyens peuvent être fournis pour réduire la pollution au niveau de l'isolation à l'étude (des enveloppes, une encapsulation ou un scellement hermétique, par exemple). Ces moyens de réduction de la pollution peuvent ne pas être efficaces si le matériel est sujet à la condensation ou si, en fonctionnement normal, il génère lui-même des polluants.

De petites distances d'isolement peuvent être totalement pontées par des particules solides, de la poussière et de l'eau. Par conséquent, des distances d'isolement minimales sont spécifiées s'il peut y avoir de la pollution dans le micro-environnement.

B.2.2.3.2 Degrés de pollution dans le micro-environnement

Pour évaluer les lignes de fuite et les distances d'isolement, les quatre degrés de pollution suivants dans le micro-environnement sont définis.

– Degré de pollution 1

Pas de pollution ou seulement une pollution sèche non conductrice. La pollution n'a aucune influence.

– Degré de pollution 2

Présence d'une pollution non conductrice uniquement. Occasionnellement, une conductivité temporaire provoquée par la condensation doit cependant être attendue.

– Degré de pollution 3

Une pollution conductrice se produit, ou une pollution non conductrice sèche se produit, qui devient conductrice en raison de la condensation qui doit être attendue.

– Degré de pollution 4

Il se produit une conductivité persistante causée par de la poussière conductrice, ou par de la pluie ou par d'autres conditions humides.

Les dimensions de la ligne de fuite ne peuvent pas être spécifiées en présence d'une pollution conductrice permanente (degré de pollution conductrice (degré de pollution 3), la surface de l'isolation peut être conçue de manière à éviter un chemin continu de pollution conductrice au moyen, par exemple, de nervures et de rainures.

B.2.2.4 Matériau isolant

B.2.2.4.1 Généralités

L'expérience et les essais ont montré que les matériaux isolants présentant de meilleures performances relatives ont également à peu près le même classement relatif d'après l'indice de résistance au cheminement (IRC). Par conséquent, l'IEC 60664-1 et la présente Norme utilisent les valeurs d'IRC pour classer les matériaux isolants.

B.2.2.4.2 Indice de résistance au cheminement (IRC)

Les matériaux isolants sont classés en quatre groupes, en fonction de leur indice de résistance au cheminement (IRC), lorsqu'ils sont soumis à essai conforme à l'IEC 60112:

Groupe de matériaux I $IRC \geq 600$

Groupe de matériaux II $400 \leq IRC < 600$

Groupe de matériaux IIIa $175 \leq IRC < 400$

Groupe de matériaux IIIb $100 \leq IRC < 175$

Un matériau peut être incorporé dans l'un de ces quatre groupes sur la base que son ITC (indice de tenue au cheminement), vérifié par la méthode de l'IEC 60112 utilisant la solution A, est au moins égal à la plus faible valeur spécifiée pour le groupe.

Les valeurs spécifiées pour les groupes sont des valeurs de référence et reposent sur la tension d'essai de l'IEC 60112. La tension d'essai n'est pas liée à une tension (tension du système, tension de service, etc.) d'un module PV ou d'un système.

L'essai pour déterminer l'indice de résistance au cheminement (IRC) selon l'IEC 60112 a pour objet de comparer les performances des différents matériaux isolants dans les conditions d'essai. Il donne une comparaison qualitative et, dans le cas de matériaux isolants ayant tendance à former des cheminements, donne également une comparaison quantitative.

B.3 Distances d'isolement

Les exigences d'évaluation des distances d'isolement minimales reposent sur les exigences générales de l'IEC 60664-1.

Les distances d'isolement de l'isolation principale et de l'isolation supplémentaire sont en général dimensionnées en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs et, dans la présente Norme, selon la catégorie de surtension III et le champ électrique, dans la présente Norme, pour le champ hétérogène.

Eu égard aux tensions de choc, les distances d'isolement de l'isolation renforcée sont dimensionnées en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs, mais un cran plus haut dans la série préférentielle de valeurs par rapport à celle spécifiée pour l'isolation principale. Si la tension de tenue aux chocs exigée pour l'isolation principale est différente d'une valeur issue de la série préférentielle, l'isolation renforcée doit être dimensionnée afin de résister à 160 % de la tension de tenue aux chocs exigée pour l'isolation principale.

Pour les matériels dotés d'une double isolation, lorsque l'isolation principale et l'isolation supplémentaire ne peuvent pas être soumises aux essais séparément, le système d'isolation est considéré comme une isolation renforcée.

Les distances d'isolement doivent être dimensionnées conformément à la colonne correspondante "cl" du Tableau 3 ou du Tableau 4. Les valeurs de ces tableaux reposent sur celles suivant le Tableau B.2, en tenant compte des valeurs du Tableau B.1. Les valeurs originales sont extraites de l'IEC 60664-1.

Tableau B.2 – Distances d'isolement minimales

Tension de choc exigée kV (1,2/50 µs)	Distances d'isolement minimales pour les champs hétérogènes		
	mm		
	Degré de pollution		
	1	2	3
0,8	0,1	0,2	0,8
1,5	0,5	0,5	0,8
2,5	1,5	1,5	1,5
4,0	3,0	3,0	3,0
6,0	5,5	5,5	5,5
8,0	8,0	8,0	8,0
12,0	14,0	14,0	14,0
16,0 ^a	19,4	19,4	19,4
^a Les valeurs de 16,0 kV sont calculées par interpolation.			

Si une distance d'isolement est inférieure à une valeur minimale du Tableau 3 ou du Tableau 4, un essai de tension de choc doit montrer que la distance est adaptée. La valeur de l'amplitude de la tension d'essai est donnée dans l'IEC 60664-1.

Les valeurs du Tableau B.2 sont valides pour un fonctionnement jusqu'à 2 000 m d'altitude. Si le matériel est conçu pour fonctionner à plus de 2 000 m, toutes les distances d'isolement doivent être multipliées par le coefficient applicable du Tableau B.3.

Tableau B.3 – Coefficients multiplicateurs pour les distances d'isolement d'un matériel assigné pour un fonctionnement jusqu'à 7 000 m d'altitude

Altitude de fonctionnement assignée m	Coefficient multiplicateur
Jusqu'à 2 000	1,00
2 001 à 3 000	1,14
3 001 à 4 000	1,29
4 001 à 5 000	1,48
5 001 à 6 000	1,70
6 001 à 7 000	

B.4 Lignes de fuite

B.4.1 Généralités

Les exigences d'évaluation des lignes de fuite minimales reposent sur les exigences générales de l'IEC 60664-1.

Les facteurs d'influence suivants pour les lignes de fuite sont pris en compte:

- tension (B.4.2);
- micro-environnement (B.2.2.3);
- orientation et localisation de la ligne de fuite (B.4.3);
- forme de la surface isolante (B.4.4);
- matériaux isolants (B.2.2.4); et
- durée d'application de la contrainte de tension (B.4.5).

B.4.2 Tension

La base de la détermination d'une ligne de fuite est la valeur efficace de longue durée de la tension existant le long de la ligne de fuite. Cette tension est la tension de service, la tension assignée d'isolement ou la tension assignée.

B.4.3 Orientation et position d'une ligne de fuite

Si nécessaire, le fabricant doit indiquer l'orientation prévue du matériel ou du composant afin que les lignes de fuite ne soient pas dangereusement affectées par une accumulation de pollution pour laquelle elles ne sont pas conçues.

Le stockage de longue durée doit être pris en compte.

B.4.4 Forme de la surface isolante

La mise en forme des surfaces isolantes est efficace pour le dimensionnement des distances d'isolement uniquement avec le degré de pollution 3. Il convient que la surface de l'isolation solide comprenne, de préférence, des nervures et des rainures transversales destinées à rompre la continuité du chemin de fuite dû à la pollution. Les nervures et les rainures peuvent également être utilisées pour détourner l'écoulement d'eau de l'isolation qui est électriquement contrainte. Il convient d'éviter les joints ou les rainures reliant des parties conductrices, car ils peuvent accumuler de la pollution ou retenir l'eau.

Il convient que le stockage de longue durée soit pris en compte.

B.4.5 Durée d'application de la contrainte de tension

En ce qui concerne les lignes de fuite, la durée d'application de la contrainte de tension influe sur le nombre de cas où le séchage peut produire des scintillations de surface d'une énergie suffisamment importante pour entraîner le cheminement. Le nombre de ces cas est considéré comme suffisamment important pour entraîner le cheminement:

- dans les matériels destinés à un usage continu, mais qui ne produisent pas suffisamment de chaleur pour maintenir sèche la surface de l'isolation;
- dans les matériels sujets à condensation sur de longues périodes pendant lesquelles ils sont fréquemment fermés et coupés;
- dans les dispositifs de connexion, côté entrée et entre les bornes de ligne et de charge, qui sont directement raccordés au réseau.

Les lignes de fuite indiquées au Tableau 3 et au Tableau 1:2007, Tableau F.4 pour une isolation destinée à être soumise à une contrainte de tension de longue durée.

B.5 Joints collés

Deux matériaux distincts qui ont été collés ensemble avec, par exemple, un matériau adhésif isolant, peuvent être considérés comme un matériau isolant solide si l'adhésif est conçu pour le collage du type de matériau spécifique, pour la température d'utilisation et pour une exposition aux intempéries (y compris l'eau et les UV, selon l'exposition) dans l'application finale.

Le cas échéant, le matériau adhésif doit être appliqué entre les parties de telle sorte qu'aucun vide ne puisse réduire les distances d'isolation sous les valeurs minimales exigées.

Dans ce cas, ni les lignes de fuite ni les distances d'isolement ne doivent être mesurées, mais la distance à travers le joint collé est applicable. Toutes les exigences de 5.6.4.2 doivent être respectées.

Pour vérifier la conformité, les essais correspondants de l'IEC 61730-2 doivent être réalisés en tenant compte des conditions d'essai pour l'application des joints collés.

Des exemples de joints collés sont donnés dans les figures de l'Article B.9.

B.6 Parties enveloppées

Les "parties enveloppées" conformément à la présente Norme peuvent être:

- des parties porteuses de courant couvertes par l'encapsulation; et
- des parties porteuses de courant dans les boîtes de jonction, couvertes par compoundage.

La conformité aux exigences correspondantes de l'IEC 61730-2 doit montrer que ces parties sont enveloppées et encapsulées de manière à assurer la protection contre la pénétration d'eau et d'humidité. Pendant les processus de fabrication, il est obligatoire de n'observer aucune pénétration de poussières et/ou d'humidité pouvant compromettre les propriétés d'isolation. De plus, des précautions doivent être prises pour éviter que des vides dans l'encapsulation ou le compoundage ne se produisent, ce qui pourrait ramener les propriétés d'isolation en dessous des exigences indiquées.

Les lignes de fuite doivent être mesurées le long des surfaces, compte tenu des groupes de matériaux auxquels appartiennent le matériau de l'enveloppe et celui de l'encapsulation/du compoundage. Si les groupes de matériaux diffèrent, la ligne de fuite doit satisfaire aux

exigences du matériau à la valeur IRC la plus faible (désignation de groupe de matériaux la plus élevée). Si la conformité a été démontrée par des essais conformes à l'IEC 61730-2, séquence B.1, les lignes de fuite minimales exigées peuvent correspondre aux valeurs réduites indiquées pour le degré de pollution 1.

Généralement, le matériau d'encapsulation ou de compoundage a simplement pour fonction d'assurer la protection contre la pénétration de poussière et d'humidité. Il ne peut pas être considéré comme une partie intégrante de l'isolation attendue mais, dans tous les cas, il doit présenter des propriétés d'isolation adéquates de manière à ne pas réduire les distances minimales entre les parties actives de polarité différente ou entre les parties actives et les parties accessibles.

Le matériau doit présenter des propriétés adéquates de résistance contre l'inflammation en cas d'incendie (MST 24).

B.7 Distance à travers l'isolation

B.7.1 Joints collés

Les exigences relatives aux joints collés figurent en 5.6.4.2.

B.7.2 Isolation en couches minces

Les exigences relatives aux isolations en couches minces figurent en 5.6.4.3.

B.8 Méthodes de mesurage des distances d'isolement (cl) et des lignes de fuite (cr)

Les méthodes de mesurage des distances d'isolement et des lignes des fuites sont indiquées dans les exemples 1 à 11 qui suivent (voir Figure B.1 à l'Article B.9). Ces exemples ne font pas la différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolations.

Les hypothèses suivantes sont prises en compte:

- a) lorsque la distance entre les arêtes supérieures d'une rainure est supérieure ou égale à X (voir Tableau B.4), la ligne de fuite est mesurée le long des contours de la rainure (voir Exemple 2);
- b) il est pris pour hypothèse que tout logement est ponté par une liaison isolante de largeur X , placée dans la position la plus défavorable (voir Exemple 3);
- c) les distances d'isolement et les lignes de fuite mesurées entre les parties pouvant avoir différentes positions l'une par rapport à l'autre, sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.

Dans les exemples suivants 1 à 11 de la Figure B.1, la dimension X prend la valeur spécifiée au Tableau B.4 en fonction du degré de pollution.

Les Figures B.2 à B.4 présentent les distances classiques à l'intérieur d'un module PV. Comme indiqué à la Figure B.2, les lignes de fuite et les distances d'isolement à utiliser pour déterminer la conformité à la présente norme doivent être celles indiquées par la distance "évaluée", et non par la distance "réelle".

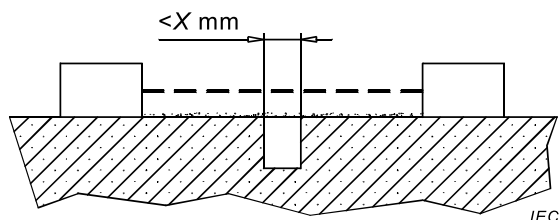
Tableau B.4 – Dimensions de X

Degré de pollution	Dimension X mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5

Si la distance d'isolement associée est inférieure à 3 mm, la dimension X indiquée au Tableau 3 et au Tableau 4 peut être réduite au tiers de la valeur de cette distance d'isolement.

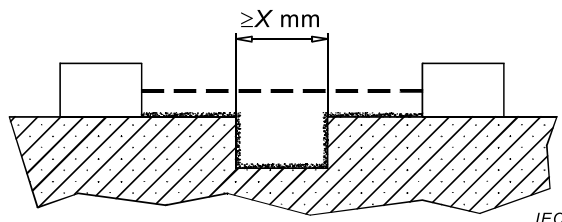
B.9 Exemples de figures

Les exemples suivants représentent des méthodes d'évaluation des distances d'isolement et des lignes de fuite.



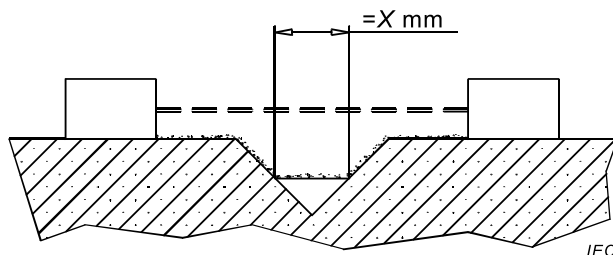
EXEMPLE 1 Le chemin comprend une rainure à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à X .

La distance d'isolement (ligne en pointillés) et la ligne de fuite (ligne en gras) sont mesurées en ligne droite au-dessus de la rainure, comme indiqué.



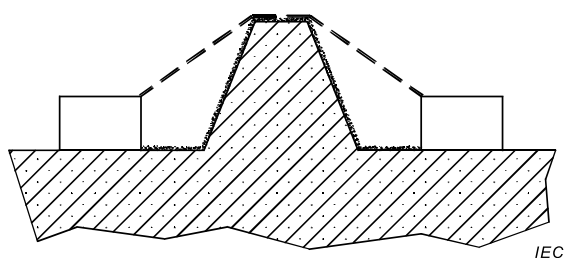
EXEMPLE 2 Le chemin comprend une rainure à flancs parallèles, de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à X .

La distance d'isolement est la distance en ligne droite. La ligne de fuite longe le profil de la rainure.



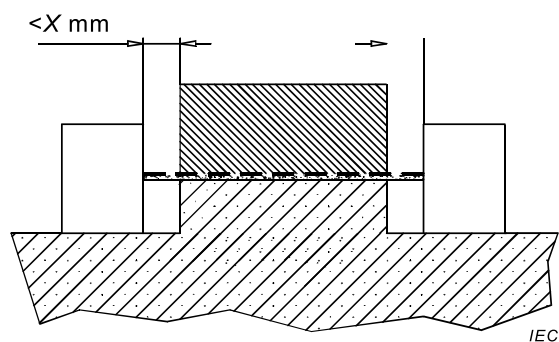
EXEMPLE 3 Le chemin comprend une rainure en V dont la largeur est supérieure à X .

La distance d'isolement est la distance en ligne droite. La ligne de fuite longe le profil de la rainure, mais "court-circuite" le bas de la rainure par un tronçon de X .



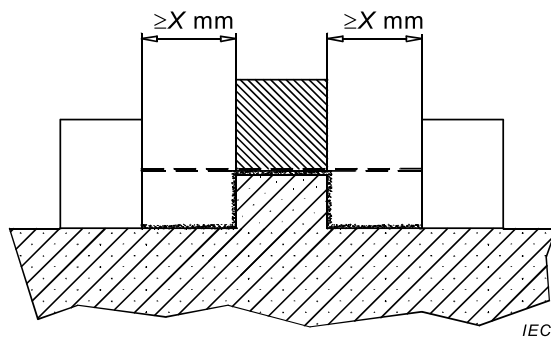
EXEMPLE 4 Le chemin comprend une nervure.

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



EXEMPLE 5 Le chemin comprend un joint non collé avec des rainures de largeur inférieure à X de chaque côté.

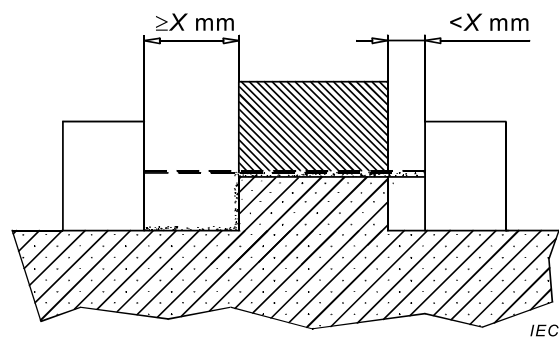
La distance d'isolement et la ligne de fuite sont la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.



EXEMPLE 6 Le chemin comprend un joint non collé avec des rainures de largeur supérieure ou égale à X.

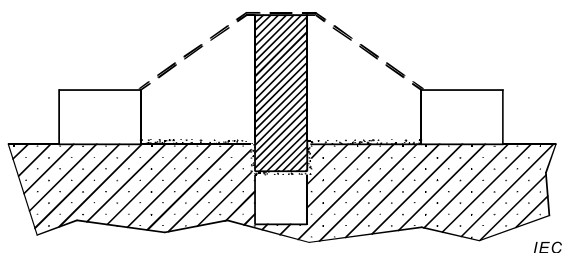
La distance d'isolement est la distance en ligne droite.

La ligne de fuite longe le profil des rainures.



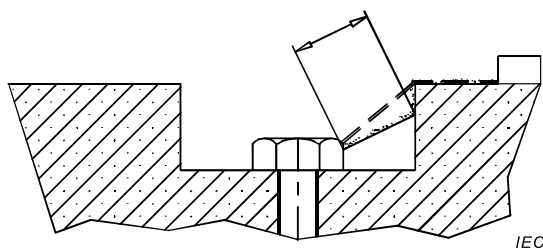
EXEMPLE 7 Le chemin comprend un joint non collé avec, d'un côté une rainure de largeur inférieure à X et, de l'autre côté, une rainure de largeur supérieure égale ou égale à X.

La distance d'isolement et la ligne de fuite sont indiquées ci-dessus.

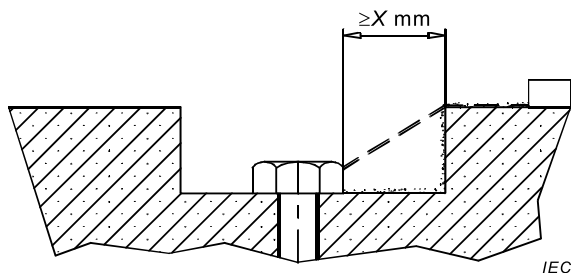


EXEMPLE 8 La ligne de fuite à travers le joint non collé est inférieure à la ligne de fuite par-dessus la barrière par contournement.

La distance d'isolement est le chemin direct dans l'air le plus court par contournement.

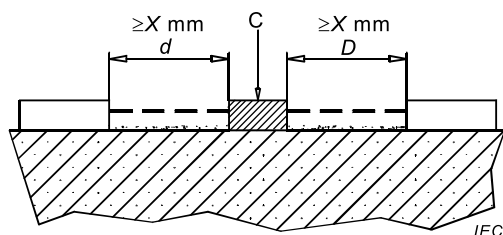


EXEMPLE 9 La distance est trop faible entre la tête de vis et la paroi du logement pour être prise en compte.



EXEMPLE 10 La distance est suffisante entre la tête de vis et la paroi du logement pour être prise en compte.

La ligne de fuite est mesurée entre la vis et la paroi lorsque la distance est égale à X.



EXEMPLE 11 C : partie flottante

La distance d'isolement correspond à la distance $d + D$. La ligne de fuite correspond également à la distance $d + D$.

ligne de fuite

distance d'isolement

Figure B.1 – Exemples (1 à 11) de méthodes de mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite

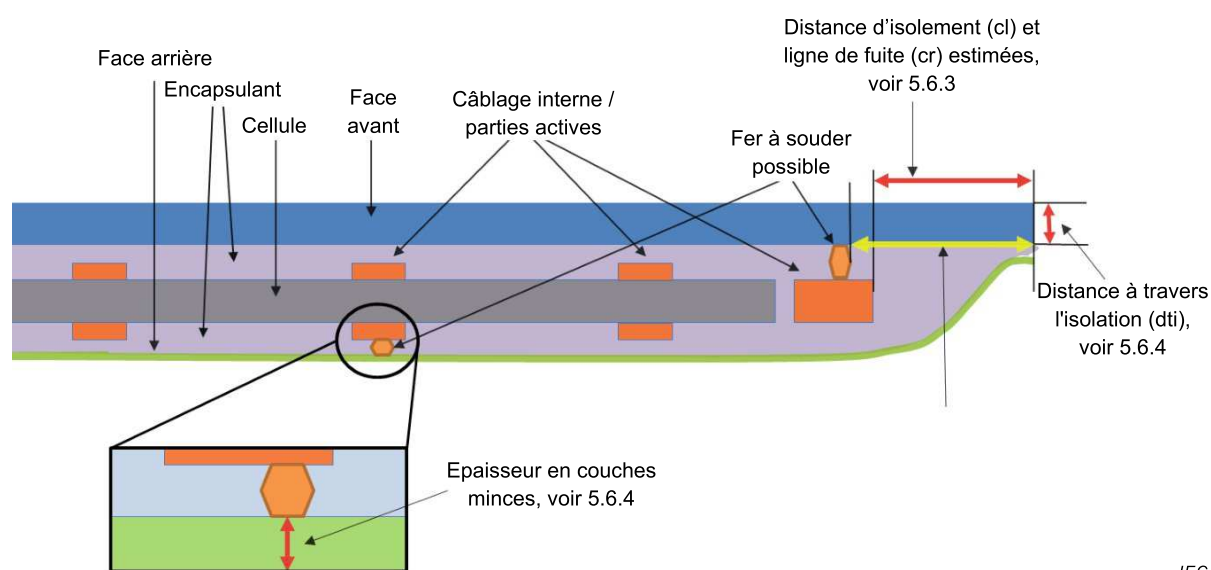


Figure B.2 – Exemple de coordination de l'isolement des modules PV verre/feuille – Configuration sans joint collé

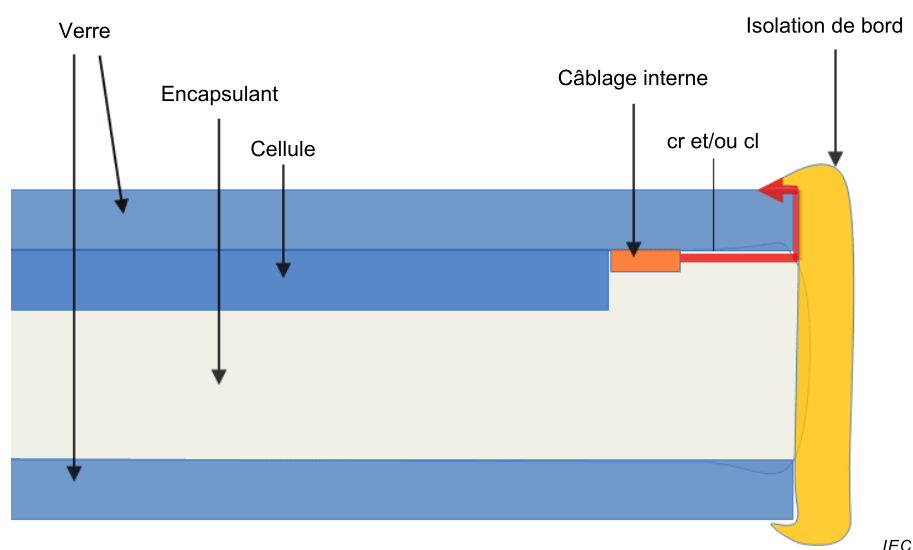


Figure B.3 – Exemple de ligne de fuite au niveau des modules verre/verre avec isolation de bord – Configuration sans joint collé

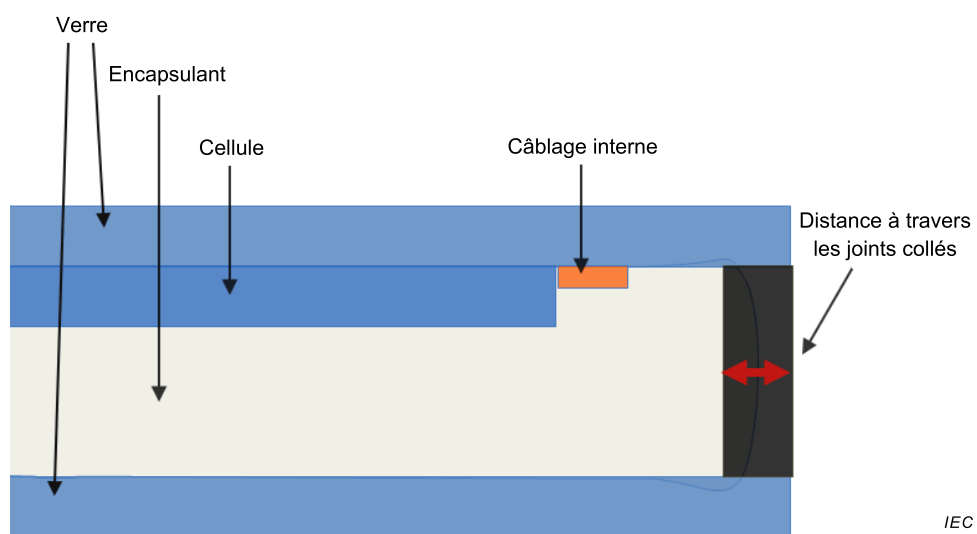


Figure B.4 – Exemple pour un module verre/verre avec joints collés

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