

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 © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de 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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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 978-2-8891-2881-5

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.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Application classes	7
3.1 General	7
3.2 Class A: General access, hazardous voltage, hazardous power applications	7
3.3 Class B: Restricted access, hazardous voltage, hazardous power applications	7
3.4 Class C: Limited voltage, limited power applications	7
4 Construction requirements.....	7
4.1 General requirements.....	7
4.2 Metal parts	8
5 Polymeric materials	8
5.1 General	8
5.2 Polymers serving as an enclosure for live parts	9
5.3 Polymers serving to support live parts	9
5.4 Polymers serving as an outer surface	9
5.5 Barriers	10
5.6 Structural glazing materials	10
6 Internal wiring and current-carrying parts.....	10
6.1 Internal wiring	10
6.2 Splices	10
6.3 Mechanical securement	10
7 Connections	11
7.1 Field connections – general requirements	11
7.2 Field wiring terminals	11
7.3 Connectors.....	12
7.4 Output lead or cables	12
8 Bonding and grounding.....	12
9 Creepage and clearance distances	13
10 Field wiring compartments with covers	14
10.1 General	14
10.2 Wall thickness	14
10.3 Internal volume	15
10.4 Openings.....	15
10.5 Gaskets and seals	15
10.6 Strain relief	15
10.7 Sharp edges	16
10.8 Conduit applications – Metallic	16
10.9 Conduit applications – Non-metallic.....	16
11 Marking	17
12 Requirements for supplied documents	17
13 Modifications	18
Bibliography.....	19

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.

This consolidated version of IEC 61730-1 consists of the first edition (2004) [documents 82/356/FDIS and 82/365/RVD], its amendment 1 (2011) [documents 82/659A/FDIS and 82/677/RVD] and its amendment 2 (2013) [documents 82/754/FDIS and 82/762/RVD]. It bears the edition number 1.2.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience. A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through.

International Standard IEC 61730-1 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

IEC 61730 consists of the following parts, under the general title *Photovoltaic (PV) module safety qualification*:

Part 1: Requirements for construction

Part 2: Requirements for testing

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

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

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

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION –

Part 1: Requirements for construction

1 Scope and object

This part of IEC 61730 describes the fundamental construction requirements for photovoltaic (PV) modules in order to provide safe electrical and mechanical operation during their expected lifetime. 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 IEC 61730 pertains to the particular requirements of construction. IEC 61730-2 outlines the requirements of testing.

This standard attempts to define the basic requirements for various application classes of PV modules, but it cannot be considered to encompass all national or regional building codes. The specific requirements for marine and vehicle applications are not covered. This standard is not applicable to modules with integrated AC inverters (AC modules).

This standard is designed so that its test sequence can coordinate with those of IEC 61215 or IEC 61646, so that a single set of samples may be used to perform both the safety and performance evaluation of a photovoltaic module design.

The object of this document is to provide basic guidance in certifying the fundamental construction of photovoltaic modules presented for safety approval by testing under IEC 61730-2. These requirements are intended to minimise the misapplication and misuse of modules or the breakdown of internal components which would result in fire, electric shock and personal injury. The standard defines the basic safety construction requirements and additional tests that are a function of the module end-use applications.

Component requirements are intended to provide evidence of performance of that component appropriate to its application in the module construction and environment.

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

2 Normative references

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

IEC 60065, *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements*

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

~~IEC 60130 (all parts), *Connectors for frequencies below 3 MHz*~~

IEC 60189-2, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 2: Cables in pairs, triples, quads and quintuples for inside installations*

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

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

IEC 60364-5-51, *Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules*

IEC 60417-DB:2002¹, *Graphical symbols for use on equipment*

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

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

IEC 60695-1-1, *Fire hazard testing – Part 1-1: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-20, *Fire hazard testing – Part 2-20: Glowing/hot wire based test methods – Hot-wire coil ignitability – Apparatus, test method and guidance²*

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

IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*

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

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61215, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61721, *Susceptibility of a photovoltaic (PV) module to accidental impact damage (resistance to impact test)*

IEC 61730-2:2004, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing*

IEC 61984, *Connectors – Safety requirements and tests*

ISO 261, *ISO general purpose metric screw threads – General plan*

ISO 262, *ISO general purpose metric screw threads – Selected sizes for screws, bolts, and nuts*

ANSI/UL 746C, *Standard for Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluation*

ANSI Z97.1, *American National Standard for Safety Glazing Materials Used in Buildings – Safety Performance Specifications and Methods of Test*

ASTM D2303-97, *Standard Test Methods for Liquid-Contaminant, Inclined-Plane Tracking and Erosion of Insulating Materials*

ASTM E162-02a, *Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source*

¹ "DB" refers to the IEC on-line database.

² The 2004 edition of this publication was withdrawn in 2007. A new edition is currently under consideration.

3 Application classes

3.1 General

Photovoltaic modules may be installed in many different applications. Therefore, it is important to evaluate the potential hazards associated with those applications and to evaluate the construction of the module accordingly.

Relevant safety requirements and necessary tests shall be performed to verify the conformance to the requirements of that application class. This clause defines those application classes and construction qualities required for each class.

Application classes for PV-modules are defined as follows:

3.2 Class A: General access, hazardous voltage, hazardous power applications

Modules rated for use in this application class may be used in systems operating at greater than 50 V DC or 240 W, where general contact access is anticipated. Modules qualified for safety through this part of IEC 61730 and IEC 61730-2 and within this application class are considered to meet the requirements for safety class II.

3.3 Class B: Restricted access, hazardous voltage, hazardous power applications

Modules rated for use in this application class are restricted to systems protected from public access by fences, location, etc. Modules evaluated within this application class provide protection by basic insulation, are considered to meet the requirements for safety class 0.

3.4 Class C: Limited voltage, limited power applications

Modules rated for use in this application class are restricted to systems operating at less than 50 V DC and 240 W, where general contact access is anticipated. Modules qualified for safety through this part of IEC 61730 and IEC 61730-2 within this application class are considered to meet the requirements for safety class III.

NOTE Safety classes are defined within IEC 61140.

4 Construction requirements

4.1 General requirements

4.1.1 All modules shall be able to operate under environmental condition type AB8 according to IEC 60364-5-51.

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

4.1.3 An assembly part, such as a terminal compartment cover, need not be affixed to the module at the factory. Incorporation of a module into the final assembly shall not require any alteration of the module from its originally evaluated form, unless specific details describing necessary modification(s) are provided in the installation instructions.

4.1.4 If a module must bear a definite relationship to another module for the intended installation and operation (for example, to allow connectors to mate), it shall be constructed to permit incorporation into the final assembly without the need for alteration.

4.1.5 The construction of a module shall be such that ground continuity is not interrupted by installation.

4.1.6 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.

4.1.7 Friction between surfaces, such as simple spring pressure, is not acceptable as the sole means to inhibit the turning or loosening of a part.

4.1.8 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.

4.2 Metal parts

4.2.1 Metals used in locations that are exposed to moisture shall not be employed alone or in combinations that could result in deterioration, such that the product would not comply with the requirements in this standard.

4.2.2 Iron or mild steel serving as a necessary part of the product but not exposed to the weather shall be plated, painted, or enamelled for protection against corrosion.

4.2.3 Simple sheared or cut edges and punched holes are not required to be additionally protected.

5 Polymeric materials

5.1 General

All polymeric materials shall have a minimum relative thermal **endurance** index (electrical and mechanical as defined by IEC 60216-5) of 20 °C above the maximum measured operating temperature of said material in application, as measured during the temperature test (IEC 61730-2, MST 21).

NOTE ~~Polymers serving as a superstrate or substrate have additional requirements, as specified in 5.3. and 5.4.~~

Polymers are classified into ~~four~~ **five** operational categories:

- polymers serving as an enclosure for live metal parts (such as a junction box) **shall meet requirements as specified in 5.2;**
- polymers serving as a support of live metal parts (such as integrated terminals) **shall meet the requirements of 5.3;**
- polymers serving as the outer surface for the module (such as a frontsheet and backsheet) which do not provide the major mechanical strength for the module shall meet the requirements of 5.4;
- polymers serving as ~~the outer surface for the module (such as the~~ a superstrate or a substrate) which provide rigid reinforcement or serve as the carrier for the active cells;
 - If the superstrate or substrate polymers are intended for contact with active cells they shall meet requirements as specified in 5.3.
 - If the superstrate or substrate polymers are intended for use as an outer surface they shall meet requirements as specified in 5.4.
 - If superstrate or substrate polymers are intended for both contact with active cells or other circuit elements and for use as the outer surface they shall meet requirements as specified in both 5.3 and 5.4.
- barriers **shall meet the requirements of 5.5.**

Exception: Encapsulation materials are not required to meet these requirements.

5.2 Polymers serving as an enclosure for live parts

A polymeric material serving as the enclosure of a part involving a risk of fire or electric shock shall comply with the following requirements:

- 5-V flammability rating (IEC 60695-11-20), either by material test or testing in the end-product ~~design component (IEC 60695-1-1)~~;
- 5-V flammability rating ~~either by material test or testing the end-product design (IEC 60695-11-20)~~, after the water immersion and exposure ~~test of the end-product (IEC 60695-1-1)~~;
- ultraviolet radiation resistance (if exposed to direct sunlight in the application), as determined in accordance with ANSI/UL 746C or ISO 4892-2. Test condition defined by Xenon cycle 1 at 0,35 W/m²/nm or 41 W/m² (in the wavelength range from 300 nm to 400 nm), test duration 1 000 h; equivalent pass/fail-criteria as in UL 746C shall be applied, and
- a minimum resistance to hot wire ignition rating of 30 (IEC ~~60695-1-1~~ 60695-2-20).

5.3 Polymers serving to support live parts

A polymeric material serving as the support or insulation of a part involving a risk of fire or electric shock shall:

- have a flammability classification of HB, V-2, V-1, or V-0 ~~in accordance with IEC 60695-11-10~~ and have a minimum high-current arc ignition rating determined in accordance with ~~IEC 60695-1-1~~ ANSI/UL 746C, as shown in Table 1,

Table 1 – High arc ignition rating for given flammability classification

Flammability classification	High-current arc ignition rating
HB	60
V-2	30
V-1	30
V-0	15

- have a Comparative Tracking Index (CTI) of 250 ~~V~~ or more, if the system voltage rating is 600 V or less, as determined in accordance with IEC 60112,

NOTE 1 Polymeric materials having a CTI of 250 or more are within material group IIIa of IEC 60664-1.

- have an inclined plane tracking rating of 1 h using the time to track method at 2,5 kV according to ~~ASTM D2303~~ IEC 60587, if the maximum system operating voltage rating is in the 601 V – 1 500 V range, and
- comply with the requirements for exposure to ultraviolet light as determined in accordance with the ANSI/UL 746C or ISO 4892-2, if exposed to direct sunlight during normal operation of the product. Test conditions defined by Xenon cycle 1 at 0,35 W/m²/nm or 41 W/m² (in the wavelength range from 300 nm to 400 nm), test duration 1 000 h; equivalent pass/fail-criteria as in UL 746C shall be applied.

NOTE 2 Polymeric materials that are exposed to direct sunlight but are protected by glass, or other transparent medium, may be tested with an equivalent layer of that medium attenuating the ultraviolet light exposure during the test.

5.4 Polymers serving as an outer surface

5.4.1 A polymeric substrate or superstrate shall have a **relative thermal endurance** index, both electrical and mechanical, as determined in accordance with IEC 60216-5 of at least 90°C. In addition, the **relative thermal endurance** index shall be at least 20 °C above the maximum measured operating temperature of the material as measured during the temperature test given in IEC 61730-2, MST 21.

5.4.2 Polymeric materials that serve as the outer enclosure for a module that (1) is intended to be installed in a multi-module or -panel system or (2) has an exposed surface area greater than 1 m² or a single dimension larger than 2 m, shall have a maximum flame spread index of 100 as determined under ASTM E162-02a.

NOTE Materials that serve as the wiring enclosure for a module, in accordance with 6.1.1, need not comply.

5.4.3 If exposed to direct sunlight in the application, the polymeric material shall have been evaluated for ultraviolet (UV) radiation resistance as determined in accordance with ANSI/UL 746C or ISO 4892-2. Test condition defined by Xenon cycle 1 at 0,35 W/m²/nm or 41 W/m² (in the wavelength range from 300 nm to 400 nm), test duration 1 000 h; equivalent pass/fail-criteria as in UL 746C shall be applied.

5.4.4 Polymeric materials intended for use as a superstrate or substrate, without appropriate IEC insulation pre-qualification, shall comply with the requirements of the partial discharge test, IEC 61730-2, MST 15.

5.5 Barriers

A barrier of polymeric insulating 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, as defined by IEC 61140. The barrier or liner shall be held in place and shall not be adversely affected to the extent that its necessary properties fall below the minimum acceptable values for the application.

5.6 Structural glazing materials

All structural glazing materials used as superstrates or substrates in the construction of modules shall comply with the requirements for safety glazing as described in ANSI Z97.1-93 by material certification or by testing in accordance with MST 32.

6 Internal wiring and current-carrying parts

A current-carrying part and wiring shall have the mechanical strength and current-carrying capacity necessary for its application.

6.1 Internal wiring

6.1.1 Wiring used within a module shall have an insulation rated for a minimum of 90°C, with a gauge and voltage rating acceptable for the application as defined by the requirements of IEC 60189-2, as applicable.

6.1.2 The wiring of a module shall be located so that after installation of the product in the intended manner, the insulation will not be exposed to the degrading effects of direct sunlight.

Exception: The requirement does not apply to wiring with insulation rated "sunlight resistant".

6.2 Splices

A splice shall be considered acceptable with insulation equivalent to that required for the wiring involved.

6.3 Mechanical securement

6.3.1 A joint or connection shall be mechanically secure and shall provide electrical contact without strain on connections and terminals. Soldered connections between module interconnections and cell metallizations are considered mechanically secure when held by encapsulation systems.

6.3.2 An uninsulated live part, including a terminal, shall be secured to its supporting surface so that it will be prevented from turning or shifting in position, if such motion may result in reduction of spacings to less than required in Tables 3 and 4.

7 Connections

7.1 Field connections – general requirements

7.1.1 A module shall be provided with wiring terminals, connectors, or leads to accommodate current-carrying conductors of the load circuit.

7.1.2 Field connections shall either be rated for exposure to direct sunlight as defined in Clause 5 or so located that after installation they will not be exposed to the degrading effects of direct sunlight.

7.2 Field wiring terminals

7.2.1 If the module contains a field wiring terminal block, it shall be rated for the appropriate voltage and current for the application and constructed in compliance with the requirements of IEC 60947-1.

7.2.2 If the module alternately contains wiring terminals integral to the construction of the terminal enclosure, they shall comply with the following requirements:

7.2.2.1 Screws and nuts which clamp external conductors shall have a thread conforming with ISO 261 or ISO 262, or a thread comparable in pitch and mechanical strength (e.g. standard threads). The screws and nuts used for field wiring shall not serve to fix any other component. These connections are also permitted to clamp internal conductors provided that the internal conductors are so arranged that they will not be displaced when fitting the external conductors.

7.2.2.2 Terminal screws shall have minimum sizes as shown in Table 2. Stud terminals shall be provided with nuts and washers.

7.2.2.3 Terminals shall be so designed that they clamp the conductor between metal surfaces with sufficient contact pressure and without damage to the conductor. Terminals shall be so designed or located that the conductor cannot slip out when the clamping screws or nuts are tightened. Terminals shall be so fixed that, when the means of clamping the conductor is tightened or loosened:

- a) the terminal itself does not work loose,
- b) internal wiring is not subjected to stress,
- c) creepage distances and clearances are not reduced below the values specified in Clause 9.

Table 2 – Sizes of terminals for supply conductors

Rated current of equipment A	Minimum nominal thread diameter mm	
	Pillar type or stud type	Screw type
Up to and including 10	3,0	3,5
Over 10 up to and including 16	3,5	4,0
Over 16 up to and including 25	4,0	5,0
Over 25 up to and including 32	4,0	5,0
Over 32 up to and including 40	5,0	5,0

7.3 Connectors

7.3.1 A connector intended for use in the output circuit of a module shall be rated for the appropriate voltage and current, as per the requirements of the IEC 60439 61984 series. In addition, the connector shall comply with the requirements of Clause 5, with respect to flammability, comparative tracking index and relative thermal index for the support of live parts.

7.3.2 Unless a connector is appropriately evaluated for disconnect overload performance, the connector shall be assumed to be suitable for assembly only and not reliable as a disconnect means. See Clause 11.

7.3.3 A connector intended for exposure to the outdoor environment shall be enclosed by material which complies with the following:

- the requirements of Clause 5, with respect to UV resistance,
- resistance to inclusion of water, as per IEC 60529, equivalent to IP55,
- the steel ball impact test, per IEC 61721 60065, subclause 12.1.3 and Figure 8 with a vertical drop distance of 1 m,
- the requirements of the accessibility test, IEC 61730-2, MST 11.

7.3.4 Separable multi-pole connectors shall be polarised. If two or more separable connectors are provided, they shall be configured or arranged so that the other and vice-versa will not accept the mating connector for one, if it will result in an improper connection.

7.3.5 For a connector incorporating a grounding member, the grounding member shall be the first to make and the last to break contact with the mating connector.

7.3.6 Connectors that can be separated without the use of a tool shall not have accessible conductive parts, as determined by 10.2 of IEC 61730-2.

7.4 Output lead or cables

Leads extending from the module shall be rated for the appropriate system voltage, ampacity, wet locations, temperature and sunlight resistance.

8 Bonding and grounding

8.1 A module with accessible conductive parts which form a perimeter framing or mounting system, or have a conductive surface area of greater than 10 cm² accessible after installation shall have provision for grounding.

8.2 Modules rated as safety class II may be provided with provisions for functional grounding. Such grounding means shall be isolated from live parts by reinforced insulation (7.3.2.2 of IEC 61140).

8.3 Each exposed conductive part of the module that is accessible during normal use shall be bonded together, as verified by 10.4 of IEC 61730-2.

Exception: If conductive materials are used only as fasteners for installation and separated from the conductive components of the module by both appropriate insulation and spacings, they are not required to be bonded.

8.4 Routine maintenance of a module shall not involve breaking or disturbing the bonding path. A bolt, screw, or other part used for bonding purposes within a module or panel shall not be intended for securing the complete device to the supporting surface or frame.

8.5 Bonding shall be by a positive means, such as clamping, riveting, bolted or screwed connections, or welding, soldering or brazing. The bonding connection shall penetrate all non-conductive coatings, such as paint, anodised coatings or vitreous enamel.

8.6 All joints in the bonding path shall be mechanically secure, independently of any soldering.

8.7 If the bonding connection depends upon screw threads, two or more screws or two full threads of a single screw shall engage the metal.

8.8 The diameter of the grounding screw or bolt shall be sized appropriately to the gauge of the bonding conductor, as per Table 2.

8.9 A ferrous metal part in the grounding path shall be protected against corrosion by metallic or non-metallic coatings, such as painting, galvanising, or plating. Stainless steel is acceptable without additional coating.

8.10 A metal-to-metal multiple-bearing pin-type hinge is considered to be an acceptable means for bonding.

8.11 A wiring terminal or bonding location of a module intended to accommodate a field installed equipment grounding conductor shall be identified with the appropriate symbol (IEC 60417-5019(DB:2002-10)) or shall have a green-coloured part. No other terminal or location shall be identified in this manner.

8.12 If a marking is used to identify an equipment grounding terminal, it shall be located on or adjacent to the terminal, or on a wiring diagram affixed to the module or panel near the terminal.

9 Creepage and clearance distances

9.1 The creepage and clearance distances between uninsulated live parts not of the same potential and between a live part and an accessible metal part, shall not be less than the values specified in Tables 3 and 4.

These spacing requirements do not apply to the inherent spacings of a component. Such spacings shall comply with the requirements for the component in question. These distances also do not apply to solid insulation materials. Those insulation properties can be assessed through the tests outlined in IEC 61730-2.

9.2 Creepage and clearance distances at field wiring terminals are to be judged on module open-circuit voltage (V_{oc}). If additional unmarked terminals exist in the terminal block, or if wiring terminals are marked specifically for grounding, the creepage and clearance distances will be judged on the basis of the maximum system operating voltage.

Table 3 – Minimum acceptable creepage and clearance distances between field wiring terminals

Voltage V	mm
0 – 50	6,5
51 – 300	9,5
301 – 600	12,5
601 – 1 000	16
1 001 – 1 500	25

Table 4 – Minimum acceptable clearance distances between internal current-carrying parts and accessible points

Maximum system voltage V	Clearance mm		
	Class C	Class B	Class A
0 – 50	2	2	2
51 – 300		3,2	6,4
301 – 600		3,2	6,4
601 – 1 000		4,2	8,4
1 001 – 1 500		8	11

NOTE The encapsulant materials used in PV construction cannot be considered totally non-hygroscopic and the lamination process does not provide a truly sealed system. Therefore, creepage and clearance distances specified are based on pollution degree 2, material grade IIIa & IIIb, also case A, impulse voltage 8 kV. Rounding was done upward to promote conservative margins.

9.3 The spacings at a field-wiring terminal are to be measured with and without wire connected to the terminal. The wire shall be connected as it would be in actual use. If the terminal will properly accommodate it, and if the product is not marked to restrict its use, the wire is to be one size larger than that required, otherwise, the wire is to be the size required.

9.4 Surfaces separated by a gap of 0,4 mm or less are considered to be in contact with each other for the purpose of judging creepage distances.

10 Field wiring compartments with covers

10.1 General

Modules designed for the application of a permanently attached wiring system by an installer in the field shall be provided with an enclosed wiring compartment, which provides protection of the conductors and connections from environmental stress, protection from accessibility to live uninsulated parts and strain relief for the attached wiring system.

NOTE The considerations mentioned in Clause 5 apply to non-metallic wiring compartments.

10.2 Wall thickness

A wiring compartment intended for the attachment of a field-applied permanent wiring system shall provide the minimum wall thickness, based on the material used, as specified in Table 5.

Table 5 – Minimum wall thickness for given material

Material	Minimum thickness ^{a)}
	mm
Sheet steel, uncoated	1,35
Sheet steel, zinc coated	1,42
Sheet aluminium	1,59
Cast iron, aluminium, brass, or bronze	2,4
Polymeric materials	3

^{a)} If the wall thickness is less than the specified values, acceptability is to be determined from the results of the impact test, the crushing resistance test, the conduit bending tests, and the end-product 5 V flammability tests. For enclosure with conduit, see Table 6.

10.3 Internal volume

A minimum internal volume for each intended conductor, including integral conductors of the module, shall be provided in a wiring compartment, within $\pm 5\%$ as given in Table 6.

Table 6 – Minimum internal volume/conductor for given conductor size

Conductor size	Minimum internal volume, each conductor
	cm ³
1,5 mm ²	25
No. 14 AWG	33
2,5 mm ²	40
No. 12 AWG	36,9
4 mm ²	60

In the space comprising the minimum required volume, no enclosure dimension shall be less than 20 mm.

10.4 Openings

All openings shall be provided with appropriate coverings (such as knockouts, plugs, etc.), whose functions comply with the requirements of 5.2.1, the wet leakage test of Subclause 10.20 of IEC 61646 and the accessibility test of Subclause 10.2 of IEC 61730-2, and should only be able to be removed by the use of a tool.

10.5 Gaskets and seals

Gaskets and seals shall not deteriorate beyond limits during accelerated ageing, and shall not be used where they may be subject to flexing during normal operation. See accelerated ageing test, IEC 60216-1.

10.6 Strain relief

Strain relief shall be provided so that stress on a lead intended for field connection, or otherwise likely to be handled in the field, including a flexible cord, is not transmitted to the electrical connection inside the module. Mechanical securement means which comply with 10.14 of IEC 61215 meet this requirement.

10.7 Sharp edges

10.7.1 The enclosure shall be smooth and free from sharp edges, burrs, or the like that may damage insulation or conductors.

Compliance shall be done by inspection.

10.7.2 This requirement also applies to the inner edges of conduit openings and knockouts.

10.8 Conduit applications – Metallic

10.8.1 A threaded hole in a metal wiring compartment intended for the connection of rigid metal conduit shall be reinforced to provide metal not less than 6,4 mm (1/4 in.) thick, and shall be tapered unless a conduit end stop is provided.

10.8.2 If threads for the connection of conduit are tapped all the way through a hole in a compartment wall, or if an equivalent construction is employed, there shall not be less than 3,5 nor more than 5 threads in the metal and the construction shall be such that a conduit bushing can be attached as intended.

10.8.3 If threads for the connection of conduit are not tapped all the way through a hole in a compartment wall, there shall not be less than 5 full threads in the metal and there shall be a smooth, rounded inlet hole for the conductors which shall afford protection to the conductors equivalent to that provided by a standard conduit bushing.

10.8.4 For a non-threaded opening in a metal wiring compartment intended to accommodate rigid metallic conduit, a flat surface of sufficient area shall be provided around the opening to accept the bearing surfaces of the bushing and lock washer.

10.8.5 Conduit shall comply with the Conduit bending test described in Clause 11 of IEC 61730-2, MST 33.

10.9 Conduit applications – Non-metallic

10.9.1 The sides, end walls, and bottom of a non-metallic wiring enclosure specified for conduit applications shall not have a thickness less than the values specified in Table 7.

Table 7 – Wall thickness of polymeric boxes intended for conduit

Trade size of conduit mm	Minimum wall thickness mm
13 to 25	3
26 to 50	4
51 to 100	5

10.9.2 A non-metallic wiring compartment intended to accommodate non-metallic conduit shall have the following:

- one or more unthreaded conduit-connection sockets integral with the compartment that comply with the requirements of the conduit system intended;
- one or more threaded or unthreaded openings for a conduit-connection socket, or one or more knockouts that comply with the requirements of IEC 61730-2, MST 44;
- compliance with Subclause 11.2 of IEC 61730-2, MST 33, if intended for rigid non-metallic conduit. A module which does not comply with MST 33 shall be marked "For use with non-rigid non-metallic conduit only." Modules which comply with MST 33 may be marked "For use with rigid non-metallic conduit".

10.9.3 A socket for the connection of non-metallic conduit shall provide a positive end stop for the conduit. The socket diameters, the throat diameter at the entrance to the box, the socket depths, and the wall thickness of the socket shall be within the limits specified in the applicable conduit system.

10.9.4 A knockout or opening in a non-metallic wiring compartment intended to accommodate rigid non-metallic conduit shall comply with the dimensional requirements of the applicable conduit system.

11 Marking

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

- name, monogram or symbol of manufacturer;
- type or model number;
- serial number;
- polarity of terminals or leads (colour coding is permissible);
- maximum system voltage for which the module is suitable;
- safety class in accordance with IEC 61140, if applicable.

The date and place of manufacture shall be marked on the module or be traceable from the serial number.

NOTE International symbols should be used where applicable.

11.2 These additional markings shall be applied to either the module or placed into the instruction and installation data (required documents). All electrical data should be shown as relative to standard test conditions (1 000 W/m² at 25 °C):

- voltage at open-circuit;
- current at short-circuit;
- maximum over-current protection rating, as verified by IEC 61730-2, MST 26;
- recommended maximum series/parallel module configurations;
- application class of product.

11.3 Connectors suitable only for field assembly of modules shall be marked “Do not disconnect under load”.

11.4 For modules with open-circuit voltage in excess of 50 V, and/or modules rated for maximum system voltage in excess of 50 V, a highly visible warning label regarding the shock hazard shall be applied near the means of connection to the module.

12 Requirements for supplied documents

12.1 A module or panel shall be supplied with installation instructions describing the methods of electrical and mechanical installation and the electrical ratings of the module. The instructions shall state the application class under which the module was qualified and any specific limitations required for that application class.

12.2 When the fire rating is dependent on a specific mounting structure, specific spacing, or specific means of attachment to the roof or structure, details of the specific parameter or parameters shall be included in the instructions.

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

- the grounding method to be used;
- the size, type, and temperature rating of the conductors to be used;
- recommended maximum series/parallel module configurations;
- the type of overcurrent protection and diode bypassing to be used;
- the minimum cable diameters when the wiring method is cable;
- any limitations on wiring methods that apply to the wiring compartment or box.

12.4 The mechanical installation instructions for roof mounting shall include:

- a statement indicating the minimum mechanical means for securing the module or panel to the roof;
- for a non-integral module or panel, a statement that the assembly is to be mounted over a fire resistant roof covering rated for the application;
- indication of any slope required for maintaining a fire class rating.

12.5 The installation instructions shall include a statement advising that artificially concentrated sunlight shall not be directed on the module or panel.

12.6 Assembly instructions shall be provided with a product shipped in subassemblies, and shall be detailed and adequate to the degree required to facilitate total assembly of the product.

12.7 To allow for increased output of a module resulting from certain conditions of use, the installation instructions shall include the following statement or the equivalent:

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

13 Modifications

13.1 Any significant redesign or reconfiguration of the electrical or mechanical elements of a module previously qualified under both this part of IEC 61730 and verified by testing in IEC 61730-2 will require an engineering re-examination in order to determine the effect of those modifications. Based on that re-examination, additional testing under IEC 61730-2 may be deemed necessary.

~~**13.2** Guidance on this can be obtained in the blank detail specifications, IEC 62145 (under consideration).~~

Bibliography

IEC 60189-1, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*

IEC 60364-1, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

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

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

IEC 62145, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Blank detail specification*³

ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*

ISO 9773, *Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small-flame ignition source*

ANSI/UL 1439, *Standard for determination of sharpness of edges on equipment*

³ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application et objet	23
2 Références normatives	23
3 Classes d'application	25
3.1 Généralités	25
3.2 Classe A: Accès général, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses	25
3.3 Classe B: Accès restreint, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses	25
3.4 Classe C: Tension limitée, applications de puissance limitées	25
4 Exigences de construction	25
4.1 Exigences générales	25
4.2 Pièces métalliques	26
5 Matériaux polymérisés	26
5.1 Généralités	26
5.2 Polymères servant d'enveloppe aux parties actives	27
5.3 Polymères servant de support aux parties actives	27
5.4 Polymères servant de surface extérieure	28
5.5 Barrières	29
5.6 Matériaux de vernissage de structure	29
6 Câblage interne et parties conductrices	29
6.1 Câblage interne	29
6.2 Raccords	29
6.3 Fixation mécanique	29
7 Connexions	30
7.1 Exigences générales	30
7.2 Bornes de câblage	30
7.3 Connecteurs	31
7.4 Fil de sortie ou câble	31
8 Continuité de masse et mise à la terre	31
9 Lignes de fuite et distances d'isolement	32
10 Compartiments de câblage avec couvercle	33
10.1 Généralités	33
10.2 Epaisseur de la paroi	33
10.3 Volume interne	34
10.4 Ouvertures	34
10.5 Joints et joints d'étanchéité	34
10.6 Serre-câble	34
10.7 Angles vifs	35
10.8 Applications de conduit – Métalliques	35
10.9 Applications de conduit – Non métalliques	35
11 Marquage	36
12 Exigences pour les documents fournis	37
13 Modifications	38
Bibliographie	39

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

Cette version consolidée de la CEI 61730-1 comprend la première édition (2004) [documents 82/356/FDIS et 82/365/RVD], son amendement 1 (2011) [documents 82/659A/FDIS et 82/677/RVD] et son amendement 2 (2013) [documents 82/754/FDIS et 82/762/RVD]. Elle porte le numéro d'édition 1.2.

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions sont barrées.

La Norme internationale CEI 61730-1 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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

La CEI 61730 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV)*:

Partie 1: Exigences pour la construction

Partie 2: Exigences pour les essais

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

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

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

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

Partie 1: Exigences pour la construction

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61730 décrit les exigences fondamentales de construction pour les modules photovoltaïques (PV) afin de fournir un fonctionnement électrique et mécanique sûr au cours de leur durée de vie. 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 la CEI 61730 se rapporte aux exigences particulières de construction. La CEI 61730-2 présente les exigences d'essais.

Cette norme tente de définir les exigences de base pour différentes classes d'application de modules, mais elle ne peut être considérée comme couvrant tous les codes de construction nationaux et régionaux. Les exigences spécifiques pour les applications maritimes et les véhicules ne sont pas couvertes. Cette norme n'est pas applicable aux modules avec des onduleurs CA (modules CA).

Cette norme est conçue de telle façon que sa séquence d'essai peut être coordonnée avec celles de la CEI 61215 ou de la CEI 61646, de sorte qu'un seul échantillonnage puisse être utilisé pour effectuer les évaluations de performance et de sécurité d'un module photovoltaïque.

L'objet de ce document est de fournir un guide fondamental en certifiant la construction fondamentale de modules photovoltaïques présentés pour approbation de sécurité selon les essais de la CEI 61730-2. Ces exigences sont destinées à minimiser les mauvaises applications et les mauvaises utilisations des modules ou le claquage de composants internes qui produiraient des incendies, des chocs électriques et des préjudices humains. La norme définit les exigences de sécurité de base de construction et des essais supplémentaires qui sont fonction des applications finales du module.

Les exigences des composants sont destinées à démontrer que la performance de ce composant convient à son application dans la construction du module et à l'environnement.

NOTE Il convient que 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, soient considérées en plus des exigences contenues dans ce document.

2 Références normatives

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

CEI 60065, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

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

~~CEI 60130 (toutes les parties), Connecteurs utilisés aux fréquences jusqu'à 3 MHz~~

CEI 60189-2, *Câbles et fils pour basses fréquences isolés au PVC et sous gaine de PVC – Deuxième partie: Câbles en paires, tierces, quarts et quintes pour installations intérieures*

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

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

CEI 60364-5-51, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-51: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Règles communes*

CEI 60417-DB:2002¹, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

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

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

CEI 60695-1-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-1: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Directives générales*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-20: Méthodes d'essai au fil chauffant ou incandescent – Allumabilité par bobine de fil chauffant – Appareillage, méthode d'essai et lignes directrices²*

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

CEI 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flamme d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*

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

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61215, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61646, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61721, *Susceptibilité d'un module photovoltaïque au dommage par impact accidentel (résistance à l'essai d'impact)*

CEI 61730-2:2004, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais*

CEI 61984, *Connecteurs – Exigences de sécurité et essais*

ISO 261, *Filetages métriques ISO pour usages généraux – Vue d'ensemble*

ISO 262, *Filetages métriques ISO pour usages généraux – Sélection de dimensions pour la boulonnerie*

ANSI/UL 746C, *Standard for Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluation*

¹ «DB» se réfère à la base de données «en-ligne» de la CEI.

² L'édition 2004 de cette publication a été retirée en 2007. Une nouvelle édition est actuellement à l'étude.

ANSI Z97.1, *American National Standard for Safety Glazing Materials Used in Buildings – Safety Performance Specifications and Methods of Test*

ASTM D2303-97, *Standard Test Methods for Liquid-Contaminant, Inclined-Plane Tracking and Erosion of Insulating Materials*

ASTM E162-02a, *Standard Test Method for Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source*

3 Classes d'application

3.1 Généralités

Les modules photovoltaïques peuvent être installés dans de nombreuses applications différentes. Il est par conséquent important d'évaluer les risques potentiels associés à ces applications et d'évaluer la construction du module en conséquence.

Les exigences de sécurité appropriées et les essais nécessaires doivent être réalisés pour vérifier la conformité aux exigences de cette classe d'application. Cet article définit ces classes d'application et les qualités de construction exigées pour chaque classe.

Les classes d'application pour les modules PV sont définies de la façon suivante:

3.2 Classe A: Accès général, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses

Les modules assignés pour utilisation dans cette classe d'application peuvent être utilisés dans des systèmes fonctionnant à plus de 50 V c.c. ou 240 W, là où un accès de contact général est prévu. Les modules qualifiés pour la sécurité dans la présente partie de la CEI 61730 et la CEI 61730-2 et dans cette classe d'application sont considérés comme répondant aux exigences de la classe de sécurité II.

3.3 Classe B: Accès restreint, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses

Les modules assignés pour utilisation dans cette classe d'application sont restreints aux systèmes protégés de l'accès au public par des clôtures, leur emplacement, etc. Les modules évalués dans cette classe d'application fournissent une protection par une isolation de base et sont considérés comme répondant aux exigences de la classe de sécurité 0.

3.4 Classe C: Tension limitée, applications de puissance limitées

Les modules assignés pour utilisation dans cette classe d'application sont restreints aux systèmes fonctionnant à moins de 50 V c.c. et 240 W, là où un accès de contact général est prévu. Les modules requis pour la sécurité dans la présente partie de la CEI 61730 et la CEI 61730-2 et dans cette classe d'application sont considérés comme répondant aux exigences de la classe de sécurité III.

NOTE Les classes de sécurité sont définies dans la CEI 61140.

4 Exigences de construction

4.1 Exigences générales

4.1.1 Tous les modules doivent être capables de fonctionner dans des conditions environnementales de type AB8 conformément à la CEI 60364-5-51.

4.1.2 Un module doit être complètement assemblé lorsqu'il est expédié de l'usine, ou doit être fourni en sous-ensembles, à condition que l'assemblage du produit n'entraîne aucun effet susceptible d'affecter la conformité aux exigences de la série CEI 61730.

4.1.3 Une pièce d'assemblage, telle qu'une protection du compartiment terminal, n'a pas besoin d'être reliée au module dans l'usine. L'intégration d'un module dans l'assemblage final ne doit nécessiter aucune modification du module par rapport à sa forme évaluée à l'origine, à moins que des détails spécifiques décrivant des modifications nécessaires ne soient fournis dans les instructions d'installation.

4.1.4 S'il faut qu'un module ait une relation précise avec un autre module pour l'installation et le fonctionnement prévus (par exemple pour permettre aux connecteurs de s'accoupler), il doit être construit pour permettre l'intégration dans l'assemblage final sans besoin de modification.

4.1.5 La construction d'un module doit être telle que la continuité de terre n'est pas interrompue par l'installation.

4.1.6 Les pièces doivent être protégées du desserrement ou de la rotation, si un tel desserrement ou une telle rotation peuvent entraîner un risque de feu, un choc électrique ou des blessures corporelles.

4.1.7 Un frottement entre les surfaces, tel qu'une simple pression, n'est pas acceptable comme seul moyen d'empêcher la rotation ou le desserrement d'une pièce.

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

4.2 Pièces métalliques

4.2.1 Les métaux utilisés dans des emplacements exposés à l'humidité ne doivent pas être utilisés seuls ou sous forme d'associations susceptibles d'entraîner des détériorations, de telle sorte que le produit ne serait pas en conformité avec les exigences de la présente norme.

4.2.2 Le fer ou l'acier doux servant de pièce nécessaire du produit mais non exposés au temps doivent être métallisés, peints ou émaillés pour être protégés de la corrosion.

4.2.3 Il n'est pas nécessaire de protéger davantage les bords simples cisailés ou coupants et les trous poinçonnés.

5 Matériaux polymérisés

5.1 Généralités

Tous les matériaux en polymère doivent avoir un indice **d'endurance** thermique relatif minimal (électrique et mécanique comme défini par la CEI 60216-5) de 20 °C au-dessus de la température de fonctionnement maximale mesurée du matériau prévu pour l'application, comme mesuré au cours de l'essai de température (CEI 61730-2, MST 21).

NOTE Les polymères servant de substrat inversé ou de substrat ont des exigences supplémentaires, comme spécifié en 5.3 et 5.4.

Les polymères sont classés dans ~~quatre~~ **cinq** catégories opérationnelles:

- les polymères servant d'enveloppe aux parties métalliques actives (telles qu'une boîte de jonction) **doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 5.2;**
- les polymères servant de support des parties métalliques actives (telles que les bornes intégrées) **doivent satisfaire aux exigences de 5.3;**
- les polymères servant de surface extérieure pour le module (telles que une face avant et une face arrière) qui ne fournissent pas la solidité mécanique majeure pour le module **doivent satisfaire aux exigences de 5.4;**
- les polymères servant de ~~surface extérieure pour le module (telle que le~~ substrat inversé ou ~~le~~ de substrat) qui fournissent un renforcement rigide ou servent de porte-cellules actives;
 - Si les substrats ou substrats inversés polymérisés sont prévus pour être en contact avec les cellules actives, ils doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 5.3.
 - Si les substrats ou substrats inversés polymérisés sont prévus pour être utilisés sur une surface extérieure, ils doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 5.4.
 - Si des substrats ou des substrats inversés polymérisés sont prévus pour être en contact avec des cellules actives ou d'autres éléments de circuit et être en contact avec des surfaces extérieures ils doivent satisfaire aux exigences spécifiées en 5.3. et en 5.4.
- les barrières **doivent satisfaire aux exigences de 5.5.**

Exception: Il n'est pas exigé des matériaux d'encapsulation qu'ils remplissent ces exigences.

5.2 Polymères servant d'enveloppe aux parties actives

Un matériau polymérisé servant d'enveloppe d'une pièce impliquant un risque de feu ou un choc électrique doit être conforme aux exigences suivantes:

- a) caractéristiques d'inflammabilité 5V (CEI 60695-11-20), soit par l'essai du matériau, soit par l'essai ~~dans la conception~~ du produit fini ~~(CEI 60695-1-1)~~;
- b) caractéristiques d'inflammabilité 5V, soit par l'essai du matériau, soit par l'essai de la ~~conception du produit fini~~ (CEI 60695-11-20), après immersion dans l'eau et ~~essai d'exposition du produit fini~~ (CEI 60695-1-1);
- c) résistance au rayonnement ultraviolet (si exposition directe à la lumière du soleil dans l'application), comme déterminé conformément à l'ANSI/UL 746C ou l'ISO 4892-2. Condition d'essai définie par Xenon cycle 1 à 0,35 W/m²/nm ou 41 W/m² (dans la gamme de longueurs d'ondes de 300 nm à 400 nm), durée d'essai de 1 000 h; les critères d'acceptation équivalents à la norme UL 746C doivent être appliqués, et
- d) une résistance minimale aux caractéristiques d'allumage au fil incandescent de 30 ~~(CEI 60695-1-1 60695-2-20)~~.

5.3 Polymères servant de support aux parties actives

Un matériau polymérisé servant de support ou d'isolation d'une pièce impliquant un risque de feu ou un choc électrique doit:

- a) avoir une classification d'inflammabilité de HB, V-2, V-1, ou V-0 **conformément à la CEI 60695-11-10** et avoir des caractéristiques d'allumage d'arc en courant élevé minimales déterminées conformément à ~~la CEI 60695-1-1~~ **ANSI/UL 746C**, comme présenté au Tableau 1,

Tableau 1 – Caractéristique élevée d'allumage d'arc pour une classification d'inflammabilité donnée

Classification d'inflammabilité	Caractéristiques d'allumage d'arc en courant élevé
HB	60
V-2	30
V-1	30
V-0	15

- b) avoir un indice de résistance au cheminement (CTI) de 250 ~~V~~ ou plus, si la valeur de la tension du système est de 600 V ou moins, comme déterminé conformément à la CEI 60112,

NOTE 1 Les matériaux polymérisés ayant un CTI d'au moins 250 sont dans le groupe de matériau IIIa de la CEI 60664-1.

- c) avoir une caractéristique de cheminement de l'inclinaison de 1 h en utilisant la méthode temps/cheminement à 2,5 kV selon ~~l'ASTM D2303~~ la CEI 60587, si les caractéristiques de tension de fonctionnement maximale du système sont dans la gamme 601 V à 1 500 V, et
- d) être conforme aux exigences pour l'exposition au rayonnement ultraviolet, comme déterminé conformément à ANSI/UL 746C ~~ou l'ISO 4892-2~~, si exposé directement à la lumière du soleil au cours du fonctionnement normal du produit. **Condition d'essai définie par Xenon cycle 1 à 0,35 W/m²/nm ou 41 W/m² (dans la gamme de longueurs d'ondes de 300 nm à 400 nm), durée d'essai de 1 000 h; les critères d'acceptation équivalents à la norme UL 746C doivent être appliqués.**

NOTE 2 Les matériaux polymérisés qui sont exposés directement à la lumière du soleil mais protégés par du verre, ou autre matériau transparent, peuvent être essayés avec une couche équivalente de ce matériau atténuant l'exposition au rayonnement ultraviolet au cours de l'essai.

5.4 Polymères servant de surface extérieure

5.4.1 Un substrat ou substrat inversé polymérisé doit avoir un indice **d'endurance** thermique **relatif** à la fois électrique et mécanique, comme déterminé conformément à la CEI 60216-5, d'au moins 90 °C. De plus, l'indice **d'endurance** thermique **relatif** doit être d'au moins 20 °C au-dessus de la température de fonctionnement maximale mesurée du matériau comme mesuré au cours de l'essai de température de la CEI 61730-2, MST 21.

5.4.2 Les matériaux polymérisés qui servent d'enveloppe extérieure à un module qui (1) est prévu pour être installé dans un système multi-modules ou par panneaux ou qui (2) a une zone exposée supérieure à 1 m² ou une dimension unique supérieure à 2 m doivent avoir un indice de propagation de flamme maximal de 100, comme déterminé dans l'ASTM E162-02a.

NOTE Les matériaux qui servent d'enveloppe de câblage à un module, conformément à 6.1.1, n'ont pas besoin d'être conformes.

5.4.3 Si le matériau polymérisé est exposé directement à la lumière du soleil dans l'application, sa résistance au rayonnement ultraviolet (UV) doit avoir été évaluée, comme déterminé conformément à ANSI/UL 746C ~~ou à l'ISO 4892-2~~. **Condition d'essai définie par Xenon cycle 1 à 0,35 W/m²/nm ou 41 W/m² (dans la gamme de longueurs d'ondes de 300 nm à 400 nm), durée d'essai de 1 000 h; les critères d'acceptation équivalents à la norme UL 746C doivent être appliqués.**

5.4.4 Les matériaux polymérisés prévus pour utilisation comme substrat inversé ou substrat, sans pré-qualification d'isolement appropriée de la CEI, doivent être conformes aux exigences de l'essai de décharge partielle, CEI 61730-2, MST 15.

5.5 Barrières

Une barrière de matériau polymérisé isolant fournissant la seule isolation entre une partie active et une partie métallique accessible ou entre des parties actives non isolées qui n'ont pas le même potentiel doit avoir une épaisseur adéquate et un matériau approprié à l'application, comme défini par la CEI 61140. La barrière ou le séparateur doivent être maintenus en place et ne doivent pas être affectés défavorablement au point que leurs propriétés nécessaires descendent en dessous des valeurs minimales acceptables pour l'application.

5.6 Matériaux de vernissage de structure

Tous les matériaux de vernissage de structure utilisés comme substrat ou substrat inversé dans la construction de modules doivent être conformes aux exigences de sécurité de vernissage décrites dans l'ANSI Z97.1-93 par certification des matériaux ou par des essais conformes à MST 32.

6 Câblage interne et parties conductrices

Une partie et un câblage conducteurs doivent avoir la résistance mécanique et la capacité conductrice nécessaires pour son application.

6.1 Câblage interne

6.1.1 Le câblage utilisé dans un module doit avoir une isolation assignée pour un minimum de 90 °C, avec un calibre et des caractéristiques de tension acceptables pour l'application, comme défini par les exigences de la CEI 60189-2, si applicables.

6.1.2 Le câblage d'un module doit être localisé de telle sorte qu'après l'installation du produit de la façon prévue, l'isolation ne sera pas exposée aux effets de dégradation de la lumière directe du soleil.

Exception: Les câblages avec taux d'isolation résistant au soleil ne nécessitent pas d'être localisés.

6.2 Raccords

Un raccord doit être considéré acceptable avec l'isolation équivalente à celle requise pour le câblage impliqué.

6.3 Fixation mécanique

6.3.1 Une jonction ou une connexion doivent être fixés mécaniquement et doivent fournir un contact électrique sans contraintes sur les connexions et les bornes. Des connexions soudées entre les interconnexions des modules et les métallisations des éléments sont considérées comme mécaniquement fixées lorsqu'elles sont maintenues par des systèmes d'encapsulation.

6.3.2 Une partie active non isolée, incluant une borne, doit être fixée sur sa surface de support, de telle sorte qu'elle ne puisse pas tourner ou se déplacer lorsqu'elle est en place, si un tel mouvement peut entraîner une réduction des espacements inférieure à celle exigée dans les Tableaux 3 et 4.

7 Connexions

7.1 Exigences générales

7.1.1 Un module doit être fourni avec des bornes de câblage, des connecteurs ou des fils de sortie pour s'adapter aux conducteurs du circuit de charge qui transportent le courant.

7.1.2 Les connexions doivent être soit assignées pour exposition directe à la lumière du soleil, comme défini à l'Article 5, soit localisées de telle sorte qu'après l'installation, elles ne seront pas exposées aux effets de dégradation de la lumière directe du soleil.

7.2 Bornes de câblage

7.2.1 Si le module contient un bloc de terminaison de câblage, il doit être assigné pour les valeurs convenables de tension et de courant pour l'application et construit en conformité avec les exigences de la CEI 60947-1.

7.2.2 Si le module contient des terminaisons de câblage intégrées dans la construction de la boîte de terminaison, elles doivent être conformes aux exigences suivantes:

7.2.2.1 Les vis et écrous qui serrent des conducteurs externes doivent avoir un filetage conforme à l'ISO 261 ou à l'ISO 262, ou un filetage comparable en pas et résistance mécanique (par exemple filetages normalisés). Les vis et écrous utilisés pour le câblage ne doivent pas servir à fixer tout autre composant. Ces connexions sont également autorisées à serrer des conducteurs internes, à condition que les conducteurs internes soient assemblés de telle sorte qu'ils ne seront pas déplacés en ajustant les conducteurs externes.

7.2.2.2 Les vis de terminaison doivent avoir des dimensions minimales telles que celles figurant dans le Tableau 2. Les embouts de terminaison doivent être fournis avec les écrous et les rondelles.

7.2.2.3 Les bornes doivent être conçues de telle sorte qu'elles serrent le conducteur entre les surfaces métalliques avec une pression de contact suffisante et sans endommager le conducteur. Les bornes doivent être conçues ou localisées de telle sorte que le conducteur ne puisse pas sortir lorsque les vis ou les écrous de serrage sont resserrés. Les bornes doivent être fixées de telle sorte que, lorsque le moyen de serrage du conducteur est resserré ou desserré:

- a) la borne elle-même ne se desserre pas,
- b) le câblage interne n'est pas soumis aux contraintes,
- c) les lignes de fuite et les distances d'isolement ne sont pas réduites en dessous des valeurs spécifiées à l'Article 9.

Tableau 2 – Dimensions des bornes pour les conducteurs d'alimentation

Courant assigné de l'équipement A	Diamètre nominal minimal des fils mm	
	Type pilier ou type embout	Type vis
Jusqu'à 10 inclus	3,0	3,5
De 10 à 16 inclus	3,5	4,0
De 16 à 25 inclus	4,0	5,0
De 25 à 32 inclus	4,0	5,0
De 32 à 40 inclus	5,0	5,0

7.3 Connecteurs

7.3.1 Un connecteur prévu pour utilisation dans le circuit de sortie d'un module doit être assigné à la tension et au courant appropriés, selon les exigences de la série CEI-~~60130~~ **61984**. De plus, le connecteur doit être conforme aux exigences de l'Article 5, en ce qui concerne l'inflammabilité, l'indice de résistance au cheminement et l'indice thermique relatif pour le support des parties actives.

7.3.2 A moins qu'un connecteur soit évalué de façon appropriée pour déconnecter le comportement en surcharge, le connecteur doit être supposé approprié à l'assemblage uniquement et non fiable comme moyen de déconnexion. Voir l'Article 11.

7.3.3 Un connecteur prévu pour exposition à l'environnement extérieur doit être placé à l'intérieur d'un matériau conforme à ce qui suit:

- a) les exigences de l'Article 5, en ce qui concerne la résistance aux UV,
- b) la résistance à l'inclusion d'eau, selon la CEI 60529, équivalente à l'IP55,
- c) l'essai d'impact par billes d'acier, selon la CEI-~~61721~~ **60065**, paragraphe 12.1.3 et Figure 8 avec une distance verticale de chute d'1 m,
- d) les exigences de l'essai d'accessibilité, CEI 61730-2, MST 11.

7.3.4 Les connecteurs multi-pôles séparables doivent être polarisés. Si deux ou plusieurs connecteurs séparables sont fournis, ils doivent être configurés ou disposés de telle sorte que l'autre, et inversement, n'acceptera pas le connecteur de couplage pour l'un, si cela doit entraîner une connexion incorrecte.

7.3.5 Pour un connecteur intégrant une liaison de masse, la liaison de masse doit être la première à réaliser le contact avec le connecteur de couplage et la dernière à rompre le contact avec ce dernier.

7.3.6 Les connecteurs qui peuvent être séparés sans l'utilisation d'un outil ne doivent pas avoir de parties conductrices accessibles, comme déterminé par 10.2 de la CEI 61730-2.

7.4 Fil de sortie ou câble

Les fils de sortie émergeant du module doivent être assignés pour la tension de système, le courant admissible, les emplacements mouillés, la température et la résistance au soleil appropriés.

8 Continuité de masse et mise à la terre

8.1 Un module avec des parties conductrices accessibles qui forment l'armature du périmètre ou le système de montage, ou qui a une surface conductrice supérieure à 10 cm² accessible après l'installation doit avoir des dispositions pour la mise à la masse.

8.2 Les modules assignés en classe de sécurité II peuvent être équipés de dispositions pour mise à la terre fonctionnelle. De tels moyens de mise à la terre doivent être isolés des parties actives par une isolation renforcée (7.3.2.2 de la CEI 61140).

8.3 Chaque partie conductrice exposée du module qui est accessible en fonctionnement normal doit être liée, comme vérifié par 10.4 de la CEI 61730-2.

Exception: Si les matériaux conducteurs sont utilisés uniquement comme dispositifs de fixation pour installation et séparés des composants conducteurs du module par une isolation et des espacements appropriés, il n'est pas nécessaire qu'ils soient liés.

8.4 L'entretien courant d'un module ne doit pas impliquer de rupture ou de perturbation de la zone de soudure. Un boulon, une vis ou toute autre pièce utilisée pour la continuité de masse dans un module ou un panneau ne doivent pas servir à la fixation du dispositif complet à la surface ou au cadre de support.

8.5 La continuité de masse doit se faire par un moyen positif, tel que le serrage, le rivetage, des connexions boulonnées ou vissées, ou par fonte, soudure ou brasage. La connexion de soudure doit rentrer dans tous les revêtements non conducteurs, tels que la peinture, les revêtements anodisés ou l'émail vitrifié.

8.6 Toutes les jonctions dans la zone de soudure doivent être fixées mécaniquement, indépendamment de toute soudure.

8.7 Si la connexion de soudure dépend de pas de vis, deux vis ou plus ou deux filetages complets d'une seule vis doivent s'insérer dans le métal.

8.8 Le diamètre de la vis ou du boulon de mise à la terre doit être calibré de façon appropriée au calibre du conducteur de soudure, comme selon le Tableau 2.

8.9 Une pièce métallique en fer dans le trajet de mise à la terre doit être protégée contre la corrosion par des revêtements métalliques ou non métalliques, tels que la peinture, la galvanisation ou le revêtement métallique. L'acier inoxydable est acceptable sans revêtement supplémentaire.

8.10 Un pivot de type broche à support multiple métal sur métal est considéré comme étant un moyen acceptable pour la continuité de masse.

8.11 Une borne de câblage ou un emplacement de continuité de masse d'un module prévus pour s'adapter à un conducteur de mise à la terre de l'équipement installé doivent être identifiés avec le symbole approprié (CEI 60417-5019(DB:2002-10)) ou doivent avoir une pièce de couleur verte. Aucune autre borne ou aucun autre emplacement ne doivent être identifiés de cette façon.

8.12 Si un marquage est utilisé pour identifier une borne de mise à la terre de l'équipement, il doit être localisé sur la borne ou être adjacent à celle-ci, ou sur un diagramme de câblage fixé au module ou au panneau à côté de la borne.

9 Lignes de fuite et distances d'isolement

9.1 Les lignes de fuite et distances d'isolement entre des parties actives non isolées n'ayant pas le même potentiel et entre une partie active et une partie métallique accessible ne doivent pas être inférieures aux valeurs spécifiées dans les Tableaux 3 et 4.

Ces exigences d'espacement ne s'appliquent pas aux espacements inhérents d'un composant. De tels espacements doivent être conformes aux exigences du composant en question. Ces distances ne s'appliquent pas non plus aux matériaux isolants solides. Ces propriétés d'isolement peuvent être évaluées par les essais indiqués dans la CEI 61730-2.

9.2 Les lignes de fuite et distances d'isolement aux bornes de câblage doivent être estimées sur la tension en circuit ouvert du module (V_{oc}). Si des bornes non marquées supplémentaires se trouvent dans le bloc de jonction, ou si des bornes de câblage sont marquées spécifiquement pour la mise à la terre, les lignes de fuite et distances d'isolement seront estimées en se basant sur la tension de fonctionnement maximale du système.

Tableau 3 – Lignes de fuite et distances d'isolement minimales acceptables entre les bornes de câblage

Tension V	mm
0 – 50	6,5
51 – 300	9,5
301 – 600	12,5
601 – 1 000	16
1 001 – 1 500	25

Tableau 4 – Distances d'isolement minimales entre les parties de circulation de courant internes et les parties accessibles

Tension maximale du système V	Distance d'isolement mm		
	Classe C	Classe B	Classe A
0 – 50	2	2	2
51 – 300		3,2	6,4
301 – 600		3,2	6,4
601 – 1 000		4,2	8,4
1 001 – 1 500		8	11

NOTE Les matériaux d'encapsulation utilisés dans les constructions du PV ne sont pas considérés comme étant totalement non hygroscopiques et le procédé de stratification ne fournit pas un système totalement étanche. Cependant les distances d'isolement et les lignes de fuites spécifiées sont basées sur un degré de pollution 2, le matériau de grade IIIa et IIIb, ainsi que pour le cas A d'impulsion de tension 8 kV. Les données ont été arrondies à la valeur supérieure afin de promouvoir des marges conservatives.

9.3 Les espacements sur une borne de câblage doivent être mesurés avec et sans le fil connecté à la borne. Le fil doit être connecté, comme il le serait en usage réel. Si la borne s'y adapte convenablement, et si le produit n'est pas marqué pour restreindre son utilisation, le fil doit être d'une dimension supérieure à celle exigée, autrement, le fil doit avoir la dimension exigée.

9.4 Les surfaces séparées par un espace de 0,4 mm ou moins sont considérées comme étant en contact les unes avec les autres pour estimer les lignes de fuite.

10 Compartiments de câblage avec couvercle

10.1 Généralités

Les modules conçus sur le terrain pour des applications avec un système de câblage fixé de façon permanente par un installateur doivent être fournis avec un compartiment de câblage fermé, qui permettra la protection des conducteurs et des connexions contre les contraintes environnementales, la protection des parties isolées et des protecteurs de cordon de toute accessibilité pour le système de câblage fixé.

NOTE Les considérations mentionnées à l'Article 5 s'appliquent aux compartiments de câblage non métalliques.

10.2 Epaisseur de la paroi

Un compartiment de câblage prévu pour la fixation d'un système de câblage permanent appliqué doit fournir l'épaisseur de paroi minimale, basée sur le matériau utilisé, comme spécifié dans le Tableau 5.