

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing

Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing

Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2: Exigences pour les essais

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-88912-882-2

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.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	7
3 Application classes.....	8
3.1 General.....	8
3.2 Class A: General access, hazardous voltage, hazardous power applications.....	8
3.3 Class B: Restricted access, hazardous voltage, hazardous power applications.....	8
3.4 Class C: Limited voltage, limited power applications.....	8
4 Test categories.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Preconditioning tests.....	9
4.3 General inspection	9
4.4 Electrical shock hazard tests.....	9
4.5 Fire hazard tests	9
4.6 Mechanical stress tests	10
4.7 Component tests	10
5 Application classes and their necessary test procedures	10
6 Sampling	12
7 Test report.....	12
8 Testing	13
9 Pass criteria	16
10 Test procedures	16
10.1 Visual inspection MST 01	16
10.2 Accessibility test MST 11	16
10.3 Cut susceptibility test MST 12	17
10.4 Ground continuity test MST 13	20
10.5 Impulse voltage test MST 14	20
10.6 Dielectric withstand test MST 16	22
10.7 Temperature test MST 21.....	23
10.8 Fire test MST 23.....	25
10.9 Reverse current overload Test MST 26	25
10.10 Module breakage test MST 32.....	26
11 Component tests	31
11.1 Partial discharge-test MST 15	31
11.2 Conduit bending test MST 33	31
11.3 Terminal box knockout tests MST 44.....	33
Annex A (normative) Fire tests, spread-of-flame and burning-brand tests	34
Bibliography.....	40

Figure 1 – Test sequences.....	15
Figure 2 – Cut susceptibility test	19
Figure 3 – Wave-form of the impulse voltage according to IEC 60060-1	22
Figure 4 – Impactor.....	28
Figure 5 – Impact test frame 1	29
Figure 6 – Impact test frame 2	30
Figure 7 – Test fixture assembly	32
Figure A.1 – Test apparatus for fire test.....	35
Figure A.2 – Burning brand construction	38
Table 1 – Preconditioning tests	9
Table 2 – General inspection test.....	9
Table 3 – Electrical shock hazard tests	9
Table 4 – Fire hazard tests	10
Table 5 – Mechanical stress tests	10
Table 6 – Component tests	10
Table 7 – Required tests, depending on the application class	11
Table 8 – Impulse voltage versus maximum system voltage.....	21
Table 9 – Component temperature limits.....	24
Table 10 – Bending loads	32

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE SAFETY QUALIFICATION –

Part 2: Requirements for testing

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 61730-2 consists of the first edition (2004) [documents 82/357/FDIS and 82/366/RVD] and its amendment 1 (2011) [documents 82/660/FDIS and 82/678/RVD]. It bears the edition number 1.1.

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

International Standard IEC 61730-2 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 2: Requirements for testing

1 Scope and object

This part of IEC 61730 describes the testing 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. IEC 61730-1 pertains to the particular requirements of construction. This part of IEC 61730 outlines the requirements of testing.

This standard attempts to define the basic requirements for various application classes of photovoltaic 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 co-ordinate 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 test-sequences of this standard are arranged in an optimal way so that tests of IEC 61215 or IEC 61646 can be used as basic preconditioning tests.

NOTE 1 The sequence of tests required in this standard may not test for all possible safety aspects associated with the use of PV modules in all possible applications. This standard utilizes the best sequence of tests available at the time of its writing. There are some issues, such as the potential danger of electric shock posed by a broken module in a high voltage system, that should be addressed by the systems design, location, restrictions on access and maintenance procedures.

The object of this document is to provide the testing sequence intended to verify the safety of PV modules whose construction has been assessed by IEC 61730-1. The test sequence and pass criteria are designed to detect the potential breakdown of internal and external components of PV modules that would result in fire, electric shock and personal injury. The standard defines the basic safety test requirements and additional tests that are a function of the module end-use applications.

Test categories include general inspection, electrical shock hazard, fire hazard, mechanical stress, and environmental stress.

NOTE 2 The additional testing 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 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60664-1:~~1992~~, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1 Principles, requirements and tests*
Amendment 2 (2002)

IEC 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar-cells devices*

~~IEC 60904-6, Photovoltaic devices – Part 6: Requirements for reference solar modules~~

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:~~2004~~, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61646:~~1996~~, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

IEC 61730-1:~~2004~~, *Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ANSI/UL 514C, *Non-metallic outlet boxes, flush device boxes and covers*

ANSI/UL 790, *Tests for Fire Resistance of Roof Covering Materials*

ANSI/UL 1703, *Flat – Plate Photovoltaic Modules and Panels*

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

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 IEC 61730-1 and this part of IEC 61730 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 IEC 61730-1 and this part of IEC 61730 within this application class are considered to meet the requirements for safety class III.

NOTE Safety classes are defined within IEC 61140.

4 Test categories

4.1 General

The following hazards might influence the lifetime and the safety of PV modules. In accordance with these hazards, test procedures and criteria are described. The specific tests to which a module will be subjected will depend on the end use application for which the minimum tests are specified in Clause 5.

NOTE Module safety tests are labelled MST.

Tables 1 to 6 show the origin of the required tests. For some tests, the third column shows for information the origin of the tests, but the appropriate test requirements are given in Clauses 10 and 11. The rest of the tests are based on or identical to IEC 61215/IEC 61646, and references to the relevant Clauses are given in the last two columns. Some of the IEC 61215/IEC 61646-based tests were modified for IEC 61730-2 and are included in Clauses 10 and 11.

4.2 Preconditioning tests

Table 1 – Preconditioning tests

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 51	Thermal cycling (TC50 or TC200)		10.11	10.11
MST 52	Humidity freeze (HF10)		10.12	10.12
MST 53	Damp heat (DH1000)		10.13	10.13
MST 54	UV preconditioning test		10.10	10.10

4.3 General inspection

Table 2 – General inspection test

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 01	Visual inspection		10.1	10.1

4.4 Electrical shock hazard tests

These tests are designed to assess the risk to personnel due to shock or injury because of contact with parts of a module that are electrically energised as a result of design, construction, or faults caused by environment or operation.

Table 3 – Electrical shock hazard tests

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 11	Accessibility test	ANSI/UL 1703		
MST 12	Cut susceptibility test (not required for glass surfaces)	ANSI/UL 1703		
MST 13	Ground continuity test (not required unless metal framed)	ANSI/UL 1703		
MST 14	Impulse voltage test	IEC 60664-1		
MST 16	Dielectric withstand test		10.3*	10.3*
MST 17	Wet leakage current test		10.15	10.20
MST 42	Robustness of terminations test		10.14	10.14
* The pass/fail criteria differ from those given in IEC 61215 and IEC 61646.				

4.5 Fire hazard tests

These tests assess the potential fire hazard due to the operation of a module or failure of its components.

Table 4 – Fire hazard tests

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 21	Temperature test	ANSI/UL 1703		
MST 22	Hot-spot test		10.9	10.9
MST 23	Fire test	ANSI/UL 790		
MST 25	Bypass diode thermal test		10.18	10.18
MST 26	Reverse current overload test	ANSI/UL 1703		

4.6 Mechanical stress tests

These tests are to minimise potential injury due to mechanical failure.

Table 5 – Mechanical stress tests

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 32	Module breakage test	ANSI Z97.1		
MST 34	Mechanical load test		10.16	10.16

4.7 Component tests

Table 6 – Component tests

Test	Title	References in Standards	According to	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 15	Partial discharge test	IEC 60664-1		
MST 33	Conduit bending	ANSI/UL 514C		
MST 44	Terminal box knock out test	ANSI/UL 514C		

5 Application classes and their necessary test procedures

The specific tests to which a module will be subjected, depending on the application class defined in IEC 61730-1, is described in Table 7. The order in which the tests are carried out shall be in accordance with Figure 1.

Some tests shall be carried out as preconditioning tests.

NOTE This test sequence has been designed so that IEC 61730-2 can be performed in conjunction with IEC 61215 or IEC 61646. In this way, the environmental stress tests in IEC 61215 or IEC 61646 can serve as the preconditioning tests for IEC 61730-2.

Table 7 – Required tests, depending on the application class

Application class			Tests
A	B	C	
X	X	X	Preconditioning tests:
X	X	X	MST 51 Thermal cycling (T50 or T200)
X	X	X	MST 52 Humidity freeze (10HF)
X	X	X	MST 53 Damp heat (DH1000)
X	X	X	MST 54 UV resistance pre-conditioning
X	X	X	General inspection test:
X	X	X	MST 01 Visual inspection
X	X	-	Electrical shock hazard tests:
X	X	-	MST 11 Accessibility test
X	X	-	MST 12 Cut susceptibility test
X	X	X	MST 13 Ground continuity test
X	X*	-	MST 14 Impulse voltage test
X	X*	-	MST 16 Dielectric withstand test
X	X	-	MST 17 Wet leakage current test
X	X	X	MST 42 Robustness of terminations test
X	X	X	Fire hazard tests:
X	X	X	MST 21 Temperature test
X	X	X	MST 22 Hot spot test
X**	-	-	MST 23 Fire test
X	X	-	MST 26 Reverse current overload test
X	-	X	Mechanical stress tests:
X	X	X	MST 32 Module breakage test
X	X	X	MST 34 Mechanical load test
X	-	-	Component tests:
X	X	-	MST 15 Partial discharge test
X	X	-	MST 33 Conduit bending
X	X	X	MST 44 Terminal box knockout test
X Test required. - Test needs not be carried out. * Different test levels for application classes A and B. ** Minimum fire resistance class C is necessary for building roof-mounted modules.			

6 Sampling

Six modules and a laminate¹ (a module without frame) for safety testing (plus spares as desired) and additional modules as required for the fire-test shall be taken at random from a production batch or batches, in accordance with the procedure given in IEC 60410. The modules shall have been manufactured from specified materials and components in accordance with the relevant drawings and process sheets and have been subjected to the manufacturer's normal inspection, quality control and production acceptance procedures. The modules shall be complete in every detail and shall be accompanied by the manufacturer's handling, mounting and connection instructions, including the maximum permissible system voltage.

When the modules to be tested are prototypes of a new design and not from production, this fact shall be noted in the test report (see Clause 7).

7 Test report

The results shall be laid down in a test report according to ISO/IEC 17025. The results shall be reported, normally in a test report and shall include all the information requested by the client and necessary to the interpretation of the test and all information required by the method used:

- a) a title;
- b) name and address of the test laboratory and location where the tests were carried out;
- c) unique identification of the certification or report and of each page;
- d) name and address of client, where appropriate;
- e) description and identification of the item tested;
- f) characterization and condition of the test item;
- g) date of receipt of test item and date(s) of test, where appropriate;
- h) identification of test method used;
- i) reference to sampling procedure, where relevant;
- j) any deviations from, additions to or exclusions from the test method, and any other information relevant to a specific tests, such as environmental conditions;
- k) measurements, examinations and derived results supported by tables, graphs, sketches and photographs as appropriate including maximum systems voltage, safety class, mounting technique and any failures observed;
- l) a statement indicating whether the impulse voltage test was performed on module or laminate;
- m) a statement of the estimated uncertainty of the test results (where relevant);
- n) a signature and title, or equivalent identification of the person(s) accepting responsibility for the content of the certificate or report, and the date of issue;
- o) where relevant, a statement to the effect that the results relate only to the items tested;
- p) a statement that the certificate or report shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

A copy of this report shall be kept by the manufacturer for reference purposes.

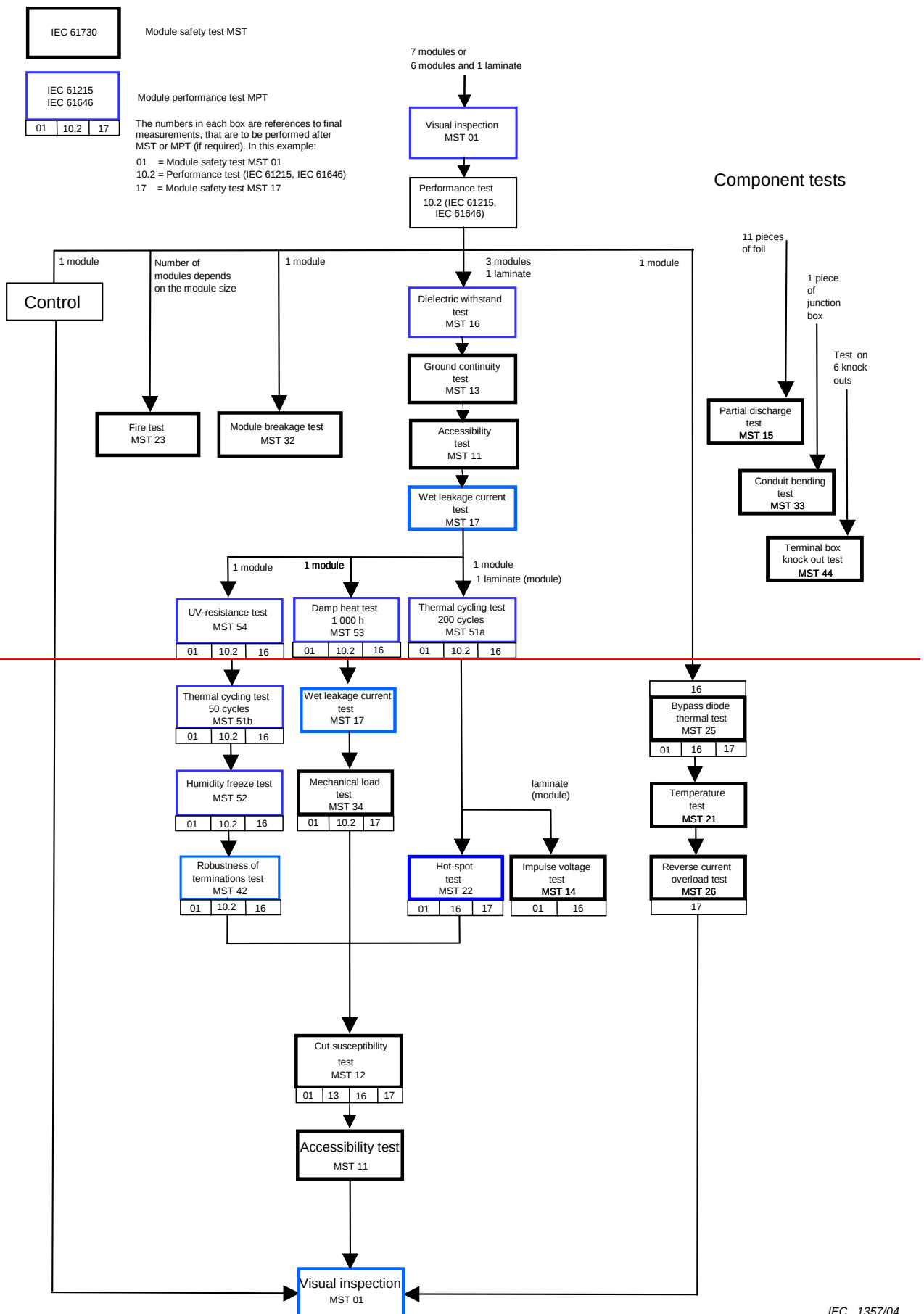
¹ If the module is only used with frame and the frame is an essential part to fulfil the isolation requirement, the laminate can be replaced by a module.

8 Testing

The modules shall be divided into groups and subjected to the safety tests shown in Figure 1, carried out in the order specified. The modules shall be selected such that the preconditioning tests of 4.2 are met. Each box in Figure 1 refers to the corresponding subclause in this part of IEC 61730.

NOTE Spare modules may be included in the safety test program provided that they have been appropriately environmentally tested to meet the necessary prerequisites.

Test procedures and criteria, including initial and final measurements where necessary, are detailed in Clauses 10 and 11. Some tests are identical to tests in IEC 61215/IEC 61646 and are detailed in Clause 4 instead. In carrying out these tests, the tester shall strictly observe the manufacturer's handling, mounting, and connection instructions.



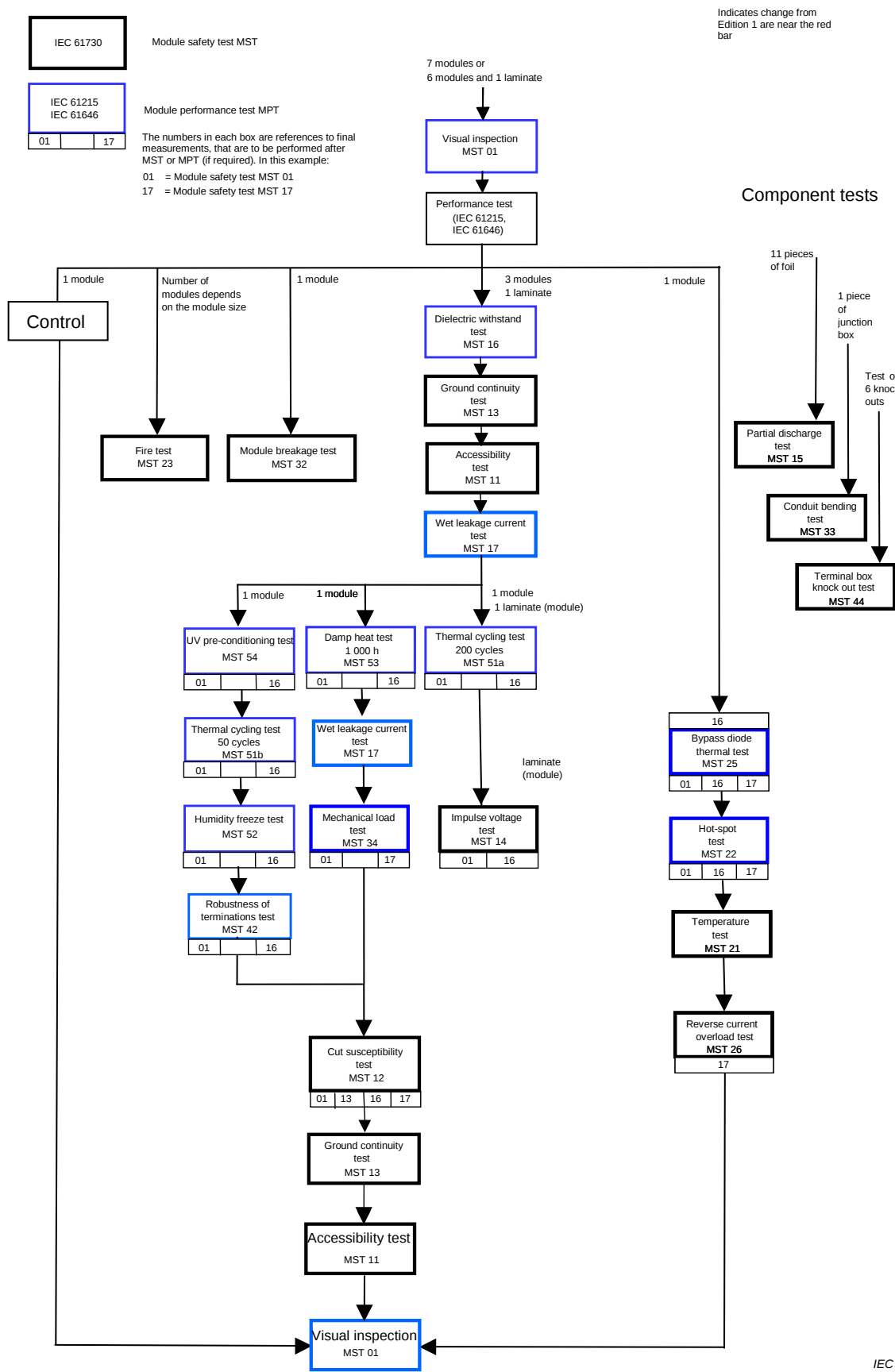


Figure 1 – Test sequences

9 Pass criteria

The module product under evaluation shall be judged to have passed the safety qualification test, if the test samples meet all of the criteria of each individual test.

If any module does not meet these test criteria, the module product under evaluation shall be deemed not to have met the safety test requirements.

NOTE The nature of the failure will determine the extent of re-testing requirements.

10 Test procedures

10.1 Visual inspection MST 01

10.1.1 Purpose

To detect any visual defects in the module.

10.1.2 Procedure

This test is identical with 10.1 from IEC 61215/IEC 61646 with the additional inspection criteria of

- any other conditions which may affect safety;
- markings not consistent with Clause 11 of IEC 61730-1.

Make note of and/or photograph the nature and position of any cracks, bubbles or delaminations, etc. which may worsen and adversely affect the module safety in subsequent tests. Visual conditions other than the major defects listed below are acceptable for the purpose of safety test approval.

10.1.3 Pass criteria

For the purpose of the safety test approval, the following are considered to be major visual defects:

- a) broken, cracked, or torn external surfaces;
- b) bent or misaligned external surfaces, including superstrates, substrates, frames and junction boxes to the extent that the safety of the module would be impaired;
- c) bubbles or delaminations forming a continuous path between any part of the electrical circuit and the edge of the module, or which exhibited significant growth during the testing and would, if testing were continued, reach such a condition;
- d) evidence of any molten or burned encapsulant, back sheet, diode or active PV component;
- e) loss of mechanical integrity to the extent that the safety of the installation and operation of the module would be impaired;
- f) markings not complying with Clause 12 of IEC 61730-1.

10.2 Accessibility test MST 11

10.2.1 Purpose

To determine if uninsulated electrical connections represent a shock hazard to personnel.

10.2.2 Apparatus

The apparatus is as follows:

- a) A cylindrical test fixture Type 11 according to Figure 7 of IEC 61032.
- b) An ohmmeter or continuity tester.

10.2.3 Procedure

The procedure is as follows:

- a) Mount and wire the test module as recommended by the manufacturer.
- b) Attach the ohmmeter or continuity tester to the module electric circuit and to the test fixture.
- c) Remove all covers, plugs and connections from the module that can be removed without using a tool.
- d) Probe with the test fixture in and around all electrical connectors, plugs, junction boxes and any other areas where the electrical circuit of the module may be accessible.
- e) Monitor the ohmmeter or continuity tester during the probing to determine if the test fixture makes electrical contact to the module electric circuitry.

10.2.4 Final measurements

None.

10.2.5 Requirements

At no time during the test shall there be less than 1 M Ω resistance between the test fixture and the module electric circuit.

10.2.6 Pass criteria

At no time during the test shall the probe contact any live electrical part. This test is performed at the beginning and the end of the sequence according to Figure 1, but also can be used at any time during the test sequence if there is any reason to believe that active electric circuitry has been exposed by one of the other tests.

10.3 Cut susceptibility test MST 12

10.3.1 Purpose

To determine whether any front and rear surfaces of the module made of polymeric materials are capable of withstanding routine handling during installation and maintenance without exposing personnel to the danger of electric shock. ~~This test is derived from ANSI/UL 1703.~~

10.3.2 Apparatus

A test fixture as shown in Figure 2, designed to draw a defined shaped object, a 0,64 mm $\pm$ 0,05 mm thick carbon steel blade (for example the back of a hacksaw blade) over the surface of the module with an applied force of 8,9 N $\pm$ 0,5 N.

10.3.3 Procedure

The procedure is as follows:

- a) Position the module horizontally with the front surface facing upward.
- b) The test fixture is to be placed on the surface for 1 min and then drawn across the surface of the module at a speed of (150 ± 30) mm/s.

Repeat the procedure five times in different directions.

- c) Repeat a) and b) for the rear surface of the module.

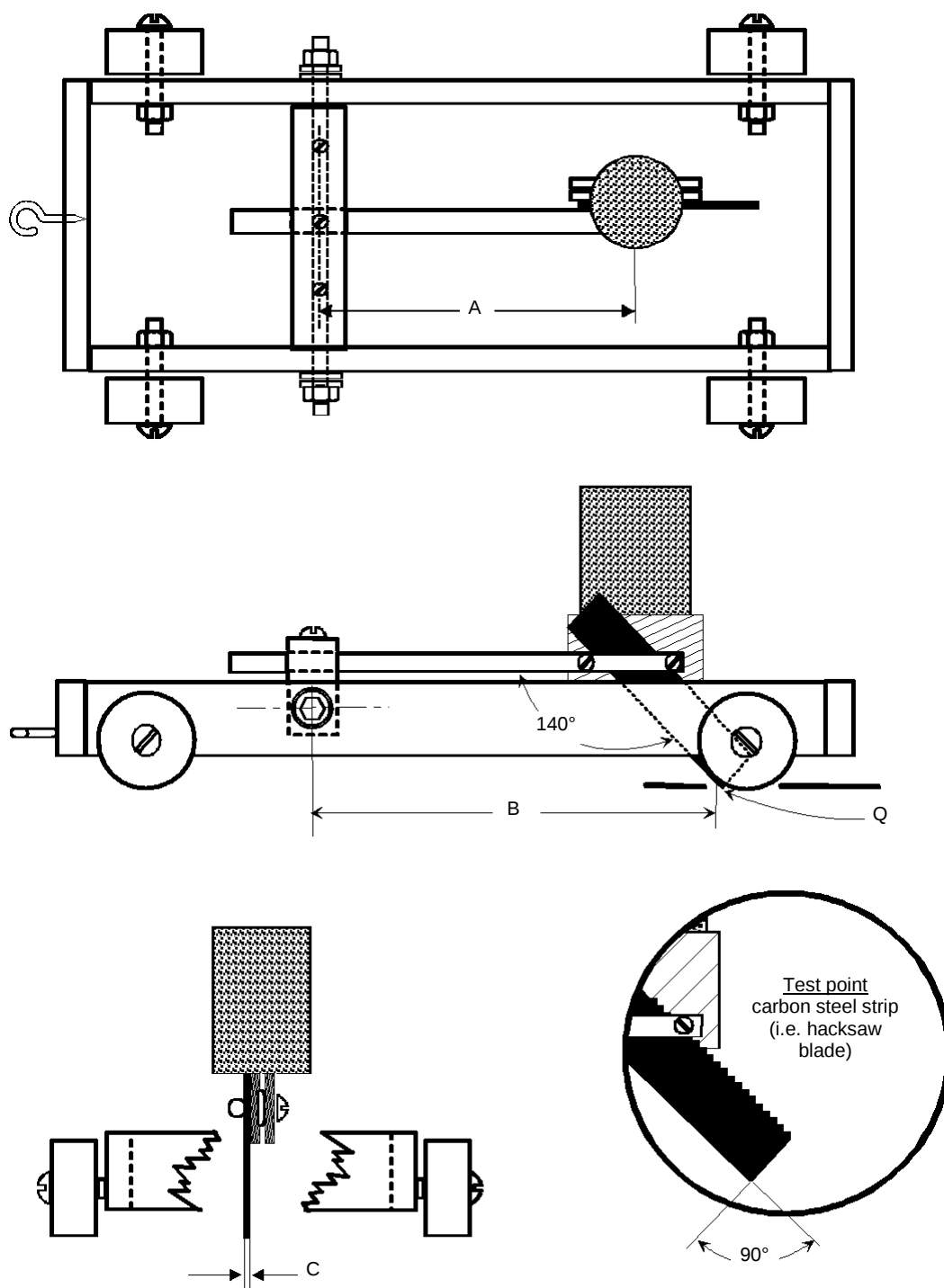
10.3.4 Final measurements

Repeat MST 01, ~~MST 13~~, MST 16 and MST 17.

10.3.5 Pass criteria

The pass criteria are as follows:

- a) No visual evidence that the superstrate or substrate surfaces have been cut, exposing the active circuitry of the module.
- b) ~~MST 13~~, MST 16, MST 17 shall meet the same requirements as for the initial measurements.



IEC 1358/04

Key

- A 150 mm from axis to center of weight.
- B 170 mm from axis to test point.
- C Test point – 0,64 mm thick steel strip.
- Q Total force exerted at test point Q: 8,9 N

Figure 2 – Cut susceptibility test

10.4 Ground continuity test MST 13

10.4.1 Purpose

To demonstrate that there is a conductive path between all exposed conductive surfaces of the module, so that the exposed conductive surfaces can be adequately grounded in a PV system. This test is required only if the module has exposed conductive parts such as a metal frame or a metallic junction box.

10.4.2 Apparatus

The apparatus is as follows:

- a) A constant current supply capable of producing a current that is 2,5 times the maximum over-current protection rating of the module under test. See MST 26.
- b) A suitable voltmeter.

NOTE According to IEC 61730-1 the maximum over-current protection rating has to be provided by the manufacturer.

10.4.3 Procedure

The procedure is as follows:

- a) Select the manufacturer's designated grounding point and recommended grounding connection. Attach to one terminal of the constant current supply.
- b) Select an adjacent (connected) exposed conductive component with the greatest physical displacement from the grounding point, and attach to the other terminal of the current supply.
- c) Attach the voltmeter to the two conductive components attached to the current supply in proximity to the current leads.
- d) Apply a current 2,5 times $\pm 10\%$ of the maximum over-current protection rating of the module for a minimum of 2 min.
- e) Measure the applied current and the resultant voltage drop.
- f) Reduce the current to zero.
- g) Repeat the test on one additional frame component.

10.4.4 Final measurements

None.

10.4.5 Pass criteria

The resistance between the selected exposed conductive component and each other conductive component of the module shall be less than 0,1 Ω .

10.5 Impulse voltage test MST 14

10.5.1 Purpose

To verify the capability of the solid insulation of the module to withstand over-voltages of atmospheric origin. It also covers over-voltages due to switching of low-voltage equipment.

NOTE If the PV module is not going to be sold without frame, the impulse voltage test should be done with the module framed.

10.5.2 Apparatus

The apparatus is as follows:

- a) Impulse voltage generator.
- b) Oscilloscope.

10.5.3 Procedures

For the purposes of test reproducibility, this test is conducted under the conditions of room temperature and relative humidity of less than 75 %. The procedure is as follows:

- a) Cover the whole module with a copper foil. Connect the foil to the negative terminal of the impulse voltage generator.
- b) Connect the shorted output terminals of the module to the positive terminal of the impulse voltage generator.

Specification of the foil:

- 1) Thickness copper 0,03 mm to 0,05 mm.
- 2) Conducting glue (~~conductivity~~ resistance <1 Ω , measuring area: 625 mm²).
- 3) Total thickness 0,05 mm to 0,07 mm.
- c) With no illumination, apply the surge impulse voltage given in Table 8 with a waveform as shown in Figure 3 by the impulse voltage generator. The waveform of the pulse shall be observed by an oscilloscope **with the module connected** and the rise time and the pulse duration shall be checked for each test.

NOTE 1 According to 2.2.2.1.1 of IEC 60664-1, modules belong to the over-voltage category III. The test-level has been reduced by one step because systems are normally equipped with over-voltage protection devices. On the other hand, to verify reinforced insulation (as required for application class A and safety class II), the level for application class A has been increased by one step.

Table 8 – Impulse voltage versus maximum system voltage

Maximum system voltage V	Impulse voltage	
	Application class A V	Application class B V
100	1 500	800
150	2 500	1 500
300	4 000	2 500
600	6 000	4 000
1 000	8 000	6 000

NOTE 2 Linear interpolation is allowed for intermediate values of maximum system voltage.

- d) Three successive pulses shall be applied.
- e) Change the polarity of the terminals of the pulse generator and apply three successive pulses.

The impulse test shall be performed in accordance with IEC 60060-1.

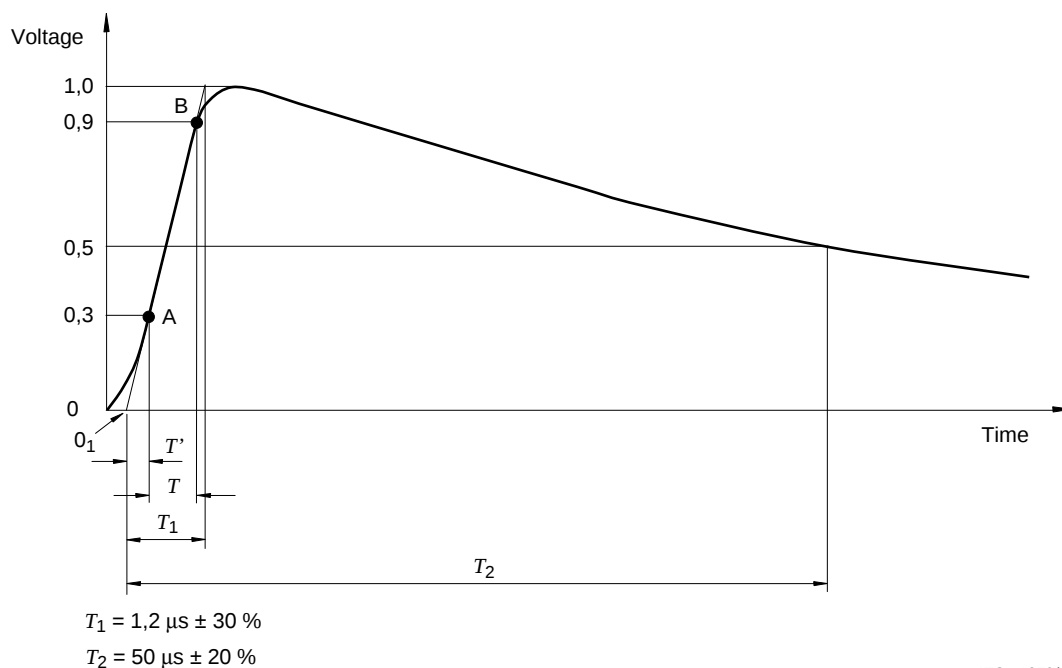
10.5.4 Final measurement

Repeat MST 01 visual inspection.

10.5.5 Pass criteria

The pass criteria are as follows:

- No evidence of dielectric breakdown or surface tracking of the module is observed during the test.
- No evidence of major visual defects as defined in 10.1.



NOTE The parameter O_1 is the start point of the impulse voltage. In a diagram with linear time scale this is the intersection point of the time axis and the line defined by points A and B.

Figure 3 – Wave-form of the impulse voltage according to IEC 60060-1

10.6 Dielectric withstand test MST 16

10.6.1 Purpose

To determine whether or not the module is sufficiently well insulated between current carrying parts and the frame or the outside world.

The test shall be made on modules at ambient temperature of the surrounding atmosphere (see IEC 60068-1) and in a relative humidity not exceeding 75 %.

10.6.2 Procedure

This test is identical with test 10.3 from IEC 61215/IEC 61646 with test levels depending on the application class and the maximum system voltage.

The maximum test voltage shall be equal to 2 000 V plus four times the maximum system voltage for application-class A and equal to 1 000 V plus two times the maximum system voltage for application-class B.

10.6.3 Pass criteria

See IEC 61215/IEC 61646.

10.7 Temperature test MST 21

10.7.1 Purpose

This temperature test is designed to determine the maximum reference temperatures for various components and materials used to construct the module, in order to establish the suitability of their use.

10.7.2 Test conditions

The ambient temperature during the test may be in the range of 20 °C to 55 °C.

The irradiance during the test shall be no less than 700 W/m² measured coplanar with the module by a calibrated device with the accuracy to ±5 % in accordance with IEC 60904-2 and IEC 60904-6. All data shall be taken at wind-speeds of less than 1 m/s.

10.7.3 Procedure

The module under test shall be mounted on a platform constructed of wood, pressed wood, or plywood, approximately 19 mm thick. The platform is to be painted flat black on the side facing the test sample. The platform shall extend at least 60 cm beyond the module on all sides.

The module under test shall be mounted to the platform in accordance with the manufacturer's installation instructions. If the instructions offer more than one option, the option providing the worst-case shall be used. If no indications have been provided, the test module shall be mounted directly to the platform.

The module component temperatures shall be measured by a calibrated device or system, with an maximum uncertainty of ±2 °C.

The module is to be operated under both open- and short-circuit conditions, and stabilised temperature data for each test location shall be collected in each condition. Thermal stability has been attained when three successive readings, taken 5 min apart, indicate a change in temperature of less than ±1 °C.

The measured component temperatures (T_{obs}) shall be normalised by the addition of the difference between the 40 °C reference ambient and the measured ambient temperature (T_{amb}) according to the equation $T_{\text{con}} = T_{\text{obs}} + (40 - T_{\text{amb}})$. T_{con} is the normalised temperature.

If an unacceptable performance is encountered during the temperature test and the performance is attributed to a test condition that although within the limits specified may be considered more severe than necessary; for example an ambient temperature near the limits allowed, the test may be conducted under conditions closer to the norm.

If the irradiance is other than 1 000 W/m², temperatures for more than two irradiance levels with at least 80 W/m² apart between the levels shall be determined, and a quadratic extrapolation conducted to determine the temperature under 1 000 W/m² irradiance.

Typical measurement points include:

- Module superstrate above the centre cell.
- Module substrate below the centre cell.
- Terminal enclosure interior surface.
- Terminal enclosure interior air space.
- Field wiring terminals.
- Insulation of the field wiring leads.
- External connector bodies (if so equipped).
- Diode bodies (if so equipped).

NOTE Due to the many possible variations in construction, more than one data gathering point for each cited location may be used, at the discretion of the test laboratory.

10.7.4 Requirements

The requirements are as follows:

- a) No measured temperatures exceed any of the temperature limits of surfaces, materials, or components, as described in Table 9; or
- b) No creeping, distortion, sagging, charring or similar damage to any part of the module, as indicated in 10.1.

Table 9 – Component temperature limits

Part, material or component	Temperature limits °C
Insulating materials: ^{c)} Polymeric Fiber Laminated phenolic composition Molded phenolic composition	a) 90 125 150
Field wiring terminals, metal parts	30 above ambient
Field wiring compartments that wires may contact ^{d)}	a) or ^{d)} , whichever is greater, or ^{b)}
Insulated conductors	^{d)}
Mounting surface (frame) and adjacent structural members	90
^{a)} The material's relative thermal index (RTI), less 20 °C. ^{b)} If a marking is provided to state the minimum temperature rating of the conductors to be used, the terminals at points within a wiring compartment may exceed the value specified but shall not attain a temperature higher than 90 °C. ^{c)} Higher temperatures than specified are acceptable if it can be determined that the higher temperatures will not cause a risk of fire or electric shock. ^{d)} Temperatures measured on insulated conductors shall not exceed the rated temperature of the conductor.	

10.8 Fire test MST 23

10.8.1 Purpose

These requirements establish the fundamental fire resistance of PV modules serving either as roof covering materials or mounted onto a building over an existing roof. These modules may be exposed to fire conditions, and therefore need to indicate their fire-resistance characteristics when exposed to a fire source originating from outside the building on which they are installed. The modules are not required to function after the test.

NOTE These tests specify fundamental requirements and may not be sufficient to satisfy the requirements for a module intended for building applications according to local or national building code requirements. Additional testing, beyond or in addition to these cited tests, may be required.

The fire resistance classes range from Class C (fundamental fire resistance), to Class B to Class A (highest fire resistance). A minimum fire resistance rating of Class C is necessary for any building-mounted module. Certification to a higher level may be considered in order to satisfy specific application requirements.

10.8.2 Approach

A PV module used in place of classified roofing material or mounted to or above an existing classified roofing material needs to comply with a single burning brand and spread of flame test, in accordance with the test outlined in Annex A, which are based on ANSI/UL 790. Sufficient samples shall be provided to create a single test assembly for a single spread of flame and a single burning brand test.

Products that comply with these tests are not readily flammable, afford a measurable degree of fire protection to the ~~roof deck sample~~, do not slip from position, and are not expected to produce flying brands.

10.8.3 Pass criteria

The PV module system shall attain a fire resistance classification by compliance with the stated requirements of Annex A. Compliance with a single burning brand and spread of flame test is required for modules mounted over an existing roof covering. Additional sequential testing, such as that outlined in ANSI/UL 790, is required for modules acting as a roof covering material.

NOTE It is the intention of IEC Technical Committee 82 to use international standards, such as ISO 834, for fire resistance testing PV modules. Until this standard is available, the tests described here will be required as minimum safety qualification.

10.9 Reverse current overload Test MST 26

10.9.1 Purpose

Modules contain electrically conductive material, contained in an insulating system. Under reverse current fault conditions, the tabbing and cells of the module are forced to dissipate energy as heat, prior to circuit interruption by an over-current protector installed in the system. This test is intended to determine the acceptability of the risk of ignition or fire from this condition.

10.9.2 Procedure

The module under test is to be placed with its superstrate face down onto a 19 mm thick soft pine board, covered by a single layer of white tissue paper.

The back surface of the module shall be covered with a single layer of cheesecloth. The cheesecloth is to be untreated cotton cloth, running 26 m²/kg to 28 m²/kg and have a “thread count” of 32 by 28.

Any blocking diode provided shall be defeated (short-circuited).

The test shall be conducted in an area free of drafts.

The irradiance on the cell area of the module shall be less than 50 W/m².

A laboratory DC power supply shall be connected to the module with positive output connected to the positive terminal of the module. The reverse tests current (I_{test}) shall be equal to 135 % of the module's overcurrent protection rating, as provided by the manufacturer. The test supply current should be limited to the value of I_{test} , and the test supply voltage shall be increased to cause the reverse current to flow through the module.

The test shall be continued for 2 h, or until ultimate results are known, whichever occurs first.

NOTE Concerning the maximum overcurrent protection rating, see 12.2 of IEC 61730-1.

10.9.3 Pass criteria

The pass criteria are as follows:

- a) There shall not be flaming of the module, nor flaming or charring of the cheesecloth and tissue paper in contact with the module.
- b) MST 17 shall meet the same requirements as for the initial measurements.

10.10 Module breakage test MST 32

10.10.1 Purpose

The purpose of this test is provide confidence that cutting or piercing injuries can be minimized if the module is broken.

10.10.2 Background

The test described herein is derived from ANSI Z97.1, Impact test.

10.10.3 Apparatus

The apparatus is as follows:

- a) Impactors shall be leather punching bags of similar shape and size. The bag shall be filled to the required weight using chilled lead shot or pellets (2,5 mm to 3,0 mm in diameter – No. 7½ shot). Figure 4 shows the designs for the impactor bag. The exterior of the bag shall be wrapped with tape as shown in the figures. During testing, the impactor shall be completely covered with a 1,3 cm wide glass filament reinforced pressure sensitive tape. (See Figure 4).

- b) A test frame similar to that shown in Figures 5 and 6 shall be provided to minimize movement and deflection during testing. The structure framing and bracing shall be steel channel (approximately C100 mm × 200 mm) or larger and shall have a minimum moment of inertia of approximately 187 cm⁴. The frame shall be welded or securely bolted at the corners to minimize twisting during impact. It shall also be bolted to the floor to prevent movement during impact testing.
- c) When an impactor bag is filled with lead shot, it will weigh approximately 45,5 kg, and will be capable of delivering 542 J of kinetic energy when swung through a 1,2 m vertical drop.

10.10.4 Procedure

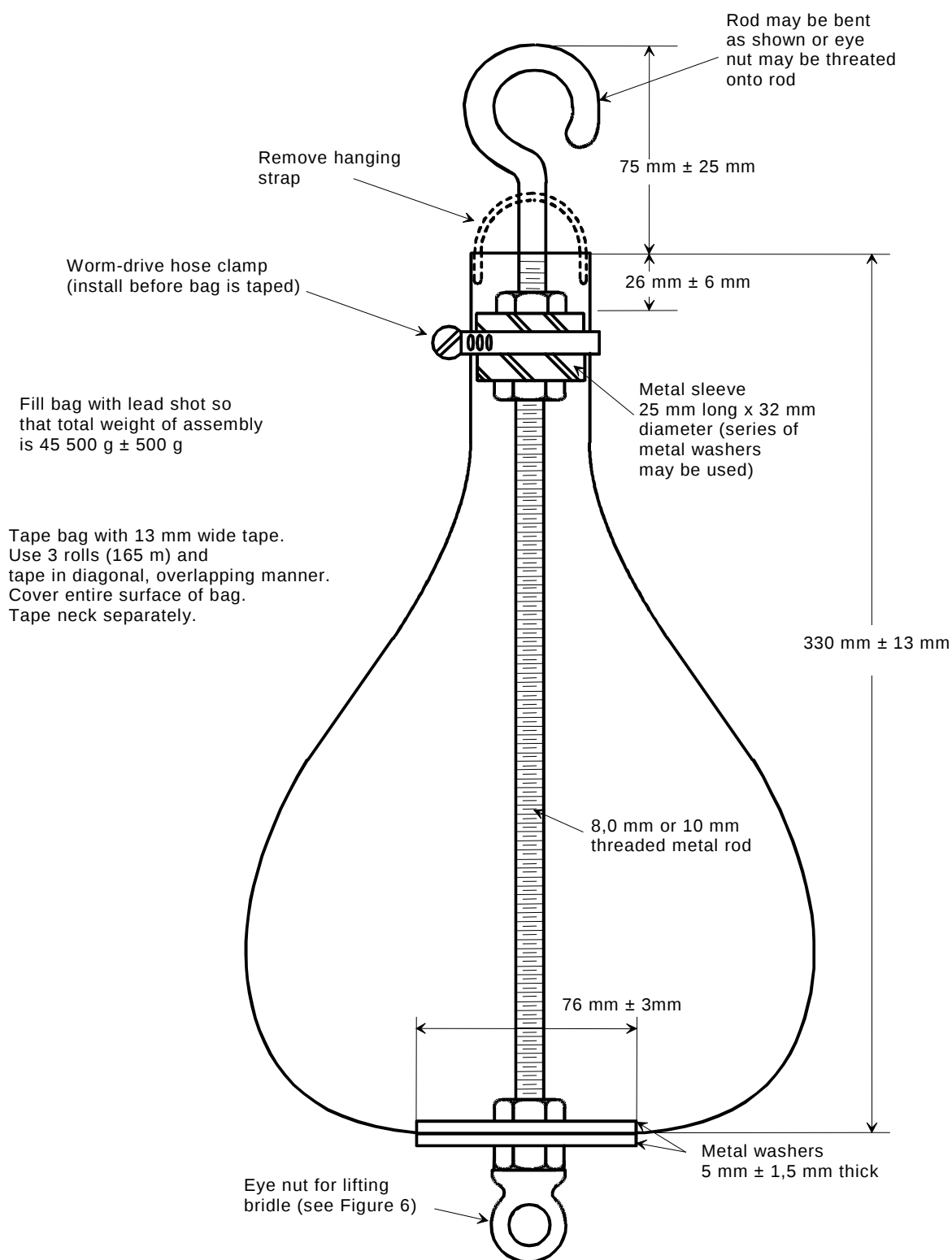
Mount the module sample so that it is centered and rigid on the test frame using the method described by the manufacturer. The procedure is as follows:

- a) At rest, no more than 13 mm from the surface of the module sample and no more than 50 mm from the center of the module sample.
- b) Lift the impactor to a drop height of 300 mm from the surface of the module sample, allow the impactor to stabilize, and then release it to strike the module sample.
- c) If no breakage occurs, repeat the sequence of b) from a drop height of 450 mm. If still no breakage occurs, repeat from a distance of 1 220 mm.

10.10.5 Pass criteria

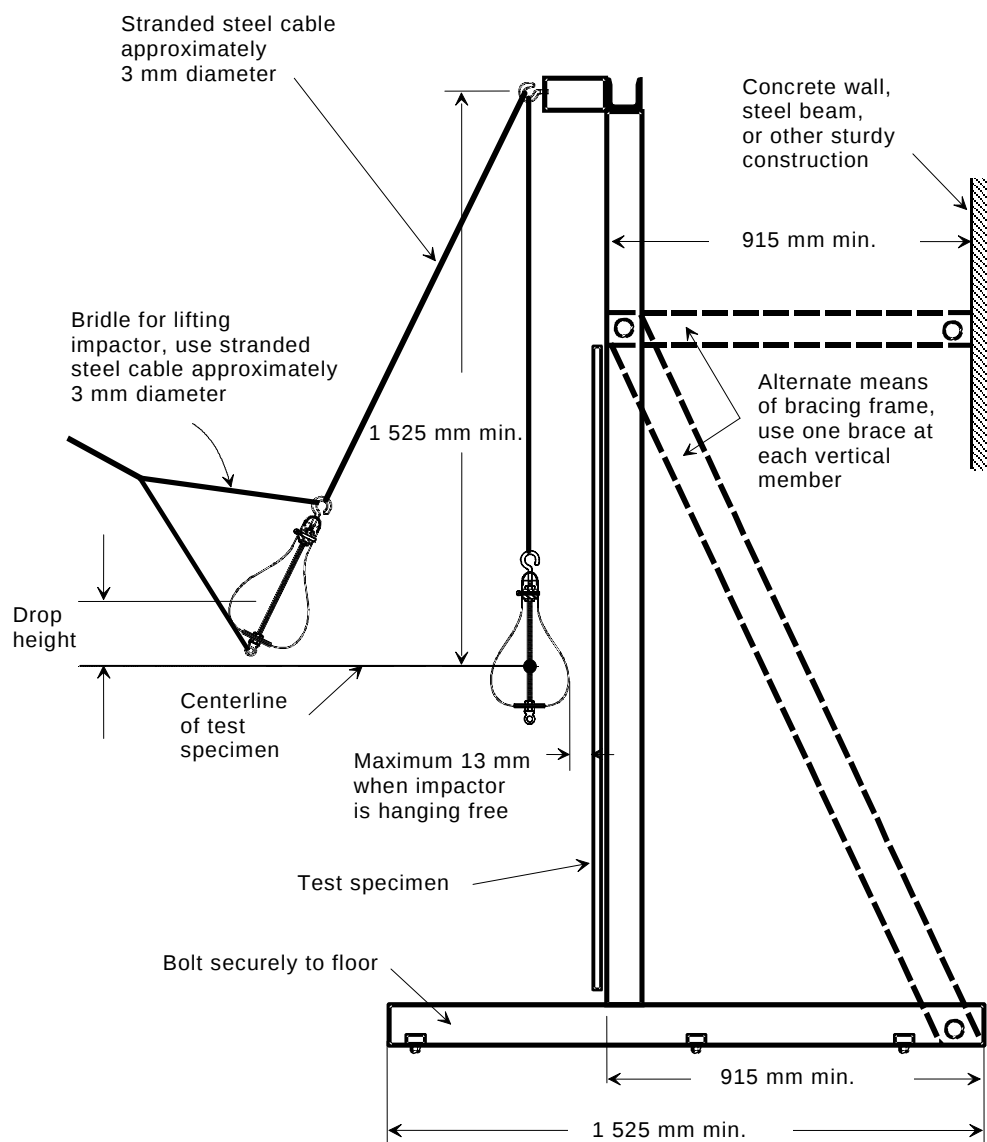
The module shall be judged to have successfully passed the module breakage test if it meets any one of the following criteria:

- a) When breakage occurs, no shear or opening large enough for a 76 mm (3-inch) diameter sphere to pass freely shall develop.
- b) When disintegration occurs, the ten largest crack-free particles selected 5 min subsequent to the test shall weigh no more in grams than 16 times the thickness of the sample in millimetres.
- c) When breakage occurs, no particles larger than 6,5 cm² shall be ejected from the sample.
- d) The sample does not break.



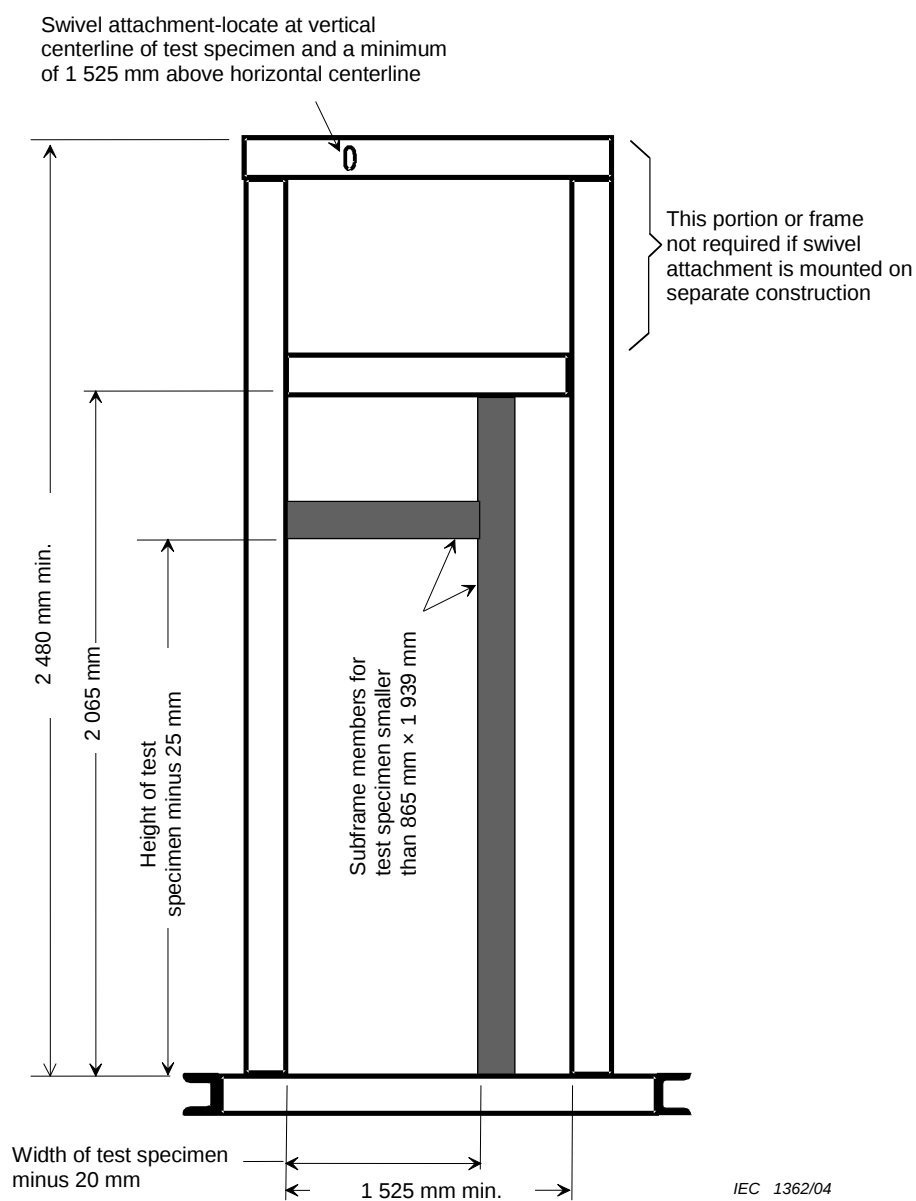
IEC 1360/04

Figure 4 – Impactor



IEC 1361/04

Figure 5 – Impact test frame 1



NOTE Clamping frame for holding test specimen not shown.

Figure 6 – Impact test frame 2

11 Component tests

11.1 Partial discharge-test MST 15

The test refers to 4.1.2.4 of IEC 60664-1.

11.1.1 Purpose

Polymeric materials intend for use as a superstrate or substrate, without appropriate IEC insulation pre-qualification must comply with the partial discharge test. This test should be applied to any polymeric material serving as a superstrate or substrate (see also IEC 61730-1).

11.1.2 Preconditioning

It is advisable to perform the partial discharge-test before ~~inserting the reverse side foil into the PV modules~~ using the polymeric material in the PV module construction.

11.1.3 Apparatus

Calibrated charge measuring device or radio interference meter according to IEC 60664-1.

11.1.4 Procedure

The procedure is as follows:

- a) According to C.2.1 and Clause D.1 of IEC 60664-1, starting from a value below the maximum system voltage, up to the point at which partial discharge takes place (inception voltage), the test voltage shall be further increased by 10 %.
- b) The voltage shall then be lowered to the point at which the partial discharge extinction voltage is reached.
- c) The extinction voltage shall be considered to be reached once the charge intensity has dropped to a value of 1 pC. This voltage shall be measured with an accuracy better than 5 %.
- d) The partial discharge extinction voltage may be influenced by environmental conditions. These influences are taken into account by a basic safety factor F_1 of 1,2.
- e) The hysteresis factor according to 4.1.2.4 of IEC 60664-1 is reduced to 1. The additional safety factor for reinforced insulation $F_3 = 1,25$ is required for safety class A. The initial value of the test voltage is therefore $1,5 \cdot V_{OC}$ (system voltage given by the module manufacturer).
- f) Repeat the measurement with 10 test samples.

11.1.5 Pass criteria

The solid insulation has passed the test if the mean value minus the standard deviation of the partial discharge extinction voltage is greater than 1,5 times the given maximum system voltage.

11.2 Conduit bending test MST 33

11.2.1 Purpose

Modules provided with junction boxes intended for attachment of a permanent wiring system using conduit must provide assurance of the ability of the box construction to withstand load forces which may be applied to the conduit during and after installation.

11.2.2 Procedure

Two 460-mm lengths of proper trade size conduit with appropriate fitting for the box shall be assembled and installed onto the box on opposing surfaces. For boxes intended for use with non-metallic conduit, the conduit test lengths are to be welded to the fittings and allowed to dry no less than 24 h prior to assembly.

The test assembly, with the box at the centre, is to be placed on supports as illustrated in Figure 7. The supports are to be separated by a distance of 760 mm plus the distance between the ends of the conduit in the box, to give the required bending moment on the sample under test.

The load specified in Table 10 for the size of conduit used, is to be suspended from the centre of the box for 60 s. During this time, the box and the lengths of conduit shall be rotated through one complete revolution about the major axis of the assembly.

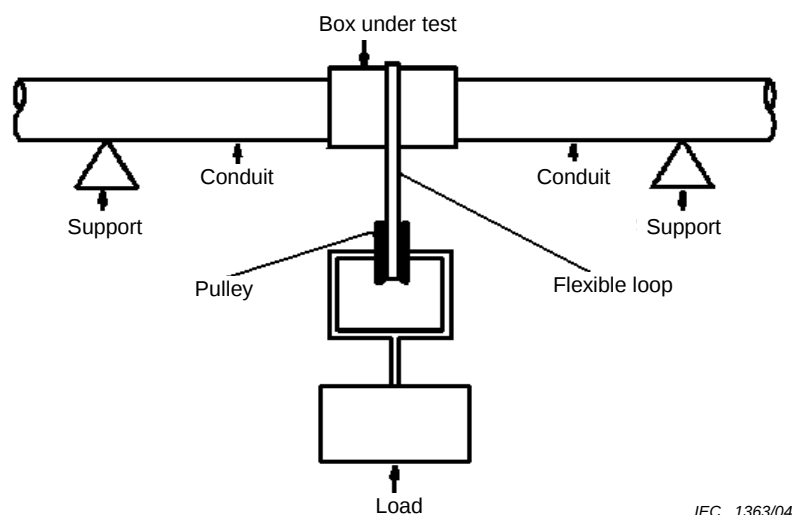
11.2.3 Pass criteria

The attachment walls of the module junction box shall not rupture or separate from the conduit.

NOTE If breakage of the conduit occurs prior to damage to the box or separation of the joint, performance of the box is considered acceptable.

Table 10 – Bending loads

Trade size of conduit mm	Force load N
13 to 25	220
26 to 50	330
51 to 100	490



IEC 1363/04

Figure 7 – Test fixture assembly

11.3 Terminal box knockout tests MST 44

11.3.1 Purpose

Removable hole covers in the walls of module terminal enclosures (knockouts) shall remain in place under nominal force application and also be easily removed for the field application of permanent wiring system components.

11.3.2 Condition

A sample of the polymeric terminal box with knockouts will be tested in an “as-received” condition at a 25 °C ambient temperature.

Another sample of the polymeric box is to be conditioned for 5 h in air maintained at –20 °C ±1 °C. The test shall be repeated on the box immediately following this conditioning.

11.3.3 Procedure

The knockout shall be easily removed without leaving any sharp edges or causing any damage to the box. The procedure is as follows:

Step 1 – A force of 44,5 N shall be applied to a knockout for 1 min by means of a mandrel, minimum 38 mm long by 6,4 mm diameter, with a flat end. The force is to be applied in a direction perpendicular to the plane of the knockout and at the point most likely to cause movement. Wait 1 h and measure the displacement between the knockouts and the box.

Step 2 – The knockout shall then be removed by means of a screwdriver, used as a chisel. The edge of a screwdriver blade may be run along the inside edge of the resulting opening once only, to remove any fragile tabs remaining along the edge.

Step 3 – Repeat steps 1 and 2 on two additional knockouts.

For a box employing multi-stage knockouts, there shall be no displacement of a larger stage when a smaller stage is removed.

11.3.4 Pass criteria

The knockout shall remain in place after the application of the steady force and the clearance between the knockout and the opening shall not be more than 0,75 mm when measured.

The knockout shall be easily removed without leaving any sharp edges or causing any damage to the box.

Annex A (normative)

Fire tests, spread-of-flame and burning-brand tests

A.1 General

The fire resistance test of this document is a basic test. For PV modules integrated in buildings, in general, national regulations and requirements shall be fulfilled. If such requirements are not available, the following international standards gives information for tests, which could be used:

ISO 834-1, *Fire-resistance tests – Elements of building construction – Part 1: General requirements*

ISO 834-3, *Fire-resistance tests – Elements of building construction – Part 3: Commentary on test method and test data application*

ISO 5657, *Reaction to fire tests – Ignitability of building products using a radiant heat source*

The proposed tests described below are derived from ANSI/UL 790.

All dimensions are approximate.

A.2 Test apparatus and set-up

A.2.1 As illustrated in Figure A.1, the apparatus used for the tests described in this Clause is to consist of the following:

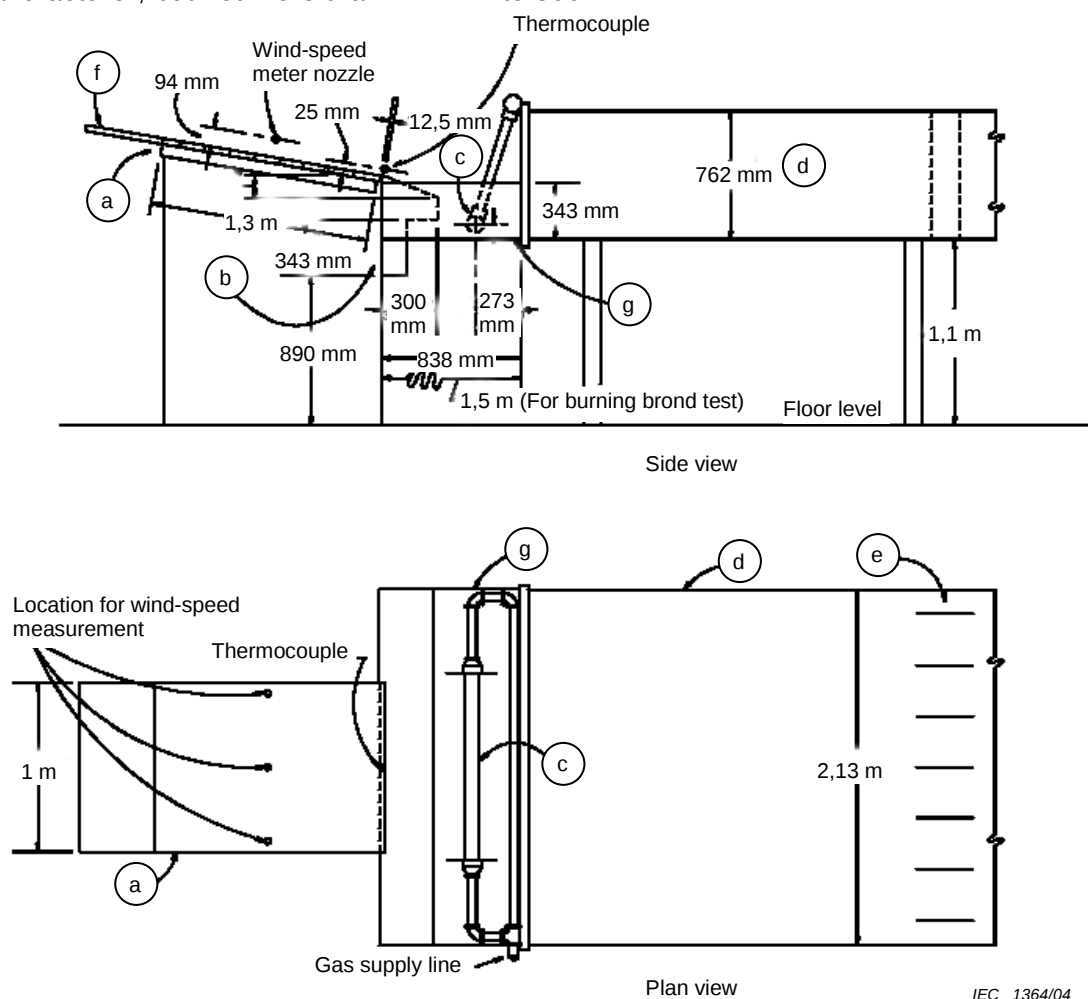
- a) A test-deck sample to which the materials to be tested are applied, mounted on a frame. The pitch of the frame is to be adjustable.
- b) A construction of non-combustible boards, mounted on the front of the frame to simulate eaves and cornices.
- c) A gas burner (for intermittent-flame, spread-of-flame, and flying brand tests) consisting of a 1,12 m length of nominal 50 mm (60,3 mm OD) pipe having a 12,7 mm wide, 910 mm long slot in the side toward the test-deck sample. The burner is to be supplied with gas at both ends through nominal 25 mm (33,4 mm OD) pipe to provide uniform gas pressure at the burner assembly.
- d) A blower and air duct for providing the required wind conditions. The air introduced by the blower is to be taken from outside the test room.
- e) Adjustable fins mounted inside the air duct to straighten the air stream and reduce turbulence.
- f) A baffle mounted on the back edge of the test-deck sample to prevent backfiring under the deck sample.
- g) Non-combustible boards extending from the sides and bottom of the air duct to the simulated eaves-and-cornice construction mentioned in b) (not used during burning brand test).

A.2.2 The tests shall be conducted in a room vented to the outside air to relieve the air pressure created by the blower. During these tests, all doors and windows in the room are to be closed, and the room otherwise controlled as necessary to prevent outside wind and weather conditions from affecting the test results. Tests shall not be conducted if the room temperature is less than 10 °C or more than 32 °C.

A.2.3 For these tests, mortar (cement mix, lime, and water) shall be troweled into the joint formed by the leading edge of the roof covering material and the framework of the carriage, to prevent air or the test flame from travelling under the material being tested.

A.2.4 During the tests, the test ~~decks~~ **samples** shall be subjected to an air current that flows uniformly over the top surface of the roof covering material, as determined by a pre-test calibration of the equipment using a bare 1 m by 1,3 m plywood ~~deck~~ **sample**. At points mid way up the slope of the bare ~~deck~~ **sample**, with the ~~deck~~ **sample** positioned at an incline of 127 mm of rise to 300 mm of horizontal run, the velocity of the air current is to be $(19 \pm 0,8)$ km/h, as measured at the centre and at each of two locations measured 76 mm from each edge of the ~~deck~~ **sample**, with each measurement being 94 mm above the surface of the ~~deck~~ **sample**. Any direct reading instrument with scale graduated in increments of not more than 6 m/min or any timed instrument with scale graduated (for a 1 min timed reading) in increments of not more than 1,5 m/min is acceptable.

A.2.5 For these tests, the test ~~decks~~ **samples** shall be at an incline of 127 mm per 300 mm; except that built-up roof coverings are to be tested at the maximum incline recommended by the manufacturer, but not more than 127 mm to 300 mm.



The letters in the Figure correspond to the list in A.2.1.

Figure A.1 – Test apparatus for fire test

A.3 Spread-of-flame test

A.3.1 A test sample is to be mounted, and luminous gas flame applied, as described in 6.1 of ANSI/UL 790. The test is to be conducted with the module or panel oriented with respect to the test flame, such that the flame impinges only on the top surface of the module or panel.

A.3.2 The sample area of the test material should be no less than 1 m in width for all classes, 1,82 m minimum length for fire safety class A, 2,4 m minimum length for fire safety class B, or 3,9 m minimum length for fire safety class C, as measured from the leading edge of the sample.

A.3.3 For a fire safety class A or B test, the gas flame is to be applied continuously for 10 min or until the spread of flame (flaming of the material being tested) permanently recedes from a point of maximum spread, whichever is the shorter duration. For a fire safety class C test, the gas flame is to be applied for 4 min and then removed.

A.3.4 During and after the application of the test flame, the test sample is to be observed for the distance to which flaming of the material has spread, production of flaming or glowing brands, and displacement of portions of the test sample. The observation is to continue until the flame has permanently receded from a point of maximum spread.

A.4 Burning brand test

A.4.1 General

A test ~~deck~~ sample is to be mounted as described in 6.1 of ANSI/UL 790, except that the framework is to be 1,5 m from the air duct outlet (see Figure A.1), and the gas piping and burner are to be removed so as not to obstruct the air flow.

A.4.2 Size and construction of brands

A.4.2.1 The brands to be used in these tests are to be as shown in Figure A.2 and are to be constructed as specified in A.4.2.2 to A.4.2.4. Prior to the test, the brands are to be conditioned in an oven at 40 °C to 49 °C for at least 24 h.

A.4.2.2 The fire safety class A brand is to consist of a grid, 300 mm square and approximately 57 mm thick, made of kiln-dried Douglas fir pine lumber that is free from knots and pitch pockets. The brand is to be made of 36 strips of lumber each 19,1 mm by 19,1 mm by 300 mm long, placed in 3 layers of 12 strips each, with strips placed 6,4 mm apart. These strips are to be placed at right angles to those in adjoining layers and are to be nailed, using 38,1 mm long, (No. 16 gage) nails, or stapled, using No. 16 gage steel wire staples having a 5,6 mm crown and 31,8 mm legs, at each end of each strip on one face, and in a diagonal pattern, as shown in Figure A.2, on the other face. The dry weight of the finished brand is to be (2 000 ± 150) g at the time of the test.

A.4.2.3 The fire safety class B brand is to consist of a grid, 150 mm square and approximately 57 mm thick, made of kiln-dried Douglas fir lumber that is free from knots and pitch pockets. The brand is to be made of 18 strips of lumber 19,1 mm by 19,1 mm and 150 mm long, placed in 3 layers of 6 strips each, with strips spaced 6,4 mm apart. The strips are to be placed at right angles to those in adjoining layers and are to be nailed, using 38,1 mm long (No. 16 gage) nails, or stapled, using No. 16 gage steel wire staples having a 5,6 mm crown and 31,8 mm legs, at each end of each strip on one face, as shown in Figure A.2, and in a diagonal pattern on the other face. The dry weight of the finished brand is to be (500 ± 50) g at the time of the test.

A.4.2.4 The fire safety class C brand is to consist of a piece of kiln-dried non-resinous white pine lumber that is free from knots and pitch pockets. The brand is to measure 38,1 mm by 38,1 mm by 19,8 mm, and a saw-cut groove (kerf) 3,2 mm wide is to be cut across the centre of both the top and bottom faces to a depth of one-half the thickness of the brand, and at right angles to each other. The dry weight of the finished brand is to be $(9,25 \pm 1,25)$ g at the time of the test.

A.4.3 Ignition of brands

A.4.3.1 Before application to the test ~~deck sample~~, the brands are to be ignited so as to burn freely in still air, as described in A.4.3.2, A.4.3.3 or A.4.3.4, as applicable. The flame of the gas burner used to ignite the brands is to essentially envelop the brands during the process of ignition. The temperature of the igniting flame is to be (888 ± 10) °C, measured 58,7 mm above the top of the burner. The burner is to be shielded from drafts.

A.4.3.2 Fire safety class A brands are to be exposed to the flame for 5 min, during which time they are to be rotated to present each surface to the flame as follows:

- a) each (300 by 300) mm face for 30 s,
- b) each (57 by 300) mm face for 45 s,
- c) each (300 by 300) mm face again for 30 s.

A.4.3.3 Fire safety class B brands are to be exposed to the flame for 4 min, during which time they are to be rotated to present each surface to the flame as follows:

- a) each (150 by 150) mm face for 30 s,
- b) each (7 by 150) mm face for 30 s,
- c) each (150 by 150) mm face again for 30 s.

A.4.3.4 Fire safety class C brands are to be exposed to the flame for 2 min, during which time they are to be rotated so as to present each of the 38 mm by 38 mm faces to the flame for 1 min.

A.4.4 Test conditions

A.4.4.1 Fire safety class A test

A.4.4.1.1 A brand is to be placed on the surface of each test ~~deck sample~~ at the most vulnerable location (point of minimum coverage over ~~deck sample~~ joint) with respect to ignition of the ~~deck sample~~, but in no case closer than 100 mm from either side or 300 mm from the top or bottom edge of the test sample. The brand is to be placed so that the strips in both the upper and lower layers are parallel to the direction of air flow. The brand is to be secured to the ~~deck sample~~ by a soft-iron wire.

A.4.4.1.2 The brand shall be placed so that it is centered on the test sample, or in the location where the test sample is most vulnerable to ignition.

A.4.4.2 Fire safety class B test

A brand is to be placed on the surface of the test sample at each of the two most vulnerable locations with respect to ignition of the sample (see 8.4.2.2 of ANSI/UL 790). Each brand is to be positioned with its upper edge no closer than 152 mm from each side or 300 mm from the top or bottom edge of the sample. The brands are to be placed so that the strips in both the upper and lower layers are parallel to the direction of air flow. They are to be secured to the ~~deck sample~~ by a soft-iron wire (No. 18 B&S gage (0,82 mm)). The second brand is not to be applied until all burning resulting from the first brand has ceased.

A.4.4.3 Fire safety class C test

Twenty ignited brands are to be placed on each treated wood shingles ~~deck sample~~ at 1 min or 2 min intervals. No brand is to be placed closer than 100 mm to the point where a previous brand was located. See 8.4.3.2 (ANSI/UL-790) for securing of brands in place and relative positioning of brand saw kerfs.

A.4.5 Duration of test

Each individual test, whether fire safety class A, B, or C, is to be continued until the brand is consumed and until all evidence of flame, glow, and smoke has disappeared from both the exposed surface of the material being tested and the underside of the test ~~deck sample~~, or until unacceptable results occur, but not for more than 1,5 h for a fire safety class A or B test. The results of tests in which the brands do not show progressive and substantially complete consumption after application to the test sample shall be disregarded.

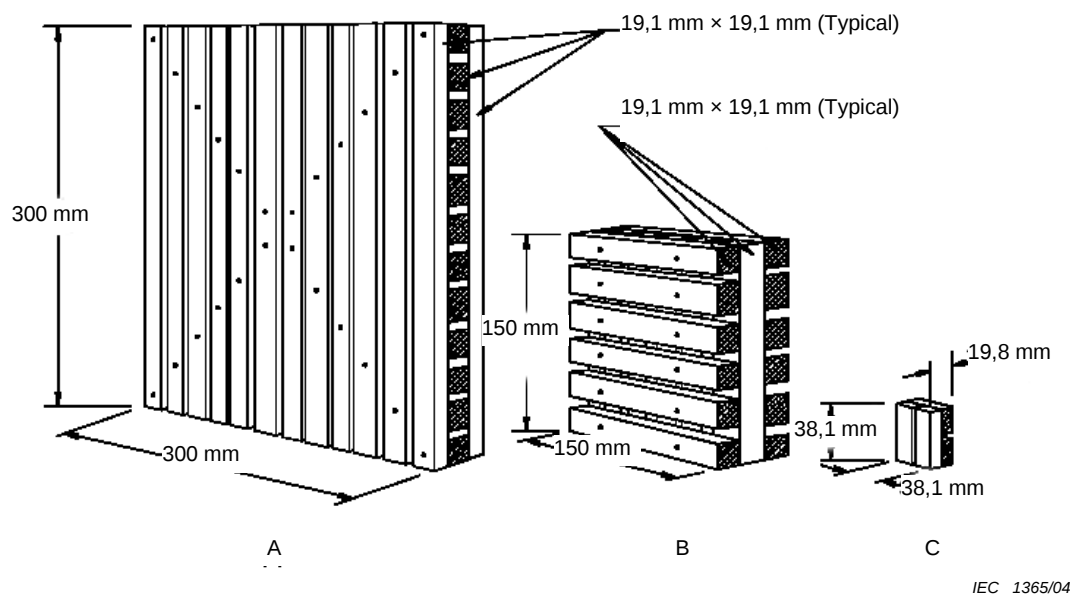


Figure A.2 – Burning brand construction

A.5 Observations

During the tests, observations shall be made for the appearance of sustained flaming on the underside of the test ~~deck~~ sample, production of flaming or glowing brands of roof covering material, displacement of the test sample, and the exposure or falling away of portions of the roof ~~deck~~ sample.

A.6 Conditions of acceptance

At no time during the spread-of-flame or burning-brand tests shall:

- a) Any portion of the module or panel be blown off or fall off the test ~~deck~~ sample in the form of flaming or glowing brands.
- b) Portions of the roof ~~deck~~ sample, or portions of a module or panel intended for installation integral with or forming a part of the building roof structure, fall away in the form of glowing particles.
- c) The flame spread beyond 1,82 m for fire safety class A, 2,4 m for fire safety class B, or 3,9 m for fire safety class C rating. The flame spread is to be measured from the leading edge of the sample.
- d) There be significant lateral spread-of-flame from the path directly exposed to the test flame. Spread-of-flame includes flaming on both the top surface (the surface to which the external flame is applied) and in any intermediate channel, such as the space between stand-off or integral modules and the roof.

Bibliography

IEC 60068-2-21:1999, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60364-1:2001, *Electrical installations of buildings – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61345:1998, *UV test for photovoltaic (PV) modules*

IEC 61721:1995, *Susceptibility of a photovoltaic (PV) module to accidental impact damage (resistance to impact test)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	44
1 Domaine d'application et objet	46
2 Références normatives	47
3 Classes d'application	48
3.1 Généralités	48
3.2 Classe A: Accès général, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses	48
3.3 Classe B: Accès restreint, tension dangereuse, applications de puissance dangereuses	48
3.4 Classe C: Tension limitée, applications de puissance limitées	48
4 Catégories d'essai	48
4.1 Généralités	48
4.2 Essais de préconditionnement	49
4.3 Contrôle général	49
4.4 Essais relatifs aux risques de chocs électriques	49
4.5 Essais relatifs aux risques de feu	49
4.6 Essais relatifs aux contraintes mécaniques	50
4.7 Essais relatifs aux composants	50
5 Classes d'application et leurs procédures d'essai nécessaires	50
6 Echantillonnage	52
7 Rapport d'essai	52
8 Essais	53
9 Critères d'acceptation	56
10 Procédures d'essai	56
10.1 Examen visuel MST 01	56
10.2 Essai d'accessibilité MST 11	56
10.3 Essai de susceptibilité aux rayures MST 12	57
10.4 Essai de continuité à la masse MST 13	60
10.5 Essai de tension d'impulsion MST 14	60
10.6 Essai de résistance diélectrique MST 16	62
10.7 Essai en température MST 21	63
10.8 Essai d'inflammabilité MST 23	65
10.9 Essai de surcharge de courant inverse MST 26	65
10.10 Essai de détérioration du module MST 32	66
11 Essais relatifs aux composants	71
11.1 Essai de décharge partielle MST 15	71
11.2 Essai de courbure de conduit MST 33	72
11.3 Essais de choc de la boîte de bornes MST 44	73
Annexe A (normative) Essais d'inflammabilité, essais de propagation de flammes et de brandon incandescent	74
Bibliographie	80

Figure 1 – Séquences d'essais	55
Figure 2 – Essai de susceptibilité aux rayures	59
Figure 3 – Forme d'onde de la tension d'impulsion conformément à la CEI 60060-1	62
Figure 4 – Outil d'impact	68
Figure 5 – Montage d'essai d'impact 1	69
Figure 6 – Montage d'essai d'impact 2	70
Figure 7 – Assemblage de la fixation d'essai	72
Figure A.1 – Appareillage d'essai pour l'essai d'inflammabilité	75
Figure A.2 – Construction du brandon incandescent	78
Tableau 1 – Essais de préconditionnement	49
Tableau 2 – Essai de contrôle général	49
Tableau 3 – Essais relatifs aux risques de chocs électriques	49
Tableau 4 – Essais relatifs aux risques de feu	50
Tableau 5 – Essais relatifs aux contraintes mécaniques	50
Tableau 6 – Essais relatifs aux composants	50
Tableau 7 – Essais exigés selon la classe d'application	51
Tableau 8 – Tension d'impulsion par rapport à la tension maximale du système	61
Tableau 9 – Limites de température des composants	64
Tableau 10 – Efforts de flexion	72

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 2: Exigences pour les essais

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 61730-2 comprend la première édition (2004) [documents 82/357/FDIS et 82/366/RVD] et son amendement 1 (2011) [documents 82/660/FDIS et 82/678/RVD]. Elle porte le numéro d'édition 1.1.

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

La Norme internationale CEI 61730-2 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 2: Exigences pour les essais

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61730 décrit les exigences d'essai 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 CEI 61730-1 se rapporte aux exigences particulières de construction. La présente partie de la CEI 61730 présente les exigences d'essais.

Cette norme tente de définir les exigences de base pour différentes classes d'application de modules photovoltaïques, mais elle ne peut être considérée comme couvrant tous les codes de construction nationaux et régionaux. Les exigences spécifiques pour les applications dans les domaines de la marine et des véhicules ne sont pas traitées. La présente norme ne s'applique pas aux modules à inverseurs intégrés alternatifs (modules alternatifs).

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.

Les séquences d'essais de la présente norme sont définies de façon optimale, de telle sorte que les essais de la CEI 61215 ou de la CEI 61646 puissent être utilisés comme des essais préalables de base.

NOTE 1 La séquence d'essais prescrite dans cette norme ne prétend pas essayer tous les aspects de sécurité associés avec l'utilisation des modules PV dans toutes les utilisations possibles. Cette norme utilise la meilleure séquence d'essais disponible au moment de la rédaction de cette norme. Il y a certains aspects tels que le danger potentiel de chocs électriques posés par un module cassé dans un système à haute tension, qu'il convient de considérer dans le cadre de la conception des systèmes, de la localisation, les restrictions d'accès et des procédures de maintenance.

L'objet de ce document est de fournir la séquence d'essai destinée à vérifier la sécurité des modules PV dont la construction a été qualifiée par la CEI 61730-1. La séquence d'essais et les critères d'acceptation sont conçus pour détecter le claquage éventuel de composants internes et externes des modules PV, qui entraînerait des incendies, des chocs électriques et des préjudices humains. La norme définit les exigences de base relatives aux essais de sécurité et des essais supplémentaires qui sont fonction des applications finales du module.

Les catégories d'essais incluent un contrôle général, les risques de chocs électriques, les risques de feu, les contraintes mécaniques et les contraintes environnementales.

NOTE 2 Il convient que les exigences supplémentaires relatives aux essais 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 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Première Partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Première Partie: Généralités et guide*

CEI 60410, *Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs*

CEI 60664-1:~~1992~~, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*
Amendement 2 (2002)

CEI 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – ~~Deuxième~~ Partie 2: Exigences relatives aux ~~cellules dispositifs~~ solaires de référence*

~~CEI 60904-6, Dispositifs photovoltaïques – Partie 6: Exigences relatives aux modules solaires de référence~~

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

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

CEI 61215:~~2004~~, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation* (publiée en anglais seulement)

CEI 61646:~~1996~~, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61730-1:~~2004~~, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

ISO/IEC 17025, *Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ANSI/UL 514C, *Non-metallic outlet boxes, flush device boxes and covers*

ANSI/UL 790, *Tests for Fire Resistance of Roof Covering Materials*

ANSI/UL 1703, *Flat – Plate Photovoltaic Modules and Panels*

ANSI Z97.1, *Norme nationale américaine pour les vitrages de sécurité utilisés dans la construction – Spécifications des performances de sécurité et méthodes d'essais*

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 éventuels associés à ces applications et d'étudier la fabrication 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 conformément à la CEI 61730-1 et la présente partie de la CEI 61730 sont considérés, pour cette classe d'application, comme répondant aux prescriptions 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 et protégés par une isolation de base, 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, où un accès de contact général est prévu. Les modules qualifiés pour la sécurité conformément à la CEI 61730-1 et la présente partie de la CEI 61730 sont considérés, pour cette classe d'application, comme répondant aux prescriptions de la classe de sécurité III.

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

4 Catégories d'essai

4.1 Généralités

Les risques suivants peuvent influencer la durée de vie et la sécurité des modules PV. Conformément à ces risques, des procédures et des critères d'essai sont décrits. Les essais spécifiques auxquels un module sera soumis dépendront de l'application finale pour laquelle les essais minimaux sont spécifiés à l'Article 5.

NOTE Les essais pour la sûreté de fonctionnement des modules sont désignés par MST.

Les Tableaux 1 à 6 présentent l'origine des essais exigés. Pour certains essais, la troisième colonne présente à titre informatif l'origine des essais, mais les exigences d'essai appropriées sont données aux Articles 10 et 11. Les essais restants sont basés sur ou sont identiques à la CEI 61215/CEI 61646, et des références aux articles appropriés sont données dans les deux dernières colonnes. Certains essais basés sur la CEI 61215/CEI 61646 ont été modifiés pour la CEI 61730-2, et sont inclus dans les Articles 10 et 11.

4.2 Essais de préconditionnement

Tableau 1 – Essais de préconditionnement

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 51	Cycles thermiques (TC50 ou TC200)		10.11	10.11
MST 52	Gel d'humidité (HF10)		10.12	10.12
MST 53	Chaleur humide (DH1000)		10.13	10.13
MST 54	Essai de préconditionnement aux UV		10.10	10.10

4.3 Contrôle général

Tableau 2 – Essai de contrôle général

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 01	Examen visuel		10.1	10.1

4.4 Essais relatifs aux risques de chocs électriques

Ces essais sont conçus pour évaluer les risques encourus par le personnel, dus aux chocs ou aux accidents en raison des contacts avec les parties d'un module alimentées électriquement suite à la conception, à la construction, ou à des défauts provoqués par l'environnement ou le fonctionnement.

Tableau 3 – Essais relatifs aux risques de chocs électriques

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 11	Essai d'accessibilité	ANSI/UL 1703		
MST 12	Essai de susceptibilité de coupure (pas nécessaire pour les surfaces en verre)	ANSI/UL 1703		
MST 13	Essai de continuité de terre (pas nécessaire sauf en cas de cadre métallique)	ANSI/UL 1703		
MST 14	Essai de tension d'impulsion	CEI 60664-1		
MST 16	Essai de résistance diélectrique		10.3*	10.3*
MST 17	Essai de courant de fuite		10.15	10.20
MST 42	Essai de robustesse des sorties		10.14	10.14

* Les critères d'acceptation et de rejet diffèrent de ceux donnés dans la CEI 61215 et dans la CEI 61646.

4.5 Essais relatifs aux risques de feu

Ces essais évaluent les risques de feu éventuels dus au fonctionnement d'un module ou à la défaillance de ses composants.

Tableau 4 – Essais relatifs aux risques de feu

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 21	Essai en température	ANSI/UL 1703		
MST 22	Essai au point chaud		10.9	10.9
MST 23	Essai de résistance au feu	ANSI/UL 790		
MST 25	Essai thermique de la diode de dérivation		10.18	10.18
MST 26	Essai de surcharge de courant inverse	ANSI/UL 1703		

4.6 Essais relatifs aux contraintes mécaniques

Ces essais doivent réduire les accidents éventuels dus aux défaillances mécaniques.

Tableau 5 – Essais relatifs aux contraintes mécaniques

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 32	Module breakage test	ANSI Z97.1		
MST 34	Essai de charge mécanique		10.16	10.16

4.7 Essais relatifs aux composants

Tableau 6 – Essais relatifs aux composants

Essai	Titre	Références de Normes	Selon	
			CEI 61215	CEI 61646
MST 15	Essai de décharge partielle	CEI 60664-1		
MST 33	Courbure de conduit	ANSI/UL 514C		
MST 44	Essai de choc de la boîte de bornes	ANSI/UL 514C		

5 Classes d'application et leurs procédures d'essai nécessaires

Les essais spécifiques auxquels un module sera soumis, en fonction de la classe d'application définie dans la CEI 61730-1, sont décrits au Tableau 7. L'ordre suivant lequel les essais sont réalisés doit être conforme à la Figure 1.

Certains essais doivent être réalisés comme des essais de préconditionnement.

NOTE Cette séquence d'essai a été élaborée de telle façon que la CEI 61730-2 peut être appliquée conjointement avec la CEI 61215 ou la CEI 61646. De cette façon, les essais de contrainte d'environnement de la CEI 61215 ou de la CEI 61646 peuvent être utilisés comme essais de préconditionnement de la CEI 61730-2.

Tableau 7 – Essais exigés selon la classe d'application

Classe d'application			Essais
A	B	C	
X	X	X	Essais de préconditionnement:
X	X	X	MST 51 Cycles thermiques (T50 ou T200)
X	X	X	MST 52 Gel d'humidité (10HF)
X	X	X	MST 53 Chaleur humide (DH1000)
X	X	X	MST 54 Résistance aux Pré-conditionnement contre les UV
X	X	X	Essai de contrôle général:
X	X	X	MST 01 Examen visuel
X	X	-	Essais relatifs aux risques de chocs électriques:
X	X	-	MST 11 Essai d'accessibilité
X	X	X	MST 12 Essai de susceptibilité de coupe
X	X	X	MST 13 Essai de continuité de terre
X	X*	-	MST 14 Essai de tension d'impulsion
X	X*	-	MST 16 Essai de résistance diélectrique
X	X	-	MST 17 Essai de courant de fuite
X	X	X	MST 42 Essai de robustesse des sorties
X	X	X	Essais relatifs aux risques de feu:
X	X	X	MST 21 Essai en température
X	X	X	MST 22 Essai du point chaud
X**	-	-	MST 23 Essai de résistance au feu
X	X	-	MST 26 Essai de surcharge de courant inverse
X	-	X	Essais relatifs aux contraintes mécaniques:
X	X	X	MST 32 Essai de détérioration de module
X	X	X	MST 34 Essai de charge mécanique
X	-	-	Essais relatifs aux composants:
X	X	-	MST 15 Essai de décharge partielle
X	X	-	MST 33 Courbure de conduit
X	X	X	MST 44 Essai de choc de la boîte de bornes
X Essai exigé. - L'essai n'a pas besoin d'être réalisé. * Différents niveaux d'essais pour la classe d'application A et B. ** Résistance au feu minimale de classe C si nécessaire pour modules montés sur des toits de bâtiments.			

6 Echantillonnage

Six modules et un stratifié¹ (un module sans cadre) pour les essais de sécurité (plus les pièces de rechange nécessaires) et des modules supplémentaires comme exigé pour l'essai d'inflammabilité doivent être prélevés au hasard dans un ou plusieurs lots de production, conformément à la procédure donnée dans la CEI 60410. Les modules doivent avoir été construits à partir de matériaux et de composants spécifiés conformément aux dessins et fiches d'instruction appropriés et avoir été soumis au contrôle normal, au contrôle de la qualité et aux procédures d'acceptation de la production du fabricant. Les modules doivent être complets jusque dans les moindres détails et doivent être accompagnés des instructions relatives à la manipulation, au montage et à la connexion fournies par le fabricant, y compris la tension maximale admissible du système.

Lorsque les modules à soumettre aux essais sont des prototypes d'une nouvelle conception et non issus de la production, ce fait doit être noté dans le rapport d'essai (voir l'Article 7).

7 Rapport d'essai

Les résultats doivent être spécifiés dans un rapport d'essai conformément à l'ISO/CEI 17025. Les résultats doivent être énoncés, normalement dans un rapport d'essai, et doivent inclure toutes les informations exigées par le client et nécessaires à l'interprétation de l'essai et toutes les informations exigées par la méthode utilisée:

- a) un titre;
- b) nom et adresse du laboratoire d'essai et lieu où les essais ont été réalisés;
- c) identification non équivoque de la certification ou du rapport et de chaque page;
- d) nom et adresse du client, s'il y a lieu;
- e) description et identification de l'unité soumise aux essais;
- f) caractérisation et état de l'unité d'essai;
- g) date de réception de l'unité d'essai et date(s) de l'essai, s'il y a lieu;
- h) identification de la méthode d'essai utilisée;
- i) référence à la procédure d'échantillonnage, s'il y a lieu;
- j) tout écart par rapport à la méthode d'essai, tout complément à la méthode d'essai ou toute exclusion de la méthode d'essai, et toute autre information appropriée aux essais spécifiques, telle que les conditions d'environnement;
- k) mesures, examens et résultats dérivés appuyés par des tableaux, des graphiques, des croquis et des photographies selon le cas, y compris la tension maximale des systèmes, la classe de sécurité, la technique de montage et toutes les défaillances observées;
- l) une spécification indiquant si l'essai de tension d'impulsion a été réalisé sur le module ou sur le stratifié;
- m) une indication de l'incertitude estimée des résultats d'essai (s'il y a lieu);
- n) une signature et un titre, ou une identification équivalente de la ou des personnes acceptant d'être responsables du contenu du certificat ou du rapport, et la date d'édition;
- o) s'il y a lieu, une indication selon laquelle les résultats ne se rapportent qu'aux exemplaires soumis aux essais;
- p) une spécification indiquant que le certificat ou le rapport ne doivent pas être reproduits sauf dans leur totalité, sans l'approbation écrite du laboratoire.

Une copie de ce rapport doit être conservée par le fabricant pour des besoins de référence.

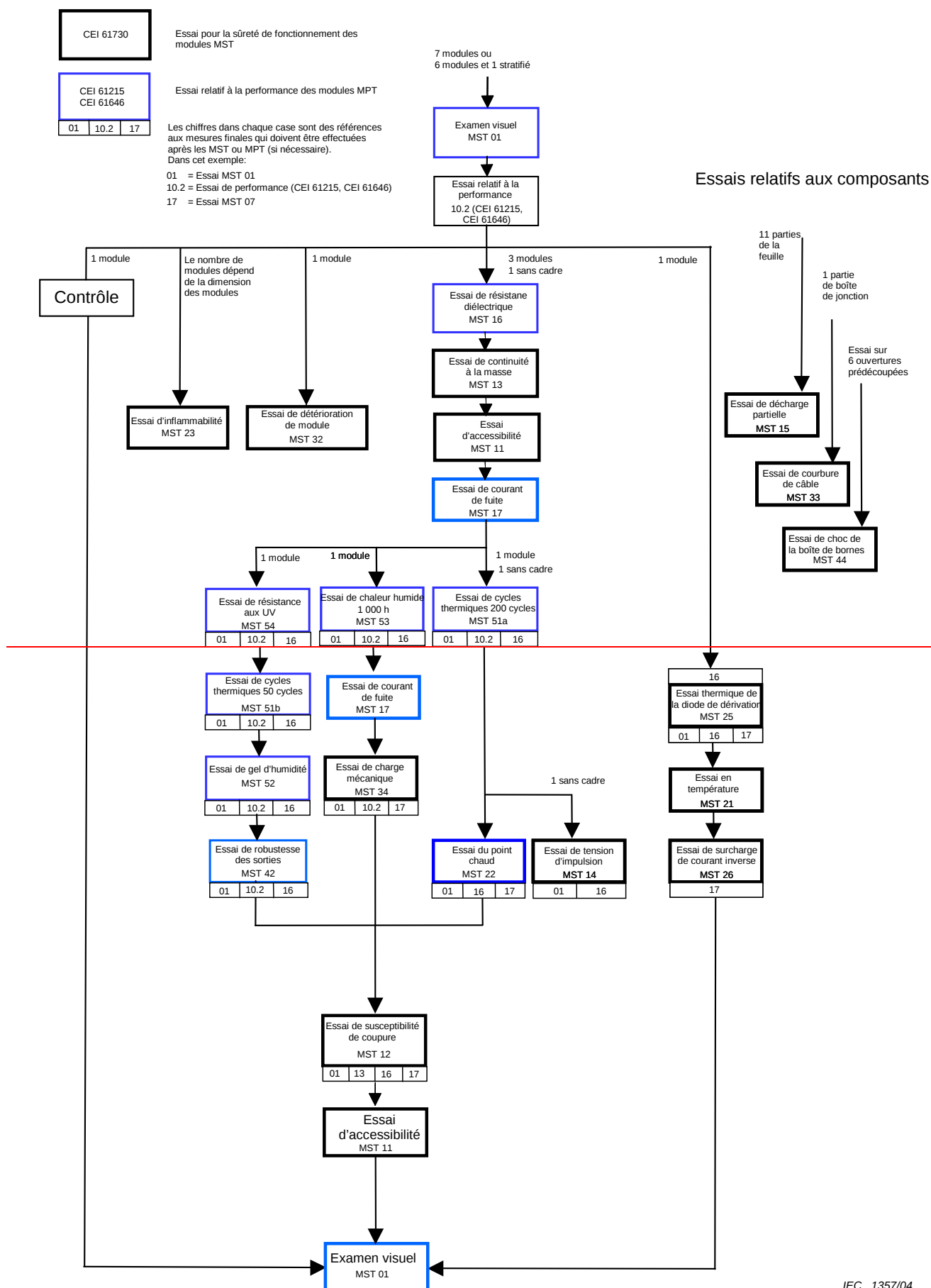
¹ Si le module est uniquement utilisé avec un cadre et que le cadre est une partie essentielle pour satisfaire aux exigences relatives à l'isolation, le stratifié peut être remplacé par un module.

8 Essais

Les modules doivent être divisés en groupes et soumis aux essais de sécurité représentés à la Figure 1, réalisés suivant l'ordre spécifié. Les modules doivent être sélectionnés de telle sorte que les essais de préconditionnement de 4.2 soient satisfaits. Chaque encadré de la Figure 1 fait référence au paragraphe correspondant de la présente partie de la CEI 61730.

NOTE Les modules de rechange peuvent être inclus dans le programme d'essai de sécurité, à condition qu'ils aient été soumis à des essais d'environnement de manière appropriée, afin de satisfaire aux informations requises nécessaires.

Les procédures et les critères d'essai, incluant les mesures initiales et finales si nécessaire, figurent dans les Articles 10 et 11. Certains essais sont identiques à ceux de la CEI 61215/CEI 61646 et figurent à l'Article 4. En réalisant ces essais, l'opérateur d'essai doit observer rigoureusement les instructions relatives à la manipulation, au montage et à la connexion fournies par le fabricant.



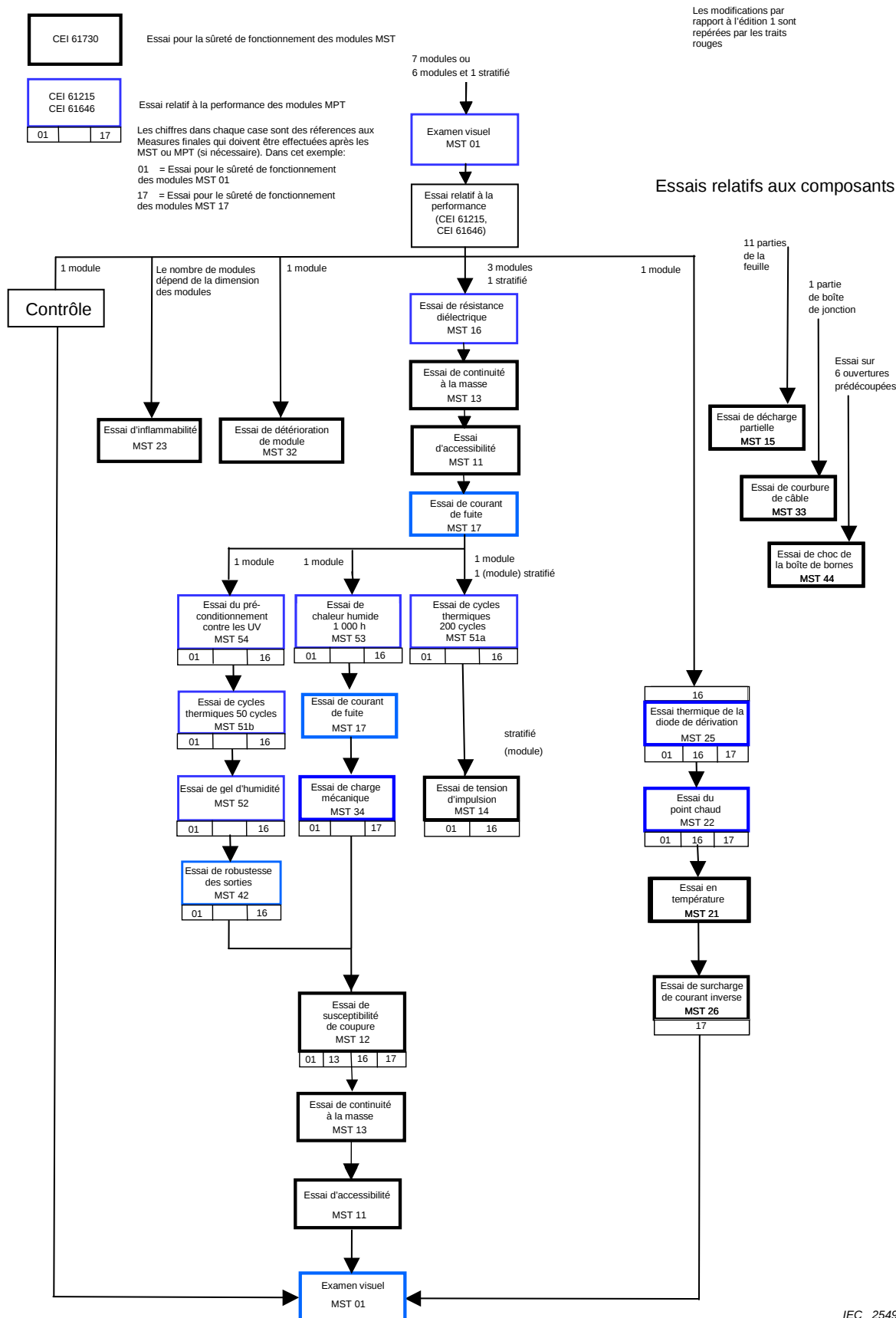


Figure 1 – Séquences d'essais

9 Critères d'acceptation

Le module à évaluer doit être estimé comme ayant réussi l'essai de qualification pour la sûreté de fonctionnement si les échantillons d'essai remplissent tous les critères de chaque essai individuel.

Si chaque module ne remplit pas ces critères d'essai, le module à évaluer doit être jugé comme n'ayant pas satisfait aux exigences relatives aux essais de sécurité.

NOTE La nature du défaut déterminera les exigences d'extension ou de nouvel essai.

10 Procédures d'essai

10.1 Examen visuel MST 01

10.1.1 But

Détecter tout défaut visuel dans le module.

10.1.2 Procédure

Cet essai est identique à 10.1 de la CEI 61215/CEI 61646 avec les critères d'inspection supplémentaires suivants:

- toutes les autres conditions susceptibles d'affecter la sécurité;
- les marquages non cohérents avec l'Article 11 de la CEI 61730-1.

Prendre note et/ou photographier la nature et l'emplacement de toutes les fissures, bulles ou décollements inter laminaires, etc. qui peuvent se détériorer et nuire à la sécurité du module dans la suite des essais. Des défauts visuels autres que les défauts majeurs répertoriés ci-dessous sont acceptables pour les besoins de la qualification de l'essai de sécurité.

10.1.3 Critères d'acceptation

Dans le but de la qualification de l'essai de sécurité, les éléments ci-après sont considérés comme défauts visuels principaux:

- a) surfaces externes cassées, fissurées ou déchirées;
- b) surfaces extérieures gauchies ou désalignées, y compris les substrats inverses, les substrats, les châssis et les boîtes de jonction, au point que la sécurité du module en soit affectée;
- c) bulles ou décollements inter laminaires formant un chemin continu entre toute partie du circuit électrique et le bord du module, ou qui ont présenté une croissance significative au cours des essais et qui atteindraient un tel état si les essais étaient poursuivis;
- d) preuve de tout encapsulant fondu ou brûlé, feuille arrière, diode ou composant PV actif;
- e) perte d'intégrité mécanique au point que la sécurité de l'installation et le fonctionnement du module en soient affectés;
- f) marquages non conformes à l'Article 12 de la CEI 61730-1.

10.2 Essai d'accessibilité MST 11

10.2.1 But

Déterminer si les connexions électriques non isolées représentent un risque de choc pour le personnel.

10.2.2 Appareillage

L'appareillage est le suivant:

- a) Une fixation d'essai cylindrique de type 11 conformément à la Figure 7 de la CEI 61032.
- b) Un ohmmètre ou dispositif d'essai de continuité.

10.2.3 Procédure

La procédure est la suivante:

- a) Monter et connecter le module d'essai selon les recommandations du fabricant.
- b) Fixer l'ohmmètre ou dispositif d'essai de continuité au circuit électrique du module et à la fixation d'essai.
- c) Retirer tous les couvercles, les fiches et les connexions du module qui peuvent être enlevés sans l'aide d'un outil.
- d) Examiner avec la fixation d'essai dans et autour de tous les connecteurs électriques, fiches, boîtes de jonction et toute autre zone où le circuit électrique du module peut être accessible.
- e) Contrôler l'ohmmètre ou le dispositif d'essai de continuité au cours de l'essai afin de déterminer si la fixation d'essai est connectée aux circuits électriques du module.

10.2.4 Mesures finales

Aucune.

10.2.5 Exigences

A aucun moment au cours de l'essai il ne doit y avoir une résistance inférieure à 1 MΩ entre la fixation d'essai et le circuit électrique du module.

10.2.6 Critères d'acceptation

A aucun moment au cours de l'essai la sonde ne doit être en contact avec une partie active électrique. Cet essai est réalisé au début et à la fin de la séquence conformément à la Figure 1, mais peut également être utilisé à n'importe quel moment au cours de la séquence d'essais s'il y a toute raison de croire que les circuits électriques actifs ont été exposés par l'un des autres essais.

10.3 Essai de susceptibilité aux rayures MST 12

10.3.1 But

Déterminer si les surfaces avant et arrière du module réalisées en matériaux polymérisés sont capables de résister aux manipulations quotidiennes au cours de l'installation et de l'entretien sans exposer le personnel aux risques de chocs électriques. ~~Cet essai est dérivé de l'ANSI/UL 1703.~~

10.3.2 Appareillage

Une fixation d'essai comme celle représentée à la Figure 2, conçue pour dessiner un objet de forme définie, une lame d'acier au carbone d'une épaisseur de 0,64 mm ± 0,05 mm (par exemple l'arrière d'une lame de scie à métaux) sur la surface du module avec une force appliquée de 8,9 N ± 0,5 N.

10.3.3 Procédure

La procédure est la suivante:

- a) Positionner le module horizontalement, la surface avant étant orientée vers le haut.
- b) Le dispositif d'essai doit être placé sur la surface pendant 1 min puis déplacé sur la surface du module à une vitesse de (150 ± 30) mm/s.

Répéter la procédure cinq fois dans des directions différentes.

- c) Répéter a) et b) pour la surface arrière du module.

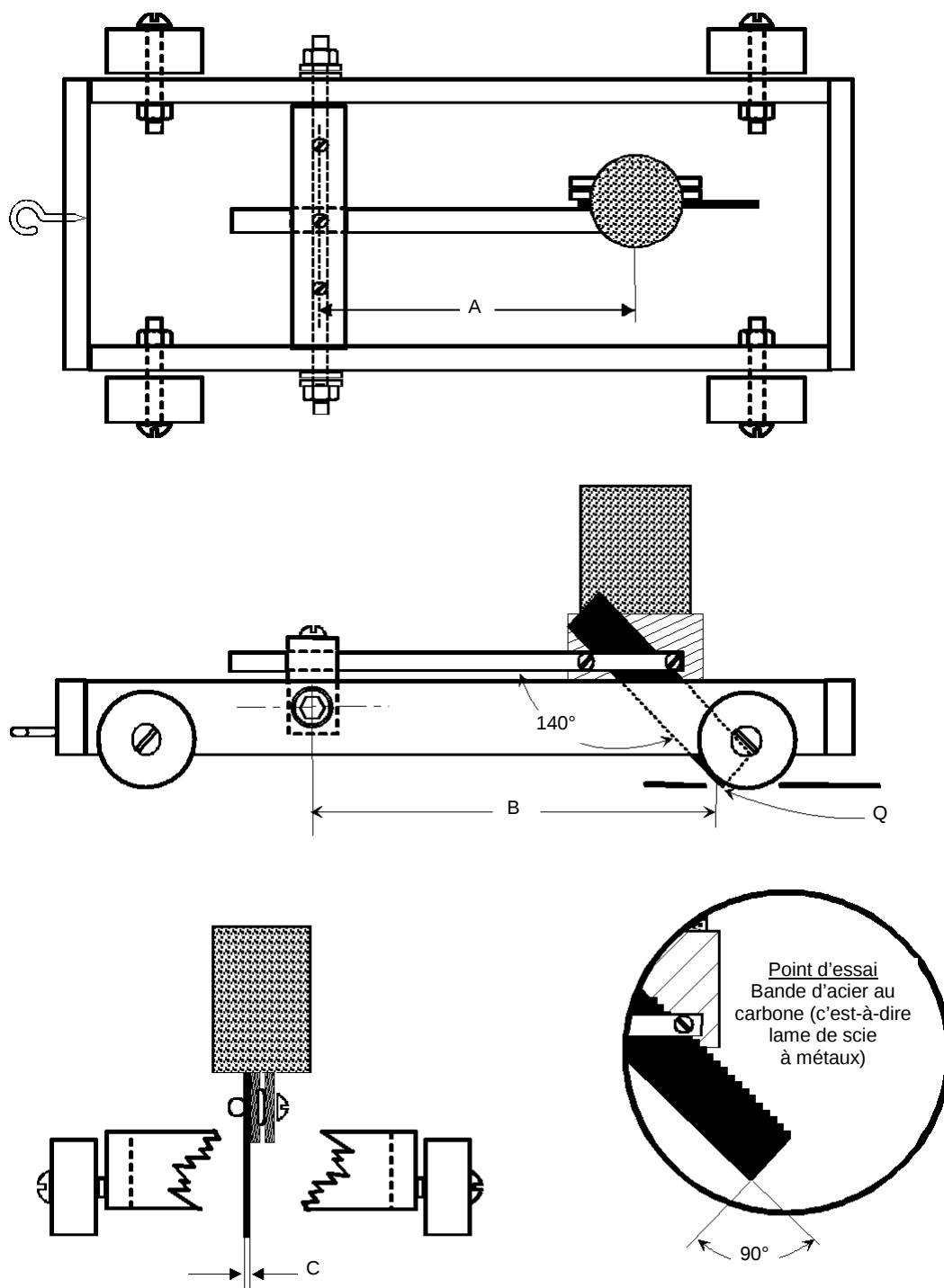
10.3.4 Mesures finales

Répéter MST 01, ~~MST 13~~, MST 16 et MST 17.

10.3.5 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont les suivants:

- a) Aucune preuve visuelle que les surfaces du substrat inversé ou du substrat ont été dégradées, exposant les circuits actifs du module.
- b) Les ~~MST 13~~, MST 16, MST 17 doivent satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.



IEC 1358/04

Légende

- A 150 mm de l'axe au centre du poids.
- B 170 mm de l'axe au point d'essai.
- C Point d'essai – Bande d'acier de 0,64 mm d'épaisseur.
- Q Force totale exercée sur le point d'essai Q: 8,9 N.

Figure 2 – Essai de susceptibilité aux rayures

10.4 Essai de continuité à la masse MST 13

10.4.1 But

Démontrer qu'il y a un chemin conducteur entre toutes les surfaces conductrices exposées du module, de telle sorte que les surfaces conductrices exposées puissent être reliées à la masse de façon appropriée dans un système PV. Cet essai est exigé uniquement si le module utilise des parties conductrices telles qu'un cadre métallique ou une boîte de jonction métallique.

10.4.2 Appareillage

L'appareillage est le suivant:

- a) Une alimentation constante capable de produire un courant représentant 2,5 fois les caractéristiques de protection de surintensité maximale du module à l'essai. Voir MST 26.
- b) Un voltmètre adapté.

NOTE Selon la CEI 61730-1 les caractéristiques de protection de surintensité maximale sont fournies par le fabricant.

10.4.3 Procédure

La procédure est la suivante:

- a) Sélectionner le point de mise à la masse conçu par le fabricant et la connexion à la masse recommandée. Le fixer à une borne de l'alimentation constante.
- b) Sélectionner un composant conducteur exposé adjacent (connecté) avec le déplacement physique le plus important à partir du point de mise à la masse, et le fixer à l'autre borne de l'alimentation.
- c) Fixer le voltmètre aux deux composants conducteurs fixés à l'alimentation à proximité des broches de courant.
- d) Appliquer un courant représentant 2,5 fois $\pm 10\%$ des caractéristiques de protection de surintensité maximale du module pendant 2 min au minimum.
- e) Mesurer le courant appliqué et la chute de potentiel qui en résulte.
- f) Réduire l'intensité du courant à zéro.
- g) Répéter l'essai sur un composant cadre supplémentaire.

10.4.4 Mesures finales

Aucune.

10.4.5 Critères d'acceptation

La résistance entre le composant conducteur exposé sélectionné et l'un ou l'autre composant conducteur du module doit être inférieure à $0,1\ \Omega$.

10.5 Essai de tension d'impulsion MST 14

10.5.1 But

Vérifier la capacité de l'isolement du module à résister aux surtensions d'origine atmosphérique. Il couvre également les surtensions dues à la commutation du matériel à basse tension.

NOTE Si le module PV n'est pas vendu sans cadre, il convient que l'essai de tension d'impulsion soit réalisé avec le module encadré.

10.5.2 Appareillage

L'appareillage est le suivant:

- a) Générateur de tension d'impulsion.
- b) Oscilloscope.

10.5.3 Modes opératoires

Pour les besoins de la reproductibilité des essais, cet essai est réalisé dans des conditions de température ambiante et d'humidité relative inférieure à 75 %. Le mode opératoire est le suivant:

- a) Couvrir l'ensemble du module avec une feuille de cuivre. Connecter la feuille à la borne négative du générateur de tension d'impulsion.
- b) Connecter les bornes de sortie court-circuitées du module à la borne positive du générateur de tension d'impulsion.

Spécification de la feuille:

- 1) Epaisseur du cuivre comprise entre 0,03 mm et 0,05 mm.
- 2) Colle conductrice (~~conductivité~~ **résistance** $< 1 \Omega$, zone de mesure: 625 mm²).
- 3) Epaisseur totale comprise entre 0,05 mm et 0,07 mm.
- c) Sans aucun éclaircissement, appliquer la tension d'impulsion de surcharge donnée au Tableau 8 avec une forme d'onde comme celle représentée à la Figure 3 par le générateur de tension d'impulsion. La forme d'onde de l'impulsion doit être observée par un oscilloscope, **le module étant connecté**, et le temps de montée et la durée d'impulsion doivent être vérifiés pour chaque essai.

NOTE 1 Conformément à 2.2.2.1.1 de la CEI 60664-1, les modules appartiennent à la catégorie III de surtension. Le niveau d'essai a été réduit d'une étape, puisque les systèmes sont en principe équipés de dispositifs de protection de surtension. D'autre part, pour vérifier l'isolation renforcée (comme exigé pour la classe d'application A et la classe de sécurité II), le niveau pour la classe d'application A a été augmenté d'une étape.

Tableau 8 – Tension d'impulsion par rapport à la tension maximale du système

Tension maximale du système V	Tension d'impulsion	
	Classe d'application A V	Classe d'application B V
100	1 500	800
150	2 500	1 500
300	4 000	2 500
600	6 000	4 000
1 000	8 000	6 000

NOTE 2 L'interpolation linéaire est autorisée pour les valeurs intermédiaires de la tension maximale du système.

- d) Trois impulsions successives doivent être appliquées.
- e) Changer la polarité des bornes du générateur d'impulsions et appliquer trois impulsions successives.

L'essai d'impulsion doit être réalisé conformément à la CEI 60060-1.

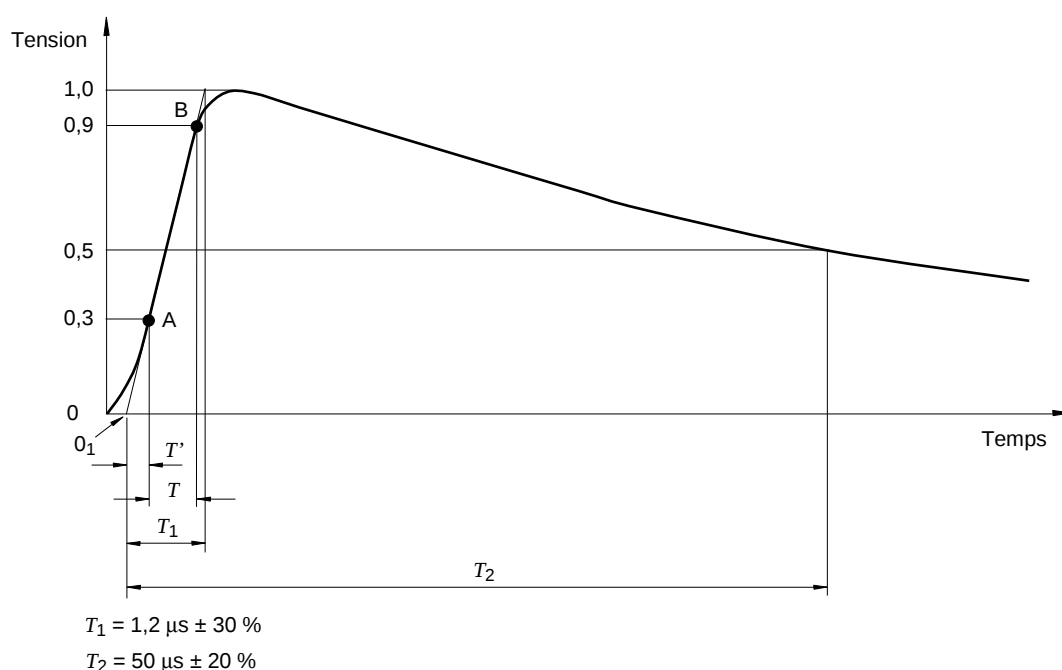
10.5.4 Mesures finales

Répéter l'examen visuel MST 01.

10.5.5 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont les suivants:

- Aucune preuve de rupture diélectrique ou de cheminement superficiel du module n'est observée au cours de l'essai.
- Aucune preuve de défauts visuels majeurs tels que définis en 10.1.



NOTE Le paramètre 0_1 est le début de la tension d'impulsion. Dans un diagramme avec échelle linéaire il s'agit de l'intersection de l'axe des temps avec la ligne définie par les points A et B.

Figure 3 – Forme d'onde de la tension d'impulsion conformément à la CEI 60060-1

10.6 Essai de résistance diélectrique MST 16

10.6.1 But

Déterminer si oui ou non le module est suffisamment bien isolé entre les parties conductrices et le cadre ou l'environnement extérieur.

L'essai doit être réalisé sur les modules à la température ambiante de l'atmosphère environnante (voir la CEI 60068-1) et à une humidité relative ne dépassant pas 75 %.

10.6.2 Procédure

Cet essai est identique à l'essai 10.3 de la CEI 61215/CEI 61646 avec des niveaux d'essai dépendant de la classe d'application et de la tension maximale du système.

La tension d'essai maximale doit être égale à 2 000 V plus quatre fois la tension maximale du système pour la classe d'application A et égale à 1 000 V plus deux fois la tension maximale du système pour la classe d'application B.

10.6.3 Critères d'acceptation

Voir la CEI 61215/CEI 61646.

10.7 Essai en température MST 21

10.7.1 But

Cet essai en température est conçu pour déterminer les températures de référence maximales pour des composants et des matériaux divers utilisés pour la construction du module, afin d'établir la pertinence de leur utilisation.

10.7.2 Conditions d'essai

La température ambiante au cours de l'essai peut être comprise entre 20 °C et 55 °C.

L'éclairement énergétique au cours de l'essai ne doit pas être inférieur à 700 W/m² mesuré de façon coplanaire avec le module par un dispositif étalonné avec une précision de ±5 % conformément à la CEI 60904-2 et la CEI 60904-6. Toutes les données doivent être prises à des vitesses de vent inférieures à 1 m/s.

10.7.3 Procédure

Le module à l'essai doit être monté sur une plate-forme fabriquée à partir de bois, de panneau d'aggloméré ou de contre-plaqué, d'environ 19 mm d'épaisseur. La plate-forme doit être peinte tout en noir sur le côté faisant face à l'échantillon d'essai. La plate-forme doit s'étendre sur au moins 60 cm au-delà du module de tous les côtés.

Le module à l'essai doit être monté sur la plate-forme conformément aux instructions d'installation du fabricant. Si les instructions proposent plus d'une option, l'option fournissant le cas le plus défavorable doit être utilisée. Si aucune indication n'a été fournie, le module d'essai doit être monté directement sur la plate-forme.

Les températures du module doivent être mesurées par un dispositif ou un système étalonné, avec une incertitude maximale de ±2 °C.

Le module doit fonctionner dans des conditions à la fois de circuit ouvert et de court-circuit, et les données de température stabilisées pour chaque emplacement d'essai doivent être rassemblées dans chaque condition. La stabilité thermique a été atteinte lorsque trois lectures successives, prises à 5 min d'intervalle, indiquent une variation de température inférieure à ±1 °C.

Les températures du composant mesurées (T_{obs}) doivent être normalisées par l'addition de la différence entre la température ambiante de référence de 40 °C et la température ambiante mesurée (T_{amb}) conformément à l'équation $T_{\text{con}} = T_{\text{obs}} + (40 - T_{\text{amb}})$. T_{con} est la température normalisée.

Si une performance inacceptable est rencontrée au cours de l'essai en température et que la performance est attribuée à une condition d'essai qui, bien que dans les limites spécifiées, peut être considérée plus sérieuse que nécessaire, par exemple une température ambiante proche des limites autorisées, l'essai peut être réalisé dans des conditions plus proches de la normale.

Si l'éclairement énergétique est différent de 1 000 W/m², les températures pour plus de deux niveaux d'éclairement énergétique avec au moins 80 W/m² séparément entre les niveaux doivent être déterminées, et une extrapolation quadratique réalisée pour déterminer la température sous un éclairement énergétique de 1 000 W/m².

Les points de mesure types incluent:

- Substrat inversé du module au-dessus de l'élément central.
- Substrat du module en dessous de l'élément central.
- Surface intérieure de l'enveloppe des bornes.
- Volume intérieur de l'enveloppe des bornes.
- Bornes de câblage.
- Isolation des fils de câblage.
- Corps de connecteurs externes (si équipés ainsi).
- Diodes (si équipés ainsi).

NOTE En raison des nombreuses variations possibles de construction, plus d'un point de rassemblement de données pour chaque emplacement cité peut être utilisé, à la discrétion du laboratoire d'essai.

10.7.4 Exigences

Les exigences sont les suivantes:

- a) Aucune température mesurée ne dépasse aucune des limites de température des surfaces, des matériaux ou des composants, comme décrit au Tableau 9; ou
- b) Aucune fuite, distorsion, affaissement, carbonisation ou dommage similaire sur n'importe quelle partie du module, comme indiqué en 10.1.

Tableau 9 – Limites de température des composants

Partie, matériau ou composant	Limites de température °C
Matériaux isolants: ^{c)}	
Polymérisé	^{a)}
Fibre	90
Phénolique stratifié	125
Phénolique moulé	150
Bornes de câblage, parties métalliques	30 au-dessus de la température ambiante
Compartiments de câblage qui peuvent être en contact avec les fils ^{d)}	^{a)} ou ^{d)} , en prenant la plus élevée des deux, ou ^{b)}
Conducteurs isolés	^{d)}
Surface de montage (cadre) et éléments de structure adjacents	90
^{a)} L'indice thermique relatif (RTI) du matériau, inférieur à 20 °C. ^{b)} Si un marquage est fourni pour établir les caractéristiques de température minimales des conducteurs à utiliser, les bornes aux points à l'intérieur d'un compartiment de câblage peuvent dépasser la valeur spécifiée mais ne doivent pas atteindre une température supérieure à 90 °C. ^{c)} Des températures plus élevées que celles spécifiées sont acceptables s'il est possible de déterminer que les températures plus élevées n'entraîneront pas de risque de feu ou de chocs électriques. ^{d)} Les températures mesurées sur les conducteurs isolés ne doivent pas dépasser la température assignée du conducteur.	

10.8 Essai d'inflammabilité MST 23

10.8.1 But

Ces exigences établissent la résistance au feu fondamentale des modules PV servant soit de matériaux de couverture de toit ou étant montés sur un bâtiment sur un toit existant. Ces modules peuvent être soumis au feu, et il est par conséquent nécessaire d'indiquer leurs caractéristiques de résistance au feu lorsqu'ils sont exposés à un foyer d'incendie provenant de l'extérieur du bâtiment sur lequel ils sont installés. Il n'est pas nécessaire que les modules fonctionnent après l'essai.

NOTE Ces essais spécifient les exigences fondamentales et peuvent ne pas être suffisants pour satisfaire aux exigences pour un module prévu pour des applications de construction selon les exigences des références de construction locales ou nationales. Des essais supplémentaires, au-delà de ces essais cités ou en complément à ceux-ci peuvent être exigés.

Les classes de résistance au feu vont de la classe C (résistance au feu fondamentale) vers la classe B jusqu'à la classe A (résistance au feu maximale) Une prévision minimale de résistance au feu de classe C est nécessaire pour tout module monté sur un bâtiment. Une certification de niveau supérieur peut être envisagée pour satisfaire à des exigences d'application particulières.

10.8.2 Approche

Un module PV utilisé à la place d'un matériau pour toiture classifié ou monté sur ou au dessus d'un élément pour toiture classifié existant doit être conforme à un essai de brandon incandescent et de propagation de flammes conformément à l'essai décrit à l'Annexe A, qui est basé sur ANSI/UL 790. Un nombre suffisant d'échantillons doit être fourni afin de permettre un essai unique de brandon incandescent et de propagation de flammes.

Les produits qui sont conformes à ces essais ne sont pas facilement inflammables, fournissent un degré mesurable de protection contre l'incendie pour ~~la terrasse~~ l'échantillon, ne bougent pas de leur position, et ne sont pas supposés produire des brandons volants.

10.8.3 Critères d'acceptation

Un module PV doit atteindre une classification de résistance au feu par conformité avec les exigences données dans l'Annexe A. La conformité à un essai unique de brandon incandescent et de propagation de flammes est exigée pour les modules montés sur un matériau de couverture de toit existant. Une séquence d'essai supplémentaire, telle que celle décrite dans ANSI/UL 790, est requise pour une qualification de sécurité minimale pour les modules considérés comme matériau de couverture de toiture.

NOTE Le comité d'études 82 de la CEI a l'intention d'utiliser les normes internationales telles que l'ISO 834 pour les essais de résistance au feu des modules PV. Jusqu'à ce que cette norme soit disponible, les essais décrits dans le présent document sont requis pour la qualification minimale de sécurité.

10.9 Essai de surcharge de courant inverse MST 26

10.9.1 But

Les modules contiennent des matériaux conducteurs, contenus dans un système isolant. Dans des conditions de défaut de courant inverse, la fixation et les éléments du module sont obligés de dissiper l'énergie en chaleur, avant l'interruption du circuit par un protecteur de surintensité installé dans le système. Cet essai a pour but de déterminer l'acceptabilité du risque d'allumage ou de feu à partir de cette condition.

10.9.2 Procédure

Le module à l'essai doit être placé avec son substrat inversé orienté vers le bas sur une planche de pin mince et tendre de 19 mm d'épaisseur, recouverte d'une seule couche de papier absorbant blanc.

La surface arrière du module doit être recouverte d'une seule couche d'étamine. L'étamine doit être un tissu de coton non traité de 26 m²/kg à 28 m²/kg et avoir une «texture» de 32 sur 28.

Toute diode de blocage fournie doit présenter un défaut (être court-circuitée).

L'essai doit être réalisé dans une zone sans courants d'air.

L'éclairement énergétique sur la surface de l'élément du module doit être inférieur à 50 W/m².

Une alimentation continue de laboratoire doit être connectée au module, la sortie positive étant connectée à la borne positive du module. Les essais de courant inverse (I_{test}) doivent être égaux à 135 % des caractéristiques de protection de surintensité du module, comme fournies par le fabricant. Il convient que le courant d'alimentation d'essai soit limité à la valeur de I_{test} , et la tension d'alimentation d'essai doit être augmentée pour permettre au courant inverse de traverser le module.

L'essai doit être poursuivi pendant 2 h, ou jusqu'à ce que les résultats définitifs soient connus, selon ce qui se produit en premier.

NOTE En ce qui concerne les caractéristiques de protection de surintensité maximale, voir 12.2 de la CEI 61730-1.

10.9.3 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont les suivants:

- a) Il ne doit pas y avoir d'inflammation du module, ni d'inflammation ou de carbonisation de l'étamine et du papier absorbant en contact avec le module.
- b) Le MST 17 doit satisfaire aux mêmes exigences que pour les mesures initiales.

10.10 Essai de détérioration du module MST 32

10.10.1 But

Le but de cet essai est de prouver que des incidents par coupures ou par perforations peuvent être réduits si le module est cassé.

10.10.2 Origine

L'essai décrit ici est dérivé de la Norme ANSI Z97.1, Essai d'impact.

10.10.3 Appareillage

L'appareillage est le suivant:

- a) Les outils d'impact doivent être des sacs en cuir de forme et de taille similaires. Le sac doit être porté au poids convenable en utilisant des billes ou des granules de plomb trempé (2,5 mm à 3,0 mm de diamètre – n° plomb de 7½). La Figure 4 présente les conceptions pour le sac d'impact. L'extérieur du sac doit être enveloppé d'une bande comme représenté sur les figures. Pendant l'essai, l'outil d'impact doit être totalement recouvert par un ruban de verre armé sensible à la pression d'une largeur de 1,3 cm (voir la Figure 4).

- b) Un montage d'essai similaire à celui présenté aux Figures 5 et 6 doit être fourni afin de réduire le mouvement et la déflexion au cours des essais. Le cadre et le renforcement de la structure doivent être en acier profilé (environ C100 mm × 200 mm) ou plus grands et doivent avoir un moment d'inertie minimal d'environ 187 cm⁴. Le cadre doit être soudé ou boulonné solidement aux coins pour réduire la rotation au cours de l'impact. Il doit également être boulonné au sol pour empêcher les mouvements au cours des essais d'impact.
- c) Lorsqu'un sac d'impact est rempli de billes de plomb, il pèsera environ 45,5 kg, et sera capable de délivrer 542 J d'énergie cinétique en tombant verticalement de 1,2 m.

10.10.4 Procédure

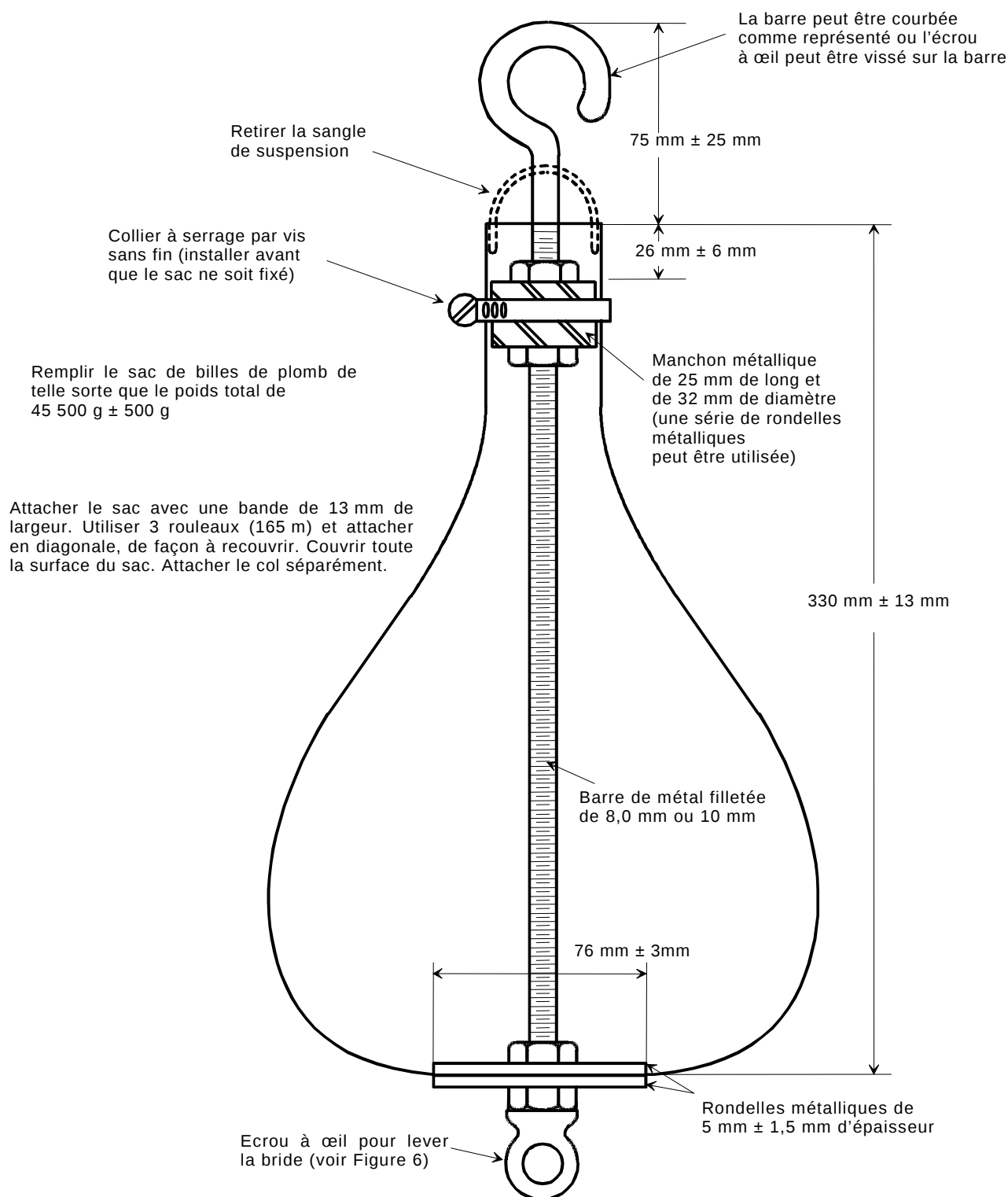
Monter le module échantillon de telle façon qu'il soit centré et fixé rigidement sur le support d'essai en utilisant la méthode prescrite par le fabricant. La procédure est la suivante:

- a) L'outil d'impact doit être suspendu à un support, situé de telle façon qu'il ne soit pas placé à plus de 13 mm de la surface du module échantillon et à plus de 50 mm de son centre.
- b) Remonter l'outil d'impact à une hauteur de chute de 300 mm de la surface du module échantillon, laisser l'outil d'impact se stabiliser et ensuite le relâcher pour qu'il heurte le module échantillon.
- c) Si aucune détérioration ne se produit, répéter la séquence de b) d'une hauteur de 450 mm. Si de nouveau aucune détérioration ne se produit, répéter la séquence d'une hauteur de 1 220 mm.

10.10.5 Critères d'acceptation

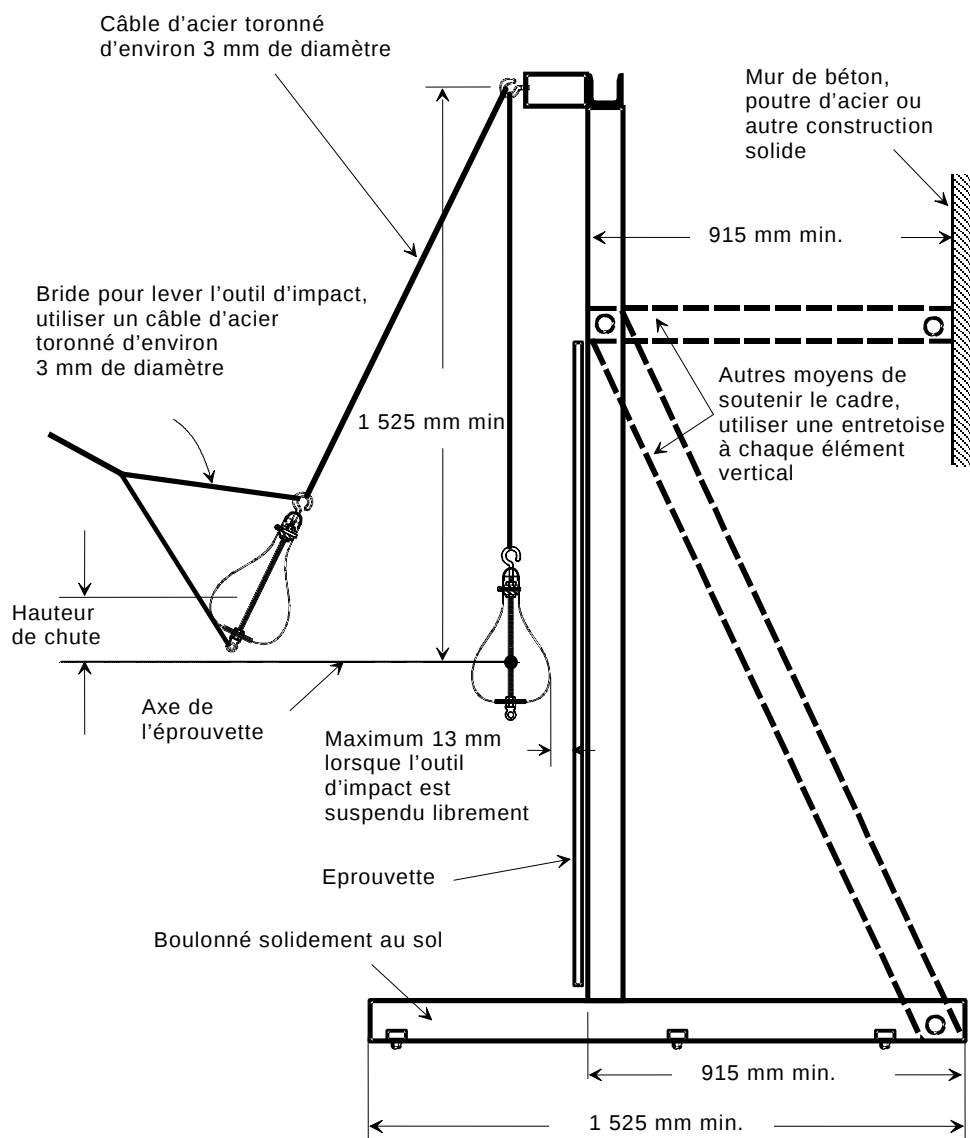
On doit juger que le module a subi avec succès l'essai de détérioration de module s'il remplit n'importe laquelle des conditions suivantes:

- a) Lorsque la détérioration se produit, aucun cisaillement ou ouverture suffisamment large pour qu'une sphère de diamètre de 76 mm (3 pouces) puisse les traverser ne doit se développer.
- b) Lorsqu'une désintégration se produit, les dix plus larges particules sans fêlures choisies 5 min après l'essai ne doivent pas peser plus de 16 fois en grammes l'épaisseur de l'échantillon en mm.
- c) Lorsqu'une détérioration se produit, aucune particule plus large que 6,5 cm² ne doit être éjectée de l'échantillon.
- d) L'échantillon ne se casse pas.



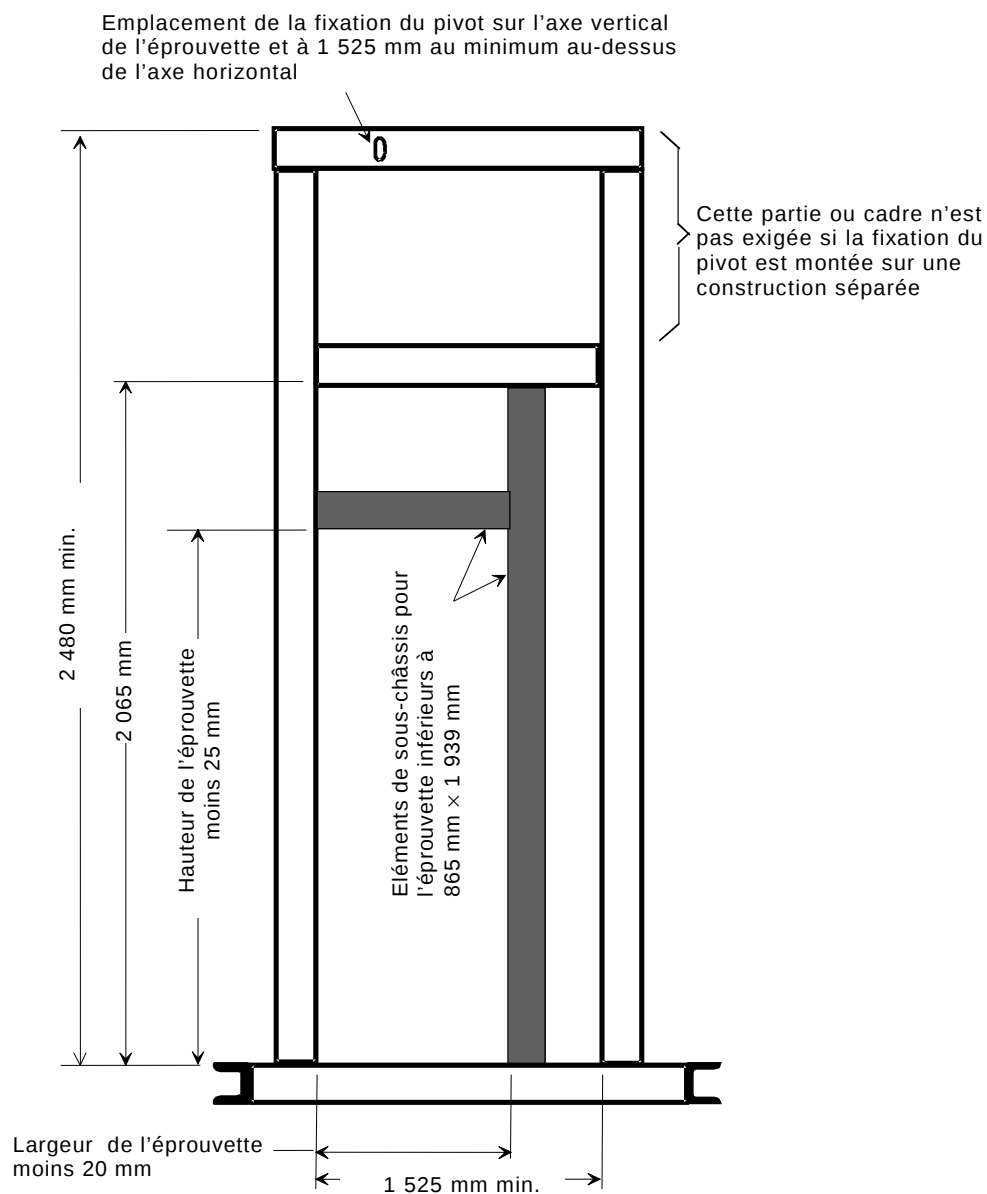
IEC 1360/04

Figure 4 – Outil d'impact



IEC 1361/04

Figure 5 – Montage d'essai d'impact 1



IEC 1362/04

NOTE Cadre de serrage pour maintenir l'éprouvette non représenté.

Figure 6 – Montage d'essai d'impact 2

11 Essais relatifs aux composants

11.1 Essai de décharge partielle MST 15

L'essai fait référence à 4.1.2.4 de la CEI 60664-1.

11.1.1 But

Il faut que les matériaux polymérisés prévus pour utilisation comme substrat inversé ou substrat, sans pré-qualification d'isolement appropriée de la CEI, soient conformes à l'essai de décharge partielle. Il convient que cet essai s'applique à tout matériau polymérisé servant de substrat inversé ou de substrat (voir également la CEI 61730-1).

11.1.2 Préconditionnement

Il est recommandé de réaliser l'essai de décharge partielle avant ~~d'insérer le côté inverse de la feuille dans les modules PV~~ d'utiliser les matériaux polymérisés dans la construction du module PV.

11.1.3 Appareillage

Dispositif de mesure de charge étalonnée ou appareil de mesure des interférences radio conformément à la CEI 60664-1.

11.1.4 Procédure

La procédure est la suivante:

- a) Conformément à C.2.1 et à l'Article D.1 de la CEI 60664-1, en commençant à partir d'une valeur inférieure à la tension maximale du système, jusqu'au point auquel la décharge partielle a lieu (tension d'apparition), la tension d'essai doit être à nouveau augmentée de 10 %.
- b) La tension doit ensuite être diminuée jusqu'au point auquel la tension d'extinction de la décharge partielle est atteinte.
- c) La tension d'extinction doit être considérée comme atteinte une fois que l'intensité de charge a chuté pour atteindre une valeur de 1 pC. Cette tension doit être mesurée avec une précision supérieure à 5 %.
- d) La tension d'extinction de la décharge partielle peut être influencée par les conditions d'environnement. Ces influences sont prises en compte par un facteur de sécurité de base F_1 de 1,2.
- e) Le facteur d'hystérésis selon 4.1.2.4 de la CEI 60664-1 est réduit à 1. Le facteur de sécurité supplémentaire pour une isolation renforcée $F_3 = 1,25$ est exigé pour la classe A de sécurité. La valeur initiale de la tension d'essai est par conséquent $1,5 \neq V_{OC}$ (tension du système donnée par le fabricant du module).
- f) Répéter la mesure avec 10 échantillons d'essai.

11.1.5 Critères d'acceptation

L'isolement a réussi l'essai si la valeur moyenne moins l'écart type de la tension d'extinction de la décharge partielle est supérieure à 1,5 fois la tension donnée maximale du système.

11.2 Essai de courbure de conduit MST 33

11.2.1 But

Il faut que les modules équipés de boîtes de jonction prévus pour la fixation d'un système de câblage permanent utilisant un conduit certifiant la capacité de la construction de la boîte à résister aux forces de charge qui peuvent être appliquées au conduit pendant et après l'installation.

11.2.2 Procédure

Deux longueurs de 460 mm de conduit de dimension commerciale adéquate avec un ajustement approprié pour la boîte doivent être assemblées et installées sur la boîte sur les surfaces opposées. Pour les boîtes destinées à être utilisées avec un conduit non métallique, les longueurs d'essai de conduit doivent être soudées aux éléments de fixation et doivent pouvoir sécher au moins 24 h avant l'assemblage.

Le montage d'essai, avec la boîte au centre, doit être placé sur des supports, comme l'illustre la Figure 7. Les supports doivent être séparés par une distance de 760 mm plus la distance entre les extrémités du conduit dans la boîte, pour donner le moment de flexion exigé sur l'échantillon à l'essai.

La charge spécifiée au Tableau 10 pour la dimension de conduit utilisée doit être suspendue à partir du centre de la boîte pendant 60 s. Pendant cette période, la boîte et les longueurs de conduit doivent pivoter par une révolution complète autour de l'axe principal de l'assemblage.

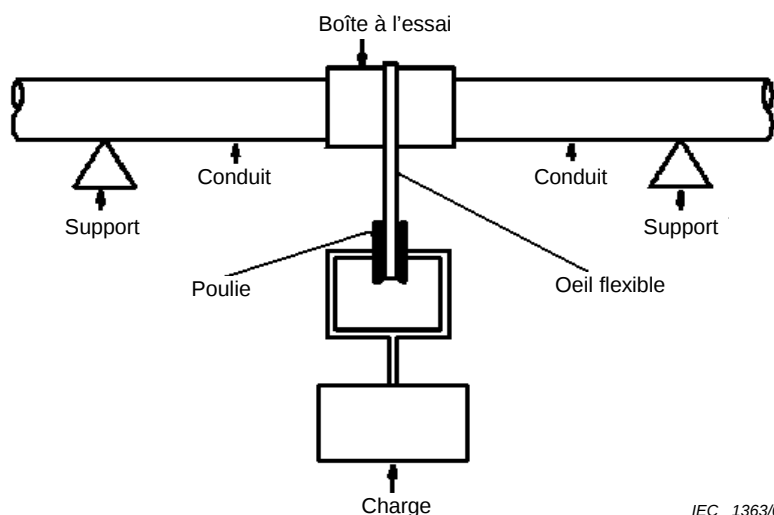
11.2.3 Critères d'acceptation

Les parois de fixation de la boîte de jonction du module ne doivent pas se rompre ou se détacher du conduit.

NOTE Si une rupture du conduit se produit avant l'endommagement de la boîte ou la séparation du joint, les performances de la boîte sont considérées comme acceptables.

Tableau 10 – Efforts de flexion

Dimension commerciale du conduit mm	Résistance N
13 à 25	220
26 à 50	330
51 à 100	490



IEC 1363/04

Figure 7 – Assemblage de la fixation d'essai

11.3 Essais de choc de la boîte de bornes MST 44

11.3.1 But

Les couvercles sur une ouverture variable dans les parois des enveloppes des bornes du module (ouvertures prédécoupées) doivent rester en place sous une application de force nominale et ils doivent également être facilement retirés pour l'application sur site des composants du système de câblage permanent.

11.3.2 Condition

Un échantillon de la boîte de bornes polymérisée avec des ouvertures prédécoupées sera soumis aux essais dans des conditions «en état de livraison» à une température ambiante de 25 °C.

Un autre échantillon de la boîte polymérisée doit être conditionné pendant 5 h à une température maintenue à $-20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. L'essai doit être répété sur la boîte immédiatement après ce conditionnement.

11.3.3 Procédure

Les ouvertures prédécoupées doivent être facilement retirées sans laisser de bords pointus ou causer de dommages sur la boîte. La procédure est la suivante:

Etape 1 – Une force de 44,5 N doit être appliquée sur une ouverture prédécoupée pendant 1 min au moyen d'un mandrin d'une longueur minimale de 38 mm et d'un diamètre de 6,4 mm avec une extrémité plate. La force doit être appliquée dans une direction perpendiculaire au plan de l'ouverture prédécoupée et sur le point le plus susceptible d'entraîner un mouvement. Attendre 1 h et mesurer le déplacement entre les ouvertures prédécoupées et la boîte.

Etape 2 – Ensuite, l'ouverture prédécoupée doit être retirée au moyen d'un tournevis, utilisé comme un ciseau. Le bord d'un embout de tournevis peut être parcouru le long du bord intérieur de l'ouverture résultante une fois seulement, afin de retirer tout excès de matière fragile restant le long du bord.

Etape 3 – Répéter les étapes 1 et 2 sur deux ouvertures prédécoupées supplémentaires.

Pour une boîte utilisant des ouvertures prédécoupées à étages multiples, il ne doit pas y avoir de déplacement d'un étage plus grand lorsqu'un étage plus petit est retiré.

11.3.4 Critères d'acceptation

L'ouverture prédécoupée doit rester en place après l'application de la force permanente et les lignes de fuite entre l'ouverture prédécoupée et l'ouverture ne doivent pas être supérieures à 0,75 mm lors de la mesure.

Les ouvertures prédécoupées doivent être facilement retirées sans laisser de bords pointus ou causer de dommages sur la boîte.

Annexe A (normative)

Essais d'inflammabilité, essais de propagation de flammes et de brandon incandescent

A.1 Généralités

L'essai de résistance au feu du présent document est un essai de base. Pour les modules PV intégrés dans des bâtiments, de manière générale, des réglementations et des exigences nationales doivent être remplies. Si de telles exigences ne sont pas disponibles, les normes internationales suivantes donnent des informations pour les essais, qui pourraient être utilisées:

ISO 834-1, *Essai de résistance au feu – Eléments de construction – Partie 1: Exigences générales*

ISO 834-3, *Essais de résistance au feu – Eléments de construction – Partie 3: Commentaires sur les méthodes d'essais et application des données d'essais*

ISO 5657, *Essais de réaction au feu – Allumabilité des produits de bâtiment avec une source de chaleur rayonnante* (disponible en anglais seulement)

Les essais proposés décrits ci-dessous sont dérivés de l'ANSI/UL 790.

Toutes les dimensions sont approximatives.

A.2 Appareillage d'essai et montage

A.2.1 Comme l'illustre la Figure A.1, l'appareillage utilisé pour les essais décrits dans le présent Article doit comprendre les éléments suivants:

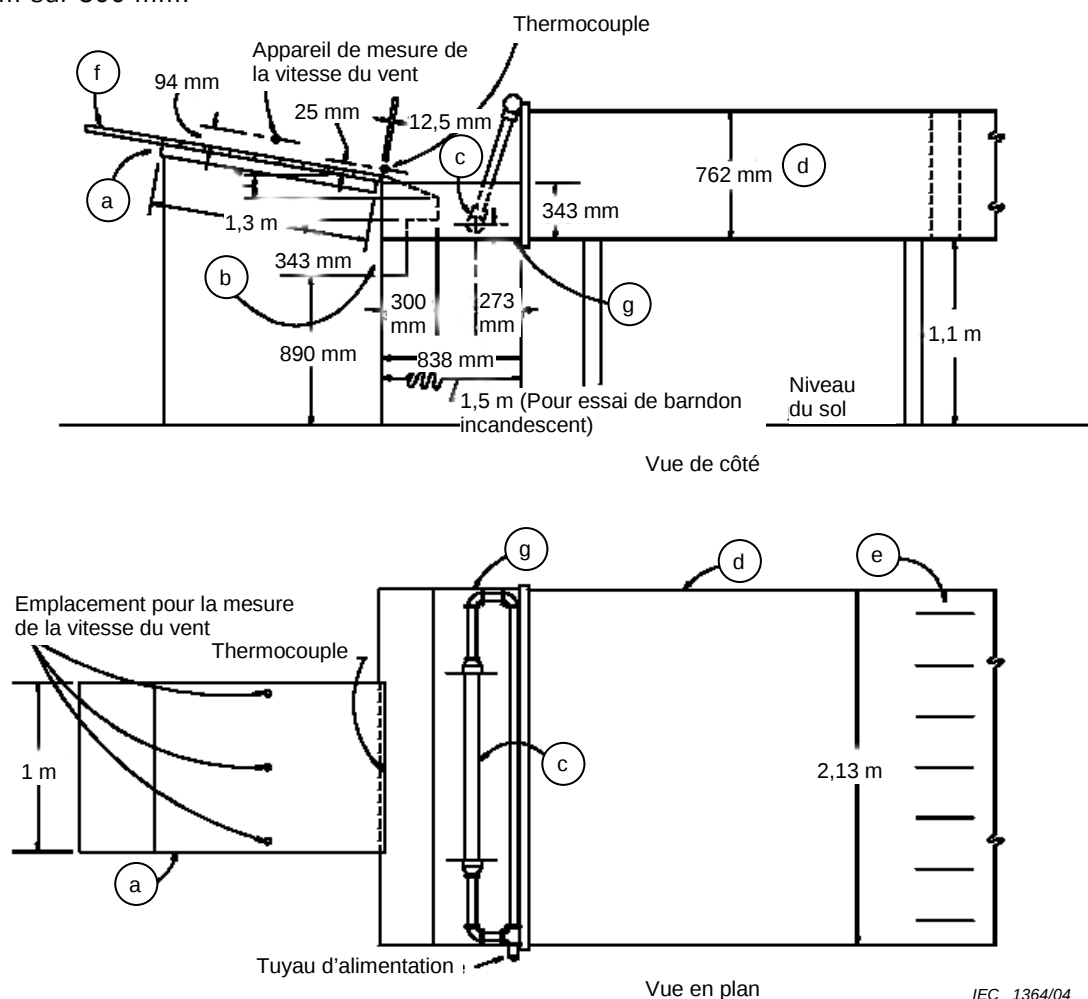
- a) Un ~~support~~ **échantillon** d'essai auquel les matériaux à soumettre aux essais sont appliqués, monté sur un châssis. Le pas du châssis doit être réglable.
- b) Une construction de planches non combustibles, montées sur le devant du châssis pour simuler des avant-toits et des corniches.
- c) Un brûleur à gaz (pour les essais de flammes intermittentes, de propagation de flammes, et de brandon volant) se composant d'une longueur de 1,12 m de tuyau de 50 mm de longueur nominale (60,3 mm OD) ayant une encoche de 12,7 mm de large, 910 mm de long du côté orienté vers ~~le support~~ **l'échantillon** d'essai. Le brûleur doit être alimenté en gaz aux deux extrémités par l'intermédiaire d'un tuyau de longueur nominale 25 mm (33,4 mm OD) pour fournir une pression des gaz uniforme sur l'assemblage du brûleur.
- d) Un ventilateur et une conduite d'air pour fournir les vitesses de vent exigées. L'air introduit par le ventilateur doit être prélevé de l'extérieur de la chambre d'essai.
- e) Des ailettes réglables montées à l'intérieur de la conduite d'air pour redresser le courant d'air et réduire les turbulences.
- f) Un déflecteur monté sur le bord arrière ~~du support de l'échantillon~~ d'essai pour empêcher le retour de flamme sous ~~le support~~ **l'échantillon**.
- g) Des planches non combustibles s'étendant des côtés et du bas de la conduite d'air à la construction simulée des avant-toits et des corniches mentionnée en b) (non utilisées au cours de l'essai de brandon incandescent).

A.2.2 Les essais doivent être réalisés dans une pièce aérée pour diminuer la pression atmosphérique créée par le ventilateur. Au cours de ces essais, toutes les portes et les fenêtres de la pièce doivent être fermées, et la pièce par ailleurs contrôlée si nécessaire pour empêcher le vent extérieur et les conditions atmosphériques d'affecter les résultats d'essai. Les essais ne doivent pas être réalisés si la température ambiante est inférieure à 10 °C ou supérieure à 32 °C.

A.2.3 Pour ces essais, du mortier (mélange cimentaire, chaux et eau) doit être introduit à la jointure formée par le bord de plomb du matériau de couverture et ~~le support l'échantillon~~, afin d'empêcher l'air ou la flamme d'essai de circuler sous le matériau en essai.

A.2.4 Pendant les essais, les ~~supports échantillons~~ d'essai doivent être soumis à un courant d'air se propageant uniformément sur le sommet du matériau de couverture de toit, comme défini par un essai de pré étalonnage de l'équipement fait avec un pureau ~~de support d'échantillon~~ de contre-plaqué de 1 m par 1,3 m. Aux points situés à mi-chemin de la corde ~~du support de l'échantillon~~ du pureau, avec ~~le support l'échantillon~~ positionné à une inclinaison de 127 mm d'élévation sur 300 mm à l'horizontale, la vitesse du courant d'air doit être de $(19 \pm 0,8)$ km/h comme mesuré au centre et à chacune des deux positions situées à 76 mm de chaque bord ~~du support de l'échantillon~~, avec chaque mesure effectuée à 94 mm au-dessus de sa surface. Tout appareil de mesure directe avec une échelle graduée en incréments de 6 m/min au plus ou tout instrument gradué en temps avec une échelle graduée (pour une lecture minutée de 1 min) en incréments de 1,5 m/min au plus est acceptable.

A.2.5 Pour ces essais, les ~~supports échantillons~~ d'essai doivent se situer sur une inclinaison de 127 mm sur 300 mm, sauf que les matériaux de couverture de toit intégrés doivent être soumis à des essais à l'inclinaison maximale recommandée par le fabricant, mais pas plus de 127 mm sur 300 mm.



Les lettres dans la Figure correspondent à la liste dans A.2.1.

Figure A.1 – Appareillage d'essai pour l'essai d'inflammabilité

IEC 1364/04

A.3 Essai de propagation de flammes

A.3.1 Un échantillon d'essai doit être monté, et une flamme de gaz lumineuse appliquée, comme décrit en 6.1 de ANSI/UL 790. L'essai doit être réalisé avec le module ou panneau orienté par rapport à la flamme d'essai, de telle sorte que la flamme n'affecte que la surface supérieure du module ou panneau.

A.3.2 Il convient que la zone sélectionnée du matériau d'essai ne soit pas inférieure à 1 m de largeur pour toutes les classes, 1,82 m de longueur minimale pour la classe A de sécurité au feu, 2,4 m de longueur minimale pour la classe B de sécurité au feu, ou 3,9 m de longueur minimale pour la classe C de sécurité au feu, comme mesuré à partir du bord avant de l'échantillon.

A.3.3 Pour un essai de la classe A ou B de sécurité au feu, la flamme de gaz doit être appliquée de façon continue pendant 10 min ou jusqu'à ce que la propagation de la flamme (inflammation du matériau à l'essai) s'éloigne définitivement d'un point de propagation maximale, en prenant la durée la plus courte. Pour un essai de la classe C de sécurité au feu, la flamme de gaz doit être appliquée pendant 4 min puis retirée.

A.3.4 Pendant et après l'application de la flamme d'essai, l'échantillon d'essai doit être observé en ce qui concerne la distance sur laquelle l'inflammation du matériau s'est propagée, la production de brandons enflammés ou incandescents et le déplacement des parties de l'échantillon d'essai. L'observation doit être poursuivie jusqu'à ce que la flamme se soit éloignée définitivement d'un point de propagation maximale.

A.4 Essai de brandon incandescent

A.4.1 Généralités

Un ~~support~~ échantillon d'essai doit être monté comme décrit en 6.1 de ANSI/UL 790, sauf que le châssis doit être à 1,5 m de la sortie de la conduite d'air (voir Figure A.1), et la tuyauterie de gaz et le brûleur doivent être retirés de sorte à ne pas obstruer la circulation d'air.

A.4.2 Dimension et construction des brandons

A.4.2.1 Les brandons à utiliser dans ces essais doivent être comme présentés à la Figure A.2 et doivent être construits comme spécifié en A.4.2.2 à A.4.2.4. Avant l'essai, les brandons doivent être conditionnés dans un four entre 40 °C et 49 °C pendant au moins 24 h.

A.4.2.2 Le brandon de sécurité de classe A doit consister en une grille de 300 mm de côté et d'approximativement de 57 mm d'épaisseur d'une pièce de bois de pin Douglas séché au four exempt de nœuds et de poches de résine et de gomme. Le brandon doit se composer de 36 bandes de bois de charpente ayant chacune une section carrée de 19,1 mm par 19,1 mm et 300 mm de long, placées en 3 couches de 12 bandes chacune, les bandes étant disposées à 6,4 mm les unes des autres. Ces bandes doivent être placées à angle droit par rapport à celles situées dans les couches voisines et doivent être clouées, en utilisant des clous de 38,1 mm de long (calibre n° 16), ou agrafées, en utilisant des agrafes en fil d'acier de calibre n° 16 ayant une tête de vis de 5,6 mm et des branches de 31,8 mm, à chaque extrémité de chaque bande sur une face, et dans un schéma diagonal, comme représenté à la Figure A.2, sur l'autre face. Le poids à sec du brandon fini doit être de $(2\,000 \pm 150)$ g au moment de l'essai.

A.4.2.3 Le brandon de sécurité de classe A doit consister en une grille de 150 mm de côté et d'approximativement de 57 mm d'épaisseur d'une pièce de bois de pin Douglas séché au four exempt de nœuds et de poches de résine et de gomme. Le brandon doit se composer de 18 bandes de bois de charpente de 19,1 mm par 19,1 mm et 150 mm de long, placées en 3 couches de 6 bandes chacune, les bandes étant disposées à 6,4 mm les unes des autres.

Ces bandes doivent être placées à angle droit par rapport à celles situées dans les couches voisines et doivent être clouées, en utilisant des clous de 38,1 mm de long (calibre n° 16), ou agrafées, en utilisant des agrafes en fil d'acier de calibre n° 16 ayant une tête de vis de 5,6 mm et des branches de 31,8 mm, à chaque extrémité de chaque bande sur une face, comme représenté à la Figure A.2, et dans un schéma diagonal, sur l'autre face. Le poids à sec du brandon fini doit être de (500 ± 50) g au moment de l'essai.

A.4.2.4 Le brandon de la classe C de sécurité au feu doit consister en un morceau de bois de charpente en pin blanc non résineux séché au séchoir exempt de nœuds et de poches de résine et de gomme. Le brandon doit mesurer 38,1 mm sur 38,1 mm sur 19,8 mm, et une rainure de la coupe de scie (sillon) de 3,2 mm de large doit être coupée à travers le centre des faces supérieure et inférieure à une profondeur de la moitié de l'épaisseur du brandon, et à des angles droits l'un de l'autre. Le poids à sec du brandon fini doit être de $(9,25 \pm 1,25)$ g au moment de l'essai.

A.4.3 Allumage des brandons

A.4.3.1 Avant l'application ~~au support à l'échantillon~~ d'essai, les brandons doivent être enflammés de sorte à brûler librement à l'air libre, comme décrit en A.4.3.2, A.4.3.3 ou A.4.3.4, si applicable. La flamme du brûleur à gaz utilisée pour enflammer les brandons doit essentiellement envelopper les brandons au cours du processus d'allumage. La température de la flamme d'allumage doit être de (888 ± 10) °C, mesurée à 58,7 mm au-dessus de la surface du brûleur. Le brûleur doit être blindé contre les courants d'air.

A.4.3.2 Les brandons de la classe A de sécurité au feu doivent être exposés à la flamme pendant 5 min, temps pendant lequel ils doivent subir une rotation pour présenter chaque surface à la flamme de la façon suivante:

- a) chaque face de (300 sur 300) mm pendant 30 s,
- b) chaque face de (57 sur 300) mm pendant 45 s,
- c) chaque face de (300 sur 300) mm à nouveau pendant 30 s.

A.4.3.3 Les brandons de la classe B de sécurité au feu doivent être exposés à la flamme pendant 4 min, temps pendant lequel ils doivent subir une rotation pour présenter chaque surface à la flamme de la façon suivante:

- a) chaque face de (150 sur 150) mm pendant 30 s,
- b) chaque face de (7 sur 150) mm pendant 30 s,
- c) chaque face de (150 sur 150) mm à nouveau pendant 30 s.

A.4.3.4 Les brandons de la classe C de sécurité au feu doivent être exposés à la flamme pendant 2 min, temps pendant lequel ils doivent subir une rotation pour présenter chacune des faces de 38 mm sur 38 mm à la flamme pendant 1 min.

A.4.4 Conditions d'essais

A.4.4.1 Essai de la classe A de sécurité au feu

A.4.4.1.1 Un brandon doit être placé sur la surface de chaque ~~support échantillon~~ d'essai à l'emplacement le plus vulnérable (point de couverture minimale sur joint de ~~support l'échantillon~~) par rapport à l'allumage ~~du support de l'échantillon~~, mais en aucun cas plus proche de 100 mm de chaque côté ou de 300 mm à partir du bord supérieur ou inférieur de l'échantillon d'essai. Le brandon doit être placé de telle sorte que les bandes dans les couches supérieures et inférieures soient parallèles au sens de la circulation d'air. Le brandon doit être fixé ~~au support à l'échantillon~~ par un fil de fer doux.

A.4.4.1.2 Le brandon doit être placé de telle sorte qu'il soit centré sur l'échantillon d'essai, ou à l'emplacement où l'échantillon d'essai est plus vulnérable à l'allumage.

A.4.4.2 Essai de la classe B de sécurité au feu

Un brandon doit être placé sur la surface de l'échantillon d'essai à chacun des deux emplacements les plus vulnérables par rapport à l'allumage de l'échantillon (voir 8.4.2.2 de l'ANSI/UL 790). Chaque brandon doit être positionné avec son bord supérieur à 152 mm au plus de chaque côté ou 300 mm à partir du bord supérieur ou inférieur de l'échantillon. Les brandons doivent être placés de telle sorte que les bandes dans les couches supérieures et inférieures soient parallèles au sens de la circulation d'air. Ils doivent être fixés ~~au support à l'échantillon~~ par un fil de fer doux (calibre n° 18 B&S (0,82 mm)). Le second brandon ne doit pas être appliqué jusqu'à ce que toute combustion résultant du premier brandon ait cessé.

A.4.4.3 Essai de la classe C de sécurité au feu

Vingt brandons enflammés doivent être placés sur chaque ~~support échantillon~~ du bardeau en bois traité à 1 min ou 2 min d'intervalle. Aucun brandon ne doit être placé à une distance plus proche de 100 mm du point où un brandon précédent était situé. Voir 8.4.3.2 (ANSI/UL-790) pour la fixation des brandons en place et le positionnement relatif des traits de scie du brandon.

A.4.5 Durée d'essai

Chaque essai individuel, qu'il s'agisse de la classe A, B ou C de sécurité au feu, doit être poursuivi jusqu'à ce que le brandon soit consumé et jusqu'à ce que toute preuve de flamme, d'incandescence et de fumée ait disparu à la fois de la surface exposée du matériau à l'essai et de la face inférieure ~~du support de l'échantillon~~ d'essai, ou jusqu'à ce que des résultats inacceptables se produisent, mais pas pour plus de 1,5 h pour un essai de la classe A ou B de sécurité au feu. Les résultats d'essai dans lesquels les brandons ne présentent pas de consommation progressive et en grande partie complète après l'application à l'échantillon d'essai doivent être négligés.

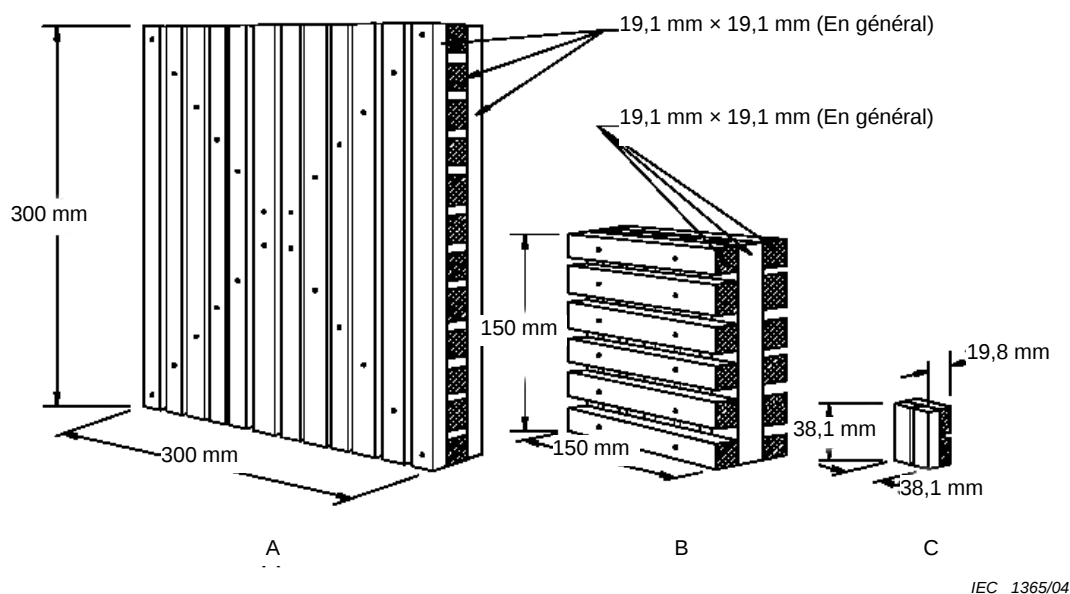


Figure A.2 – Construction du brandon incandescent

A.5 Observations

Au cours des essais, des observations doivent être réalisées en ce qui concerne l'apparition d'une inflammation soutenue sur la face inférieure ~~du support de l'échantillon~~ d'essai, la production de brandons enflammés ou incandescents du matériau de couverture de toit, le déplacement de l'échantillon d'essai, et l'exposition ou la diminution de parties de la terrasse.

A.6 Conditions d'acceptation

A aucun moment au cours des essais de propagation de flammes ou de brandon incandescent, les éléments suivants ne doivent se produire:

- a) Aucune partie du module ou panneau ne doit s'envoler ou tomber ~~du support de l'échantillon~~ d'essai sous forme de brandons enflammés ou incandescents.
- b) Les parties de la terrasse ou les parties d'un module ou panneau prévu pour une installation intégrée à la structure de la couverture du bâtiment ou formant une partie de celle-ci ne doivent pas tomber sous forme de particules incandescentes.
- c) La propagation de la flamme au-delà de 1,82 m pour la classe A de sécurité au feu, 2,4 m pour la classe B de sécurité au feu, ou 3,9 m pour les caractéristiques de la classe C de sécurité au feu. La propagation de la flamme doit être mesurée à partir du bord avant de l'échantillon.
- d) Il doit y avoir une propagation de flammes latérale significative à partir du trajet directement exposé à la flamme d'essai. La propagation de flammes inclut l'inflammation à la fois sur la surface supérieure (la surface à laquelle la flamme externe est appliquée) et dans toute voie intermédiaire, telle que l'espace entre les modules installés ou intégrés et le toit.

Bibliographie

CEI 60068-2-21:1999, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés*

CEI 60364-1:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 1: Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 61345:1998, *Essai aux rayons ultraviolets des modules photovoltaïques (PV)*

CEI 61721:1995, *Susceptibilité d'un module photovoltaïque au dommage par impact accidentel (résistance à l'essai d'impact)*

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