

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval

Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval

Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Sampling	8
5 Marking	9
6 Testing	9
7 Pass criteria	10
8 Report	18
9 Modifications	18
10 Test procedures	18
10.1 Visual inspection	18
10.1.1 Procedure.....	19
10.1.2 Major visual defects.....	19
10.1.3 Requirements	19
10.2 Electrical performance measurement.....	19
10.2.1 Purpose.....	19
10.2.2 Outdoor side-by-side I-V measurement.....	19
10.2.3 Solar simulator I-V measurement.....	21
10.2.4 Dark I-V measurement.....	21
10.3 Ground path continuity test.....	22
10.3.1 Purpose.....	22
10.3.2 Procedure.....	22
10.3.3 Requirements	22
10.4 Electrical insulation test.....	22
10.4.1 Purpose.....	22
10.4.2 Procedure.....	22
10.4.3 Requirements	23
10.5 Wet insulation test.....	23
10.5.1 Purpose.....	23
10.5.2 Procedure.....	23
10.5.3 Requirements	24
10.6 Thermal cycling test	24
10.6.1 Purpose.....	24
10.6.2 Test sample.....	24
10.6.3 Procedure.....	24
10.6.4 Requirements	25
10.7 Damp heat test.....	26
10.7.1 Purpose.....	26
10.7.2 Test sample.....	26
10.7.3 Procedure.....	26
10.7.4 Requirements	27
10.8 Humidity freeze test	27
10.8.1 Purpose.....	27
10.8.2 Test sample.....	27

10.8.3	Procedure.....	27
10.8.4	Requirements	27
10.9	Hail impact test	28
10.9.1	Purpose.....	28
10.9.2	Apparatus.....	28
10.9.3	Procedure.....	28
10.9.4	Requirements	29
10.10	Water spray test	29
10.10.1	Purpose.....	29
10.10.2	Procedure.....	29
10.10.3	Requirements	30
10.11	Bypass/blocking diode thermal test.....	30
10.11.1	Purpose.....	30
10.11.2	Test sample.....	30
10.11.3	Apparatus	30
10.11.4	Procedure.....	30
10.11.5	Requirements	31
10.12	Robustness of terminations test.....	31
10.12.1	Purpose.....	31
10.12.2	Types of terminations	31
10.12.3	Procedure.....	31
10.12.4	Requirements	32
10.13	Mechanical load test.....	32
10.13.1	Purpose.....	32
10.13.2	Procedure.....	32
10.13.3	Requirements	33
10.14	Off-axis beam damage test.....	33
10.14.1	Purpose.....	33
10.14.2	Special case.....	33
10.14.3	Procedure.....	33
10.14.4	Requirements	34
10.15	Ultraviolet conditioning test	34
10.15.1	Purpose.....	34
10.15.2	Procedure.....	34
10.16	Outdoor exposure test	34
10.16.1	Purpose.....	34
10.16.2	Procedure.....	34
10.16.3	Requirements	35
10.17	Hot-spot endurance test	35
Annex A (informative) Summary of test conditions and requirements		36
Bibliography.....		38
Figure 1 – Schematic of point-focus dish PV concentrator.....		11
Figure 2 – Schematic of linear-focus trough PV concentrator		12
Figure 3 – Schematic of point-focus Fresnel lens PV concentrator		13
Figure 4 – Schematic of linear-focus Fresnel lens PV concentrator		14

Figure 5 – Schematic of a heliostat CPV	15
Figure 6 – Qualification test sequence for CPV modules	16
Figure 7 – Qualification test sequence for CPV assemblies.....	17
Figure 8 – Temperature and current profile of thermal cycle test (not to scale)	26
Figure 9 – Profile of humidity-freeze test conditions.....	28
Table 1 – Terms used for CPVs	8
Table 2 – Allocation of test samples to typical test sequences	10
Table 3 – Thermal cycle test options for sequence A	25
Table 4 – Pre-thermal cycle test options for sequence B.....	27
Table 5 – Humidity freeze test options for sequence B.....	27

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) MODULES AND ASSEMBLIES –
DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62108 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/494/FDIS	82/504/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) MODULES AND ASSEMBLIES – DESIGN QUALIFICATION AND TYPE APPROVAL

1 Scope and object

This International Standard specifies the minimum requirements for the design qualification and type approval of concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies suitable for long-term operation in general open-air climates as defined in IEC 60721-2-1. The test sequence is partially based on that specified in IEC 61215 for the design qualification and type approval of flat-plate terrestrial crystalline silicon PV modules. However, some changes have been made to account for the special features of CPV receivers and modules, particularly with regard to the separation of on-site and in-lab tests, effects of tracking alignment, high current density, and rapid temperature changes, which have resulted in the formulation of some new test procedures or new requirements.

The object of this test standard is to determine the electrical, mechanical, and thermal characteristics of the CPV modules and assemblies and to show, as far as possible within reasonable constraints of cost and time, that the CPV modules and assemblies are capable of withstanding prolonged exposure in climates described in the scope. The actual life of CPV modules and assemblies so qualified will depend on their design, production, environment, and the conditions under which they are operated.

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 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 61215:2005, *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ANSI/UL 1703 ed.3 March 15, 2002: *Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels*

3 Terms and definitions

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

3.1

concentrator

term associated with photovoltaic devices that use concentrated sunlight

3.2

concentrator cell

basic photovoltaic device that is used under the illumination of concentrated sunlight

3.3

concentrator optics

optical device that performs one or more of the following functions from its input to output: increasing the light intensity, filtering the spectrum, modifying light intensity distribution, or changing light direction. Typically, it is a lens or a mirror. A **primary optics** receives unconcentrated sunlight directly from the sun. A **secondary optics** receives concentrated or modified sunlight from another optical device, such as primary optics or another secondary optics.

3.4

concentrator receiver

group of one or more concentrator cells and secondary optics (if present) that accepts concentrated sunlight and incorporates the means for thermal and electric energy transfer. A receiver could be made of several **sub-receivers**. The sub-receiver is a physically stand-alone, smaller portion of the full-size receiver.

3.5

concentrator module

group of receivers, optics, and other related components, such as interconnection and mounting, that accepts unconcentrated sunlight. All of the above components are usually prefabricated as one unit, and the focus point is not field adjustable. A module could be made of several **sub-modules**. The sub-module is a physically stand-alone, smaller portion of the full-size module.

3.6

concentrator assembly

group of receivers, optics, and other related components, such as interconnection and mounting, that accepts unconcentrated sunlight. All of the above components would usually be shipped separately and need some field installation, and the focus point is field adjustable. An assembly could be made of several **sub-assemblies**. The sub-assembly is a physically stand-alone, smaller portion of the full-size assembly.

3.7

representative samples for CPV

see details in Clause 4

Figures from Figures 1 to 5 are schematics of cells, receivers, modules, and assemblies.

Table 1 – Terms used for CPVs

Primary optics		CPV Module – prefabricated and the focus point is not field adjustable, similar to most Fresnel lens systems.
Secondary optics	CPV receiver	
CPV cells		
Electric energy transfer means		
Thermal energy transfer means		
Interconnection		CPV Assembly – needs some field installation and the focus point is field adjustable, similar to most reflective systems.
Mounting		

4 Sampling

For non-field-adjustable focus-point CPV systems or modules, 7 modules and 2 receivers are required to complete all the specified tests, plus one receiver for the bypass/blocking diode thermal test (intrusive or non-intrusive). For details, see Figure 6. For field-adjustable focus-point CPV systems or assemblies, 9 receivers (including secondary optics sections, if applicable) and 7 primary optics sections are required to complete all the specified tests, plus one receiver for the bypass/blocking diode thermal test (intrusive or non-intrusive). For details, see Figure 7.

In the case that a full-size module or assembly is too large to fit into available testing equipment, such as environmental chambers, or a full-size module or assembly is too expensive (e.g., for a 20 kW reflective dish concentrator system, 9 receiver samples account for 180 kW of PV cells), a smaller representative sample may be used. However, even if representative samples are used for the other test, a full-size module or assembly should be installed and tested for outdoor exposure. This can be conducted either in the testing lab, or through on-site witness.

Representative samples should include all components, except some repeated parts. If possible, the representative samples should use sub-receivers, sub-modules, or sub-assemblies. During the design and manufacturing of the representative samples, much attention should be paid to reach the maximum similarity to the full-size component in all electrical, mechanical, and thermal characteristics related to quality and reliability.

Specifically, the cell string in representative samples should be long enough to include at least two bypass diodes, but in no case less than ten cells. The encapsulations, interconnects, terminations, and the clearance distances around all edges should be the same as on the actual full-size products. Other representative components, including lens/housing joints, receiver/housing joints, and end plate/lens should also be included and tested.

Test samples should be taken at random from a production batch or batches. When the samples to be tested are prototypes of a new design and not from production, or representative samples are used, these facts should be noted in the test report (see Clause 8).

The test samples should have been manufactured from specified materials and components in accordance with the relevant drawings and process instructions and should have been subjected to the manufacturer's normal inspection, quality control, and production acceptance procedures. They should be complete in every detail and should be accompanied by the manufacturer's handling, mounting, connection, and operation manuals. Samples should not be subjected to other special procedures that are not a part of standard production.

If the intrusive bypass/blocking diode thermal test is to be performed, an additional specially manufactured receiver is required with extra electrical and thermal detector leads so that each individual diode can be accessed separately.

5 Marking

Each receiver or module section should carry the following clear and indelible markings:

- name, monogram, or symbol of manufacturer;
- type or model number;
- serial number;
- polarity of terminals or leads (color coding is permissible);
- maximum system voltage for which the module or assembly is suitable;
- nominal maximum output power and its tolerance at specified condition;
- the date, place of manufacture, and cell materials should be marked, or be traceable from the serial number.

If representative samples are used, the same markings as on full-size products should be included for all tests, and the marking should be capable of surviving all test sequences.

6 Testing

Before beginning the testing, all testing samples, including the control module and control receiver, should be exposed to the direct normal irradiation (DNI) of sunlight (either natural or simulated) for a total of 5 to 5,5 kWh/m² while open-circuited. This procedure is designed to reduce the initial photon degradation effects.

In this standard, short-circuit current I_{sc} , open-circuit voltage V_{oc} , maximum output power P_m , and other measures are all based on DNI 900 W/m², cell temperature 25 °C, spectrum at Air Mass 1,5D (under consideration), and wind speed 3 m/s. A formal Concentrator Standard Test Condition (CSTC) definition will be given in a future IEC CPV standard, which is under consideration.

The test samples should be randomly divided into groups and subjected to the qualification test sequences in Figure 6 or Figure 7. Test procedures and requirements are detailed in Clause 10, and summarized in Annex A. The allocation of test samples to typical test sequences is given in Table 2.

After initial tests and inspections, one module or one receiver/mirror section should be removed from the test sequence as a control unit. Preferably, the control unit should be stored in the dark at room temperature to reduce the electrical performance degradation, but it may be kept outdoors with a dark cover. As shown in Figure 6 for modules or in Figure 7 for assemblies, the test sequence is performed both in-lab and on-site. If the distance between these two locations is considerable or public shipping companies are involved, a dark current-voltage (I-V) curve measurement before and after the shipping should be performed to evaluate any possible changes on testing samples.

If a particular manufacturer produces only specific components, such as receivers, lenses, or mirrors, the design qualification and type approval testing may be conducted only on applicable test sequences, and a partial certification can be issued independently.

If some test procedures in this standard are not applicable to a specific design configuration, the manufacturer should discuss this with the certifying body and testing agency to develop a comparable test program, based on the principles described in this standard. Any changes and deviations shall be recorded and reported in details, as required in Clause 8; item j).

Table 2 – Allocation of test samples to typical test sequences

Test sequence	Module		Assembly	
	receiver	module	receiver	mirror
Control		1	1	1
A	2		2	
B		2	2	2
C		2	2	2
D		1	1	1
E		1 (full-size)	1 (full-size)	1 (full-size)
F	1		1	
Total	3	7	10	7

7 Pass criteria

A concentrator photovoltaic module or assembly design should be judged to have passed the qualification tests, and therefore to be IEC 62108 type approved, if each test sample meets all the following criteria:

- the relative power degradation in sequences A to D does not exceed 13 % if the I-V measurement is under outdoor natural sunlight, or 8 % if the I-V measurement is under solar simulator;
- the relative power degradation in sequence E does not exceed 7 % for natural sunlight I-V measurement, or 5 % for solar simulator I-V measurement, because the 1 000 kWh/m² DNI outdoor exposure and 50 kWh/m² ultraviolet (UV) tests are not an accelerated stress test;
- no sample has exhibited any open circuit during the tests;
- there is no visual evidence of a major defect, as defined in 10.1.2;
- the insulation test requirements are met at the beginning and the end of each sequence;
- the wet leakage current test requirements are met at the beginning and the end of each sequence;
- specific requirements of the individual tests are met.

If there are some failures observed during the test, the following judgment and re-test procedure should apply:

- if two or more test samples do not meet pass criteria, the design shall be deemed not to have met the qualification requirements;

- i) should one sample fail any test, another two samples meeting the requirements of Clause 4 could be subjected to the whole of the relevant test sequence from the beginning;
- j) in case i), if both samples pass the test sequence, the design should be judged to have met the qualification requirements;
- k) in case i), if one or both of these samples also fail, the design shall be deemed not to have met the qualification requirements;
- l) in case h) or k), the entire test program illustrated in Figure 6 or Figure 7 should be re-performed, usually after some design or processing improvement.

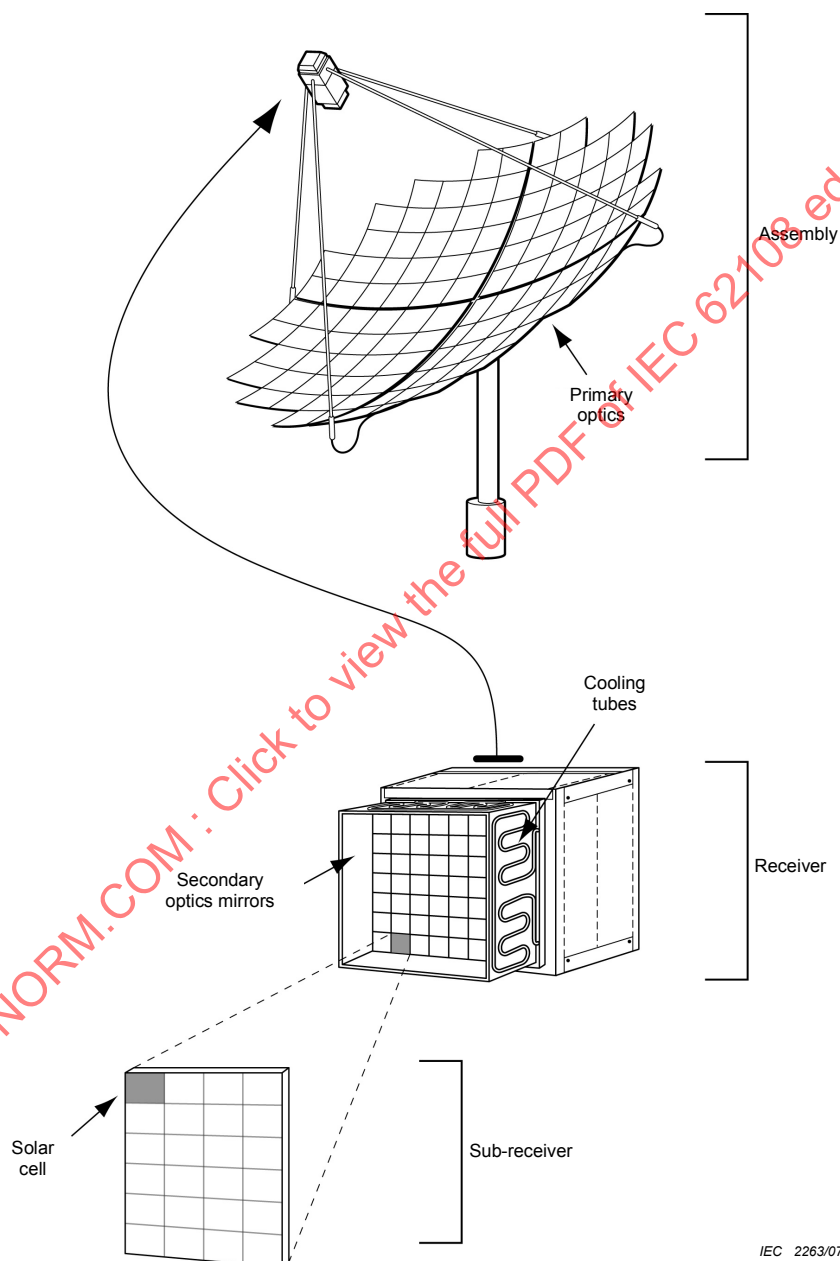
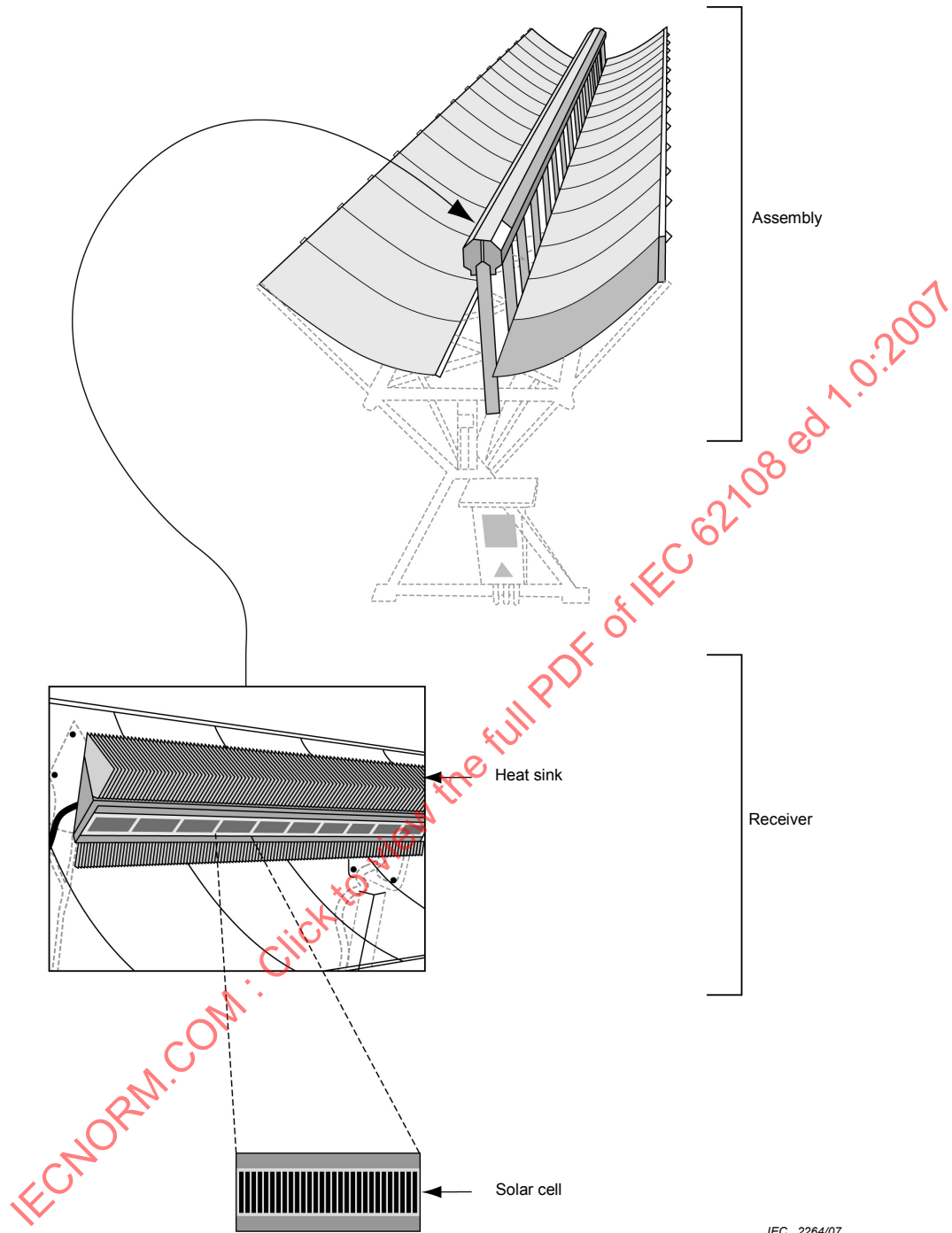


Figure 1 – Schematic of point-focus dish PV concentrator



IEC 2264/07

Figure 2 – Schematic of linear-focus trough PV concentrator

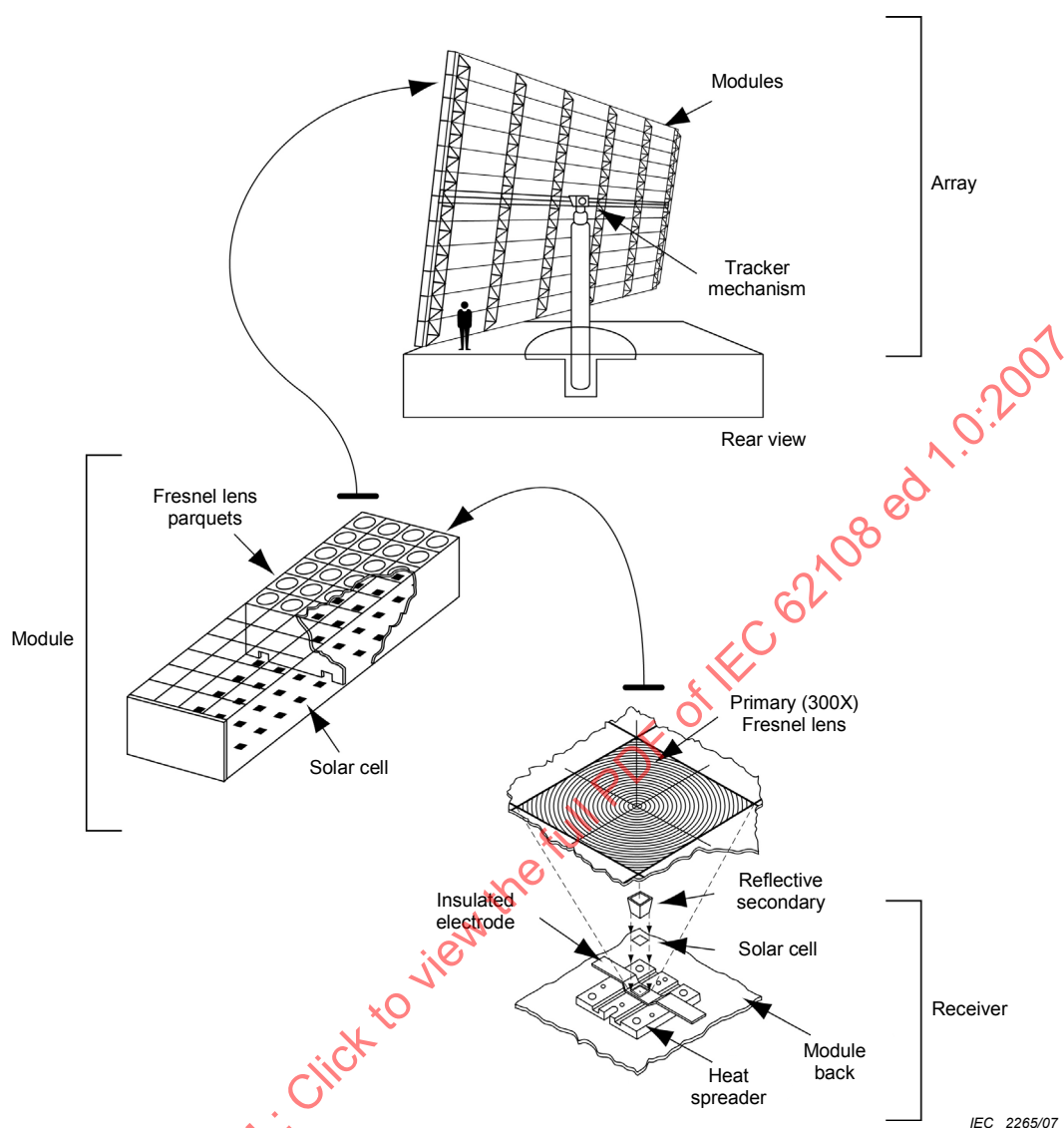


Figure 3 – Schematic of point-focus Fresnel lens PV concentrator

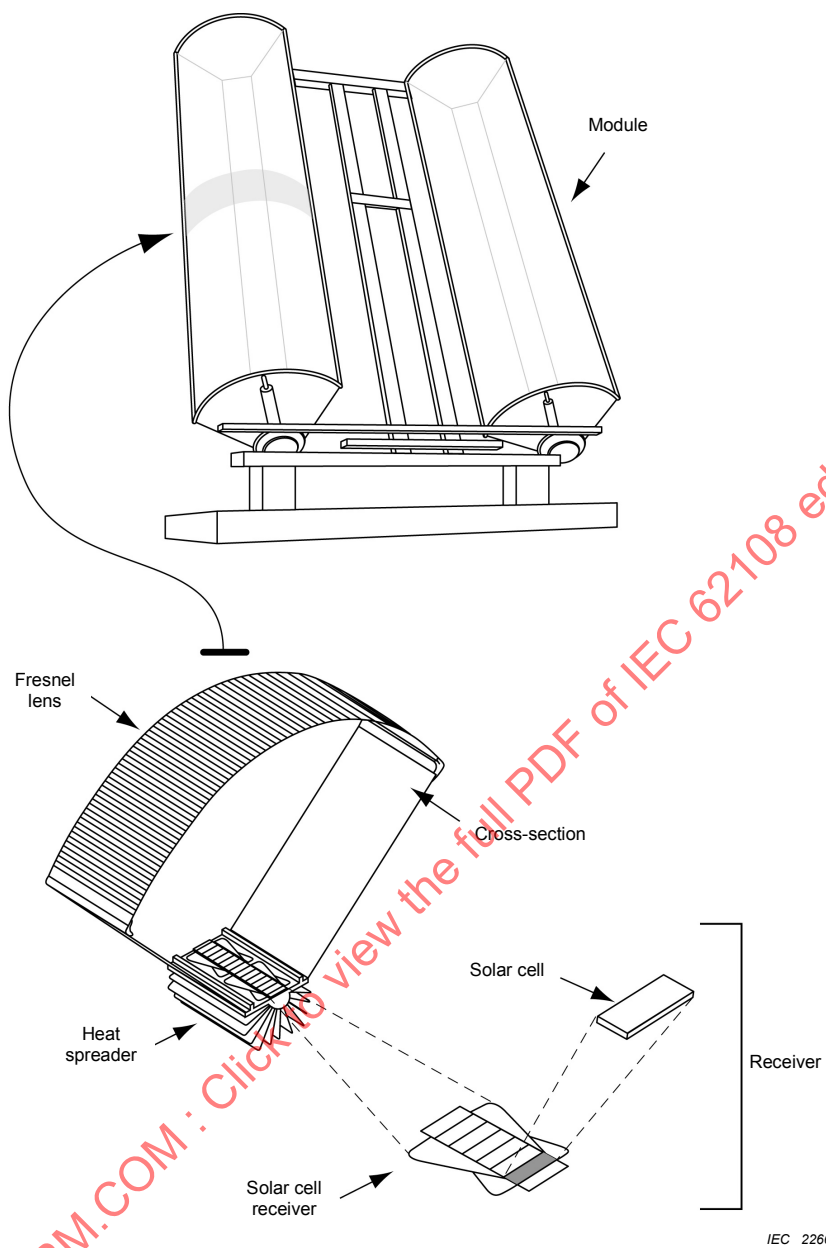
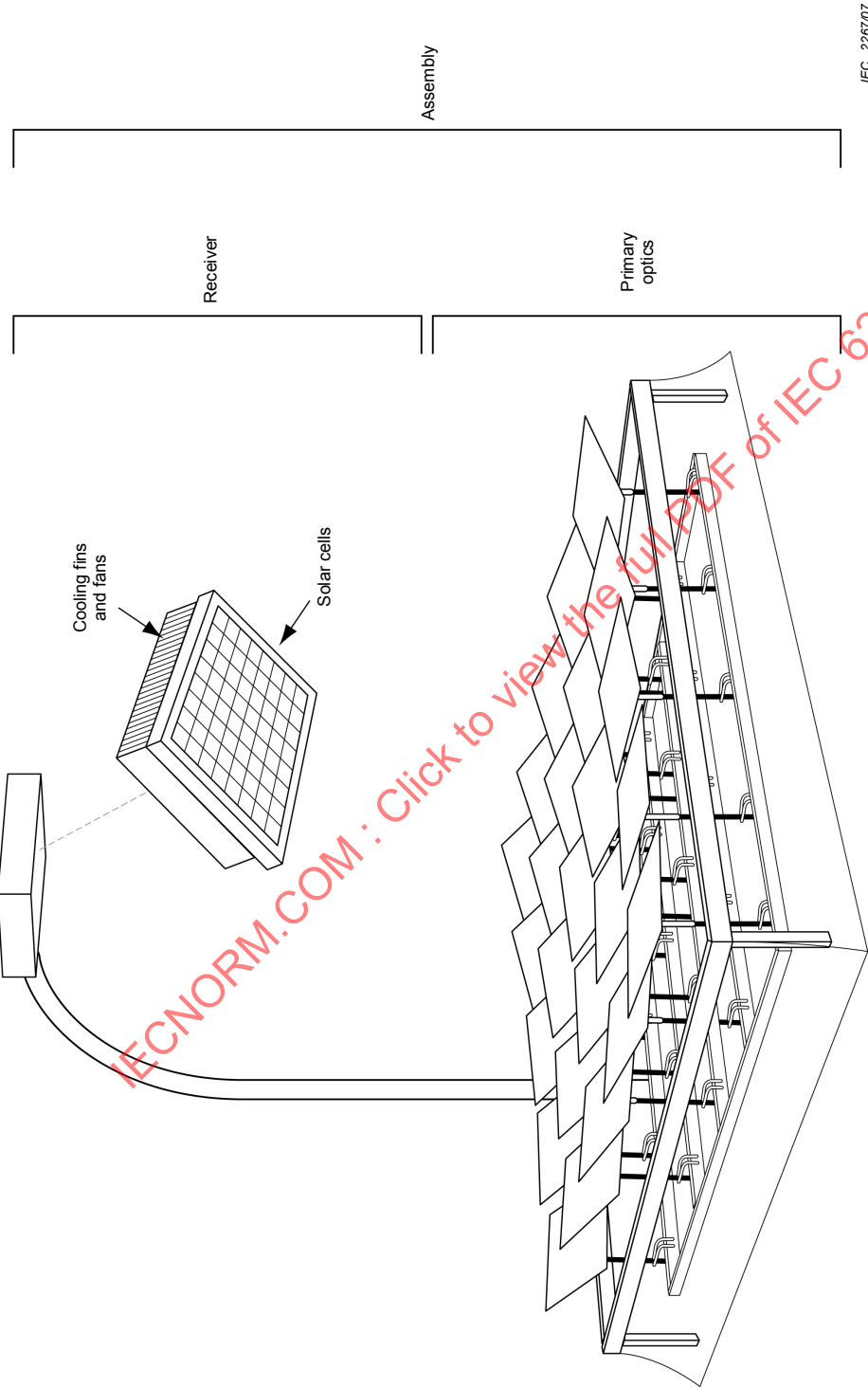


Figure 4 – Schematic of linear-focus Fresnel lens PV concentrator



IEC 2267/07

Figure 5 – Schematic of a heliostat CPV

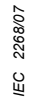


Figure 6 – Qualification test sequence for CPV modules

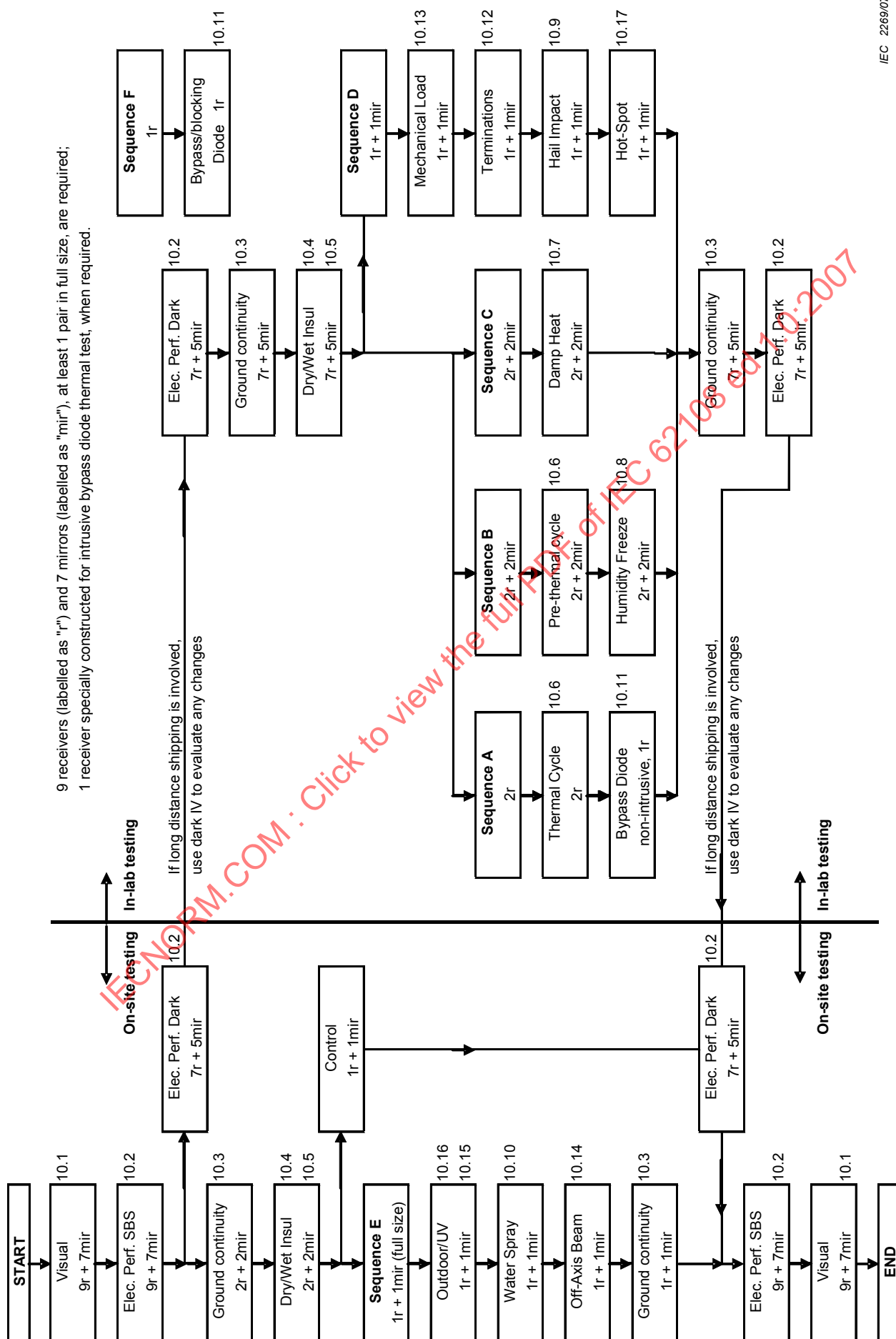


Figure 7 – Qualification test sequence for CPV assemblies

8 Report

Following type approval, a certified report of the qualification tests, with measured performance characteristics and details of any failures and re-tests, should be prepared by the test agency in accordance with ISO/IEC 17025. Each test report should include at least the following information:

- a) a title;
- b) the name and address of the laboratory, and the location where the tests were carried out, if different from the address of the laboratory (such as on-site location);
- c) unique identification of the test report (such as the serial number), and on each page an identification to ensure that the page is recognized as a part of the test report, and a clear identification of the end of the test report;
- 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 short-circuit current, open-circuit voltage, maximum output power, maximum power loss observed after all of the tests, and any failures observed;
- l) a statement of the estimated uncertainty of the test results, where relevant;
- m) a signature and title, or equivalent identification, of the person(s) accepting responsibility for the content of the report, and the date of issue;
- n) where relevant, a statement to the effect that the results relate only to the items tested;
- o) a statement that to maintain the qualification and type approval, the manufacturer shall report to and discuss with the certifying body and testing agency every change they made;
- p) a statement that the report shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

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

9 Modifications

Any changes in design, materials, components, or processing of the modules and assemblies may require a repetition of some or all of the qualification tests to maintain type approval. Manufacturers shall report to and discuss with the certifying body and testing agency every change they made.

10 Test procedures

10.1 Visual inspection

This procedure provides the requirements for obtaining baseline, intermediate, and final visual inspections to identify and determine any physical changes or defects in module or assembly construction at the beginning and after the completion of each required test.

Any hardware showing initial damage not due to the manufacturing process should be rejected if it may worsen and lead to failure during the subsequent environmental tests. A new module or assembly may then be substituted before beginning the test sequence.

10.1.1 Procedure

All test samples should be thoroughly inspected and photographed when necessary. All defects or abnormalities (including initial defects related to the quality of solder joints such as inadequate or excessive solder, solder balls, bent interconnects, or misalignment of parts) should be documented with appropriate sketches or photographs to show the locations of the defects. Components, such as the lens, mirror, secondary optical elements, heat spreaders, and encapsulants, should also be inspected for defects. Specifically, inspect for:

- a) bubbles, delamination, or any kind of similar defect on the cell and around its edges;
- b) damage incurred during shipping and handling, such as cracked lenses, cracked or bent housings, and bent terminals or mounting brackets;
- c) integrity of the seal around the lens and housing joints. Any crack or gap in sealant materials should be noted;
- d) any ventilation hole or breather must not be clogged;
- e) provision for grounding all accessible conductive parts;
- f) broken, cracked, bent, misaligned, or torn external surfaces;
- g) faulty interconnections or joints;
- h) visible corrosion of output connections, interconnections, and bus bars;
- i) failure of adhesive bonds;
- j) tacky surfaces of plastic materials;
- k) faulty terminations, or exposed live electrical parts;
- l) any other conditions that may affect reliability or performance.

10.1.2 Major visual defects

For the purpose of design qualification and type approval, the following are considered to be major visual defects:

- a) broken, cracked, bent, misaligned, or torn external surfaces, including lens, mirror, receiver body, frame, and junction box;
- b) broken or cracked cells;
- c) bubbles or delamination forming a continuous path between any part of the electrical circuit and the edge of the receiver;
- d) visible corrosion of any of the active circuitry of the sample;
- e) adhesive or sealant failures;
- f) loss of mechanical integrity, to the extent that the installation and/or operation of the modules or assemblies would be impaired.

10.1.3 Requirements

No major visual defects.

10.2 Electrical performance measurement

10.2.1 Purpose

The purpose of the electrical performance test is to identify electrical performance degradation of test samples caused by required tests. The focus of this test is on the power degradation, not on the absolute power output, which will be covered by a separate power and energy-rating standard.

Repeatability of the measurement is the most important factor for this test.

10.2.2 Outdoor side-by-side I-V measurement

The side-by-side (SBS) I-V measurement identifies power degradation of a test sample by comparing its post-stress test relative power to its pre-stress test relative power. The relative power is defined as the maximum power output of the sample under test divided by the maximum power output of the control sample, measured under similar test conditions. This

method is based on the assumption that the changes of the control sample's electrical performance are negligible during the whole qualification test period. By using this method, test condition variables are self-correcting, and the complex translation procedures are eliminated.

The side-by-side I-V measurement is required for each test sample upon the starting and final I-V measurements. It is optional for all intermediate I-V measurements.

When applying this method to receivers, the control receiver and the receiver under test should be installed with a proper optical and mechanical system so that during the test, the concentrated light and thermal conditions of these two receivers are similar to the real operating conditions.

10.2.2.1 Procedure

Measure the relative power of a test sample according to the following procedures:

- a) Conduct the test on a favorable day and during a period of time that meets the following conditions:
 - sky is clear, DNI is greater than 700 W/m², and its variation is less than 2 % in any 5 min interval;
 - for systems with acceptance half-angle larger than 2,5°, no visible clouds or hazy conditions in 45° view angle around the sun;
 - wind speed is less than 6 m/s, and no gust of greater than 10 m/s in 10 min before any measurement.

NOTE Pay attention to the tracking system's rigidity and make sure it is stable under the windy condition.

- b) Mount the test sample and the control sample side-by-side on a two-axis tracker. The alignment of the samples to sunlight could be done by either of following two sequences:
 - adjust the test and control samples to co-plane, then align both of them together to the direction of sun beam; or
 - separately align the test and control samples to the sun beam before each I-V measurement.

NOTE Test sample and control sample can also be tested on two adjacent two-axis trackers, or two receivers can be tested in sequence on one tracker and optical system, if all conditions in item a) are met.

- c) Alignment should meet the manufacturer's specifications. If specifications are not available, use the maximum I_{sc} of the module as an indicator of alignment. Misalignment should not cause I_{sc} to decrease more than 2 % from its maximum value.
- d) Monitor sample's temperature to make sure the sample temperature changes are less than 2 °C in any 1 min period.
- e) If coolant is employed, monitor coolant flow rate and inlet/outlet temperatures. The coolant flow rate should not change by more than 2 %, and the temperature should not change by more than 1 °C in any 5 min period.
- f) Take I-V measurements on both samples to obtain their maximum power output. This procedure should be completed quickly so that the change of power output caused by solar irradiance, ambient temperature, and wind speed changes is less than 2 % during this step.
- g) Calculate the sample's relative power Pr :

$$Pr = \frac{Pm}{Pmc} \times 100 \%,$$

where:

Pr is the sample's relative power, in %;

Pm is the test sample's maximum power, in W;

Pmc is the control sample's maximum power measured at the similar condition as Pm , in W.

10.2.2.2 Requirements

- a) The sample's maximum power (P_m), I_{sc} , and V_{oc} should be measured accurately and repeatably;
- b) The relative power degradation, Prd , is defined as follows:

$$Prd = \frac{Pri - Prf}{Pri} \times 100 \%$$

where:

Prf is the relative power measured after the given test;

Pri is the relative power measured before the given test.

For outdoor measurement, Prd should be less than 13 %, and for indoor simulator measurement, Prd should be less than 8 %. The 5 % difference takes into account the larger uncertainty for outdoor measurements.

10.2.3 Solar simulator I-V measurement

CPV I-V measurement could also be performed under indoor solar simulator. The testing lab should create its own testing procedure, as long as similar conditions are achieved.

10.2.4 Dark I-V measurement

The dark I-V measurement compares the sample's series resistances measured before and after the tests. It is performed before and after the test sample's shipping to evaluate any possible changes.

The dark I-V measurement is also a cost-effective method to monitor and diagnose power degradation of test modules or assemblies following intermediate stress tests, or to monitor the electric performance stability of the control samples.

10.2.4.1 Procedure

If the dark I-V is used for diagnostic purpose, it should be measured during initial measurements to establish a reference for later dark I-Vs, in addition to the side-by-side baseline I-V measurement, which serves as a reference for later side-by-side I-Vs. The method is applicable to both receivers and modules.

- a) Choose a suitable power source, which could be a conventional DC power supply or a charged-up capacitor, whatever is most convenient, as long as it will generate current up to 1,6 times rated I_{sc} . The current should be adjustable so that there are at least 10 separate points in the range of 0,9 to 1,6 times rated I_{sc} , and the interval of the points should be nearly equal-spaced.
- b) Short the blocking diode by placing a jumper lead across the leads of the blocking diode, if there is one installed.
- c) Connect the power source's positive lead to the sample's positive lead, and the negative lead to the negative lead.
- d) Block the light source to the cells, e.g. turn the samples upside down, so that the measured open-circuit voltage of the sample is less than 5 % of its rated V_{oc} .
- e) Apply at least 10 different currents to the module and record each set of current, voltage, and cell temperature.

NOTE Complete this procedure as quickly as possible to avoid significant heating of the cells during the test. If the temperature drift is too fast to give a repeatable reading, allow the current to flow while the module heats to its equilibrium temperature, then record the steady-state values.

- f) Plot the current and voltage data on a chart with the voltage on the vertical axis and current on the horizontal axis, and perform a linear regression in the region of the linear part of the curve (usually, it is at the higher end of current):

$$V = R \times I + V_0$$

where

R is the module's series resistance,

V_0 is the linear-regression constant.

10.2.4.2 Requirements

The dark I-V test is not intended to be used as the pass/fail criterion for the qualification test, but as a cost-effective method for identifying degradations of the sample following each test.

Side-by-side I-V measurement should be conducted for pass/fail decision.

10.3 Ground path continuity test

In some countries or regions, system grounding is not required. If the product installation is restricted to these areas, this test may be omitted.

10.3.1 Purpose

The purpose of the ground path continuity test is to verify adequate electrical continuity between all exposed conductive parts and the grounding point under high-current conditions.

10.3.2 Procedure

- a) A continuity tester (ohmmeter) should be used to test electrical continuity between any parts on the test sample and its grounding point.
- b) To minimize danger to testing personnel, a current- and voltage-limited power supply that is not capable of producing more than 10 Vdc between its output terminals should be used for this test.
- c) The resistance between the grounding point and any accessible conductive part should be measured with a current passing through these two points. If the module manufacturer has not provided contact points for this test on the modules, a small area on the module should be scraped clear of any anodization or coating to make good contact.
- d) Apply a current of two times I_{sc} between the grounding terminal and a point, and measure the voltage within 1,3 cm of each point of current injection.
- e) Record the current and voltage until the values are stable.
- f) If more than one test is needed to evaluate all paths of conduction, allow enough cooling time between tests if the temperature of the sample increased significantly.
- g) At the end of this test, the test sample should be subjected to an insulation test as per 10.4.

10.3.3 Requirements

- a) Resistance should be less than 0,1 Ω .
- b) Damage should not be produced at joints between different exposed conducting parts.

10.4 Electrical insulation test

10.4.1 Purpose

The purpose of the electrical insulation (also called dry insulation) test is to determine whether or not the concentrator system is sufficiently well-insulated between all active parts in the power-generating circuit and the frame or the outside world.

10.4.2 Procedure

- a) Obtain an insulation tester, which has the following functions, to:
 - supply DC current limiting to 10 mA;
 - apply DC voltage of 1 000 V plus twice the maximum system voltage of the test sample;
 - measure the current in μA resolution.

These functions could be combined in one single unit or with a few separate units.

- b) The test should be conducted on samples at ambient temperature of $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity not exceeding 75 %.

- c) Designs that use a cooling medium should have the cooling medium present during the test, but the cooling medium circulation is not required.
- d) The sample cell faces should be darkened and the sample should not be connected to any active electrical source.
- e) Connect the shorted positive and negative output terminals of the sample to the positive terminal of the tester.
- f) Connect the exposed metal parts of the sample to the negative terminal of the tester. If the sample has no conductive frame or if the frame is a poor electrical conductor, wrap the sample with a metallic plate or foil, then connect the plate or foil to the negative terminal of the tester.
- g) Increase the voltage applied by the tester at a rate not exceeding 500 V/s to 1 000 V plus twice the maximum system voltage (i.e., the maximum system voltage rated by the manufacturer). If the maximum system voltage does not exceed 50 V, the applied voltage should be 500 V.
- h) Maintain the voltage at this level, and wait for 2 min after a stable leakage current is reached.
- i) Observe any sign for dielectric breakdown or surface tracking [steps g) to i) are also called the dry hi-pot test].
- j) Reduce the voltage to 500 V, and maintain for 2 min after a stable leakage current is reached.
- k) Record the applied voltage and the current.
- l) Calculate the insulation resistance based on recorded data.
- m) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the tester to discharge the electrical charges built up in the sample.
- n) Disconnect the tester from the sample.

10.4.3 Requirements

- a) No dielectric breakdown, surface tracking, or bubble generation.
- b) For samples with an overall receiver aperture area less than or equal to 0,1 m², the measured insulation resistance should not be less than 50 MΩ.
- c) For samples with an overall receiver aperture area larger than 0,1 m², the measured insulation resistance times cell area should not be less than 5 MΩm².
- d) In addition to the previous requirements, receivers, modules, or assemblies should always have a total insulation resistance more than 1 MΩ, or more than 10 MΩ if double-insulated.

10.5 Wet insulation test

10.5.1 Purpose

The purpose of the wet insulation test is to evaluate the insulation of the concentrator system under wet operating conditions and verify that moisture from rain, fog, dew, or melted snow does not enter the active parts of the sample circuitry, where it might cause corrosion, a ground fault, or a safety hazard.

10.5.2 Procedure

- a) Obtain an insulation tester as described in 10.4.2 a).
- b) Prepare a non-corrosive liquid agent (surfactant) solution in a testing tank that is large enough to hold the test samples. The resistivity of the test solution should be 3 500 Ω cm or less when measured at a temperature of 22 °C ± 3 °C.
- c) Designs that use a cooling medium should have the cooling medium present during the test, but the cooling medium circulation is not required.
- d) The sample cell faces should be darkened and the sample should not be connected to any active electrical source.
- e) Connect the shorted positive and negative output terminals of the sample to the positive terminal of the tester.

- f) Make a good connection between the negative terminal of the tester and the liquid solution.
- g) Immerse the sample in the solution, or spray the solution over the sample, for at least 5 min. The terminal boxes, pigtail leads, uninsulated terminations, or other connectors that are not suitable for immersion could be maintained above the solution level, but be thoroughly wetted by spraying the solution over these areas from all possible directions that rain or melted snow could enter.
- h) Increase the voltage applied by the tester at a rate not exceeding 500 V/s to 500 V.
- i) Maintain the voltage at this level, and wait for 2 min after a stable leakage current is reached, then observe any sign of dielectric breakdown, surface tracking, or bubble generation.
- j) Record the applied voltage and the current.
- k) Calculate the insulation resistance based on recorded data.
- l) Reduce the applied voltage to zero and short-circuit the terminals of the test equipment to discharge the electrical charges built up in the test sample.
- m) Disconnect the test equipment from the sample.

10.5.3 Requirements

- a) No dielectric breakdown or surface tracking.
- b) For samples with an overall receiver aperture area less than or equal to 0,1 m², the measured insulation resistance should not be less than 50 MΩ.
- c) For samples with an overall receiver aperture area larger than 0,1 m², the measured insulation resistance times cell area should not be less than 5 MΩm².
- d) In addition to the previous requirements, receivers, modules, or assemblies should always have a total insulation resistance more than 1 MΩ, or more than 10 MΩ if double-insulated.

10.6 Thermal cycling test

10.6.1 Purpose

The purpose of the thermal cycling test is to determine the ability of the receivers to withstand thermal mismatch, fatigue, and other stresses caused by rapid, non-uniform or repeated changes of temperature.

10.6.2 Test sample

Two receiver samples are required for the Sequence A thermal cycling test, which is a full length of the thermal cycle. If a full-size sample is too large to fit into the environmental chamber, or if it is too expensive to use, a smaller representative sample may be specially designed and manufactured for this test. The representative sample should be carefully designed so that it can reveal similar failure mechanisms as the full-size one, and the fabrication process of the representative sample should be as identical as possible to the process of the full-size ones.

NOTE Possible failure mechanisms for temperature cycling test could include weak mechanical strength of cells, poor bus bar and soldering (loose, wrong flux, tension) materials, incorrect interconnection design (for example, too large differences of thermal expansion coefficients among bonded layers and not enough buffering layer in between), wrong adhesives, and poor workmanship.

When designing or fabricating the representative samples, special considerations should include, but not be limited to, the following aspects:

- Repeated parts or sections (sub-receivers) used by the full-size sample can be reduced, but if possible, try to use at least two of these parts or sections in their full dimensions.
- All non-repeated parts or sections, such as cell string's end-connections and corners, electrical and mechanical joints, sensors, and bypass/blocking diodes, should be included in the representative samples.

10.6.3 Procedure

Three options are given in Table 3 to fit the different materials used. The thermal cycle test should be carried out in air without adding humidity. It could be in a single-chamber system or

in a dual-chamber system. A dwell time of at least 10 min within $\pm 3^\circ\text{C}$ of the high and low temperatures is required. The cycling frequency should be 10 to 18 cycles per day.

To apply current during a thermal cycle, one of the following options could be adopted to:

- Use an external DC power supply to provide a desired current in the negative direction (the positive direction is the sample's normal generating current direction) while the sample is in the dark (blocking diodes, if present, should be shorted).
- Provide a full intensity of illumination so that the sample can generate the desired current in the positive direction.
- Provide a partial intensity of illumination in combination with an external DC power supply to generate the desired current in the positive direction (bypass diodes, if present, should be opened).

NOTE 1 When the sample has parallel strings, make sure that the required current is supplied to each single string. Sometimes this will require separating the parallel strings, and using separate power supplies for each string.

NOTE 2 Based on the knowledge as this standard is written, some large-area III-V cells may not be able to hold up under option a) or c), and some testing facilities may have an equipment limitation to perform option b). In these cases, the thermal cycle test sequence A could be conducted without applying the current, but the manufacturer should prepare three additional receiver samples with similar, but "dead," cells, i.e., electrically inactive III-V cells. A minimum of $1,25 \times I_{sc}$ should be provided in either positive or negative direction. The current should be controlled to maintain a temperature delta between the cell and heat sink comparable to, or greater than, operating conditions so that the localized heating can take place, and the ability of the receivers to withstand thermal mismatch, fatigue, and other stresses can be evaluated. The thermal gradients during operating conditions can be determined from commercially available modeling programs or from direct measurements when DNI is greater than 700 W/m^2 and wind speed is less than 2 m/s. The pass criteria for these receiver samples will be changed to: after the thermal cycle test, the change of the receiver resistance should be less than 2 % (excluding the cell). This alternative procedure will be re-evaluated, and if necessary, an amendment to this standard will be issued, as soon as further knowledge on this topic becomes available.

Current cycling speed should be evenly on and off for 10 cycles in one thermal cycle, but when the cell temperature is below 25°C , the current should be turned off (see illustration in Figure 8). The sample's circuit continuity should be monitored and recorded.

Table 3 – Thermal cycle test options for sequence A

Option	Maximum cell temperature $^\circ\text{C}$	Total cycles	Applied current
TCA-1	85	1 000	Apply $1,25 \times I_{sc}$ when $T > 25^\circ\text{C}$, Cycle speed is 10 electrical/thermal
TCA-2	110	500	Apply $1,25 \times I_{sc}$ when $T > 25^\circ\text{C}$, Cycle speed is 10 electrical/thermal
TCA-3	65	2 000	Apply $1,25 \times I_{sc}$ when $T > 25^\circ\text{C}$, Cycle speed is 10 electrical/thermal

The samples should be subjected to visual inspection according to 10.1 and the insulation test of 10.4 following the thermal cycling test.

10.6.4 Requirements

- No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- No interruption of current flow during the test.
- Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.

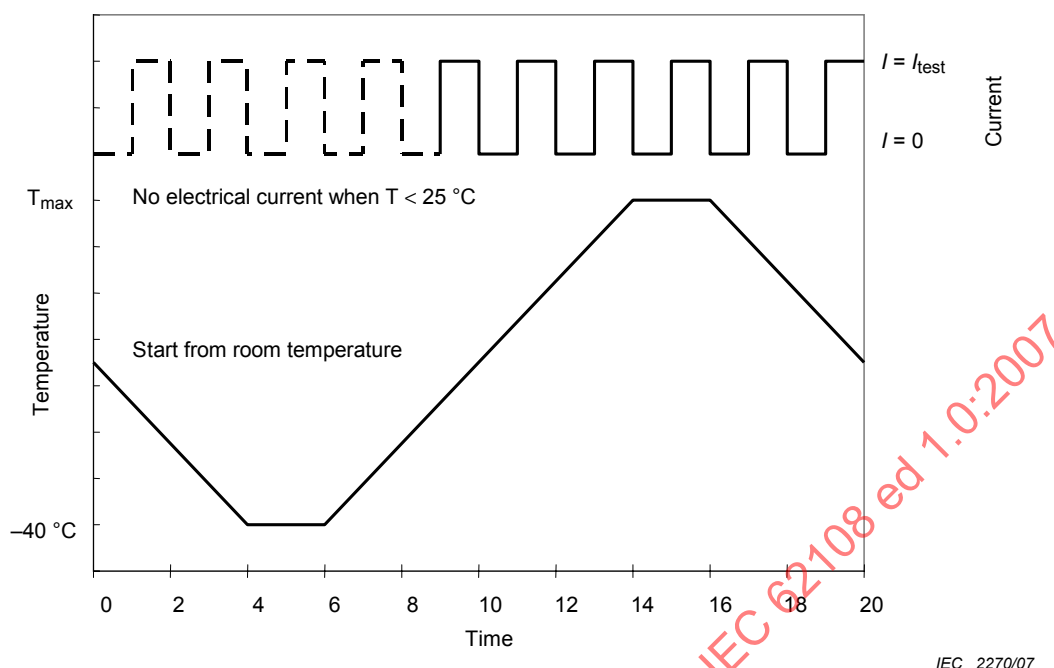


Figure 8 – Temperature and current profile of thermal cycle test (not to scale)

10.7 Damp heat test

10.7.1 Purpose

The purpose of the damp heat test is to determine the ability of the modules or assemblies to withstand the effects of long-term penetration of humidity.

10.7.2 Test sample

A total of two modules, or two receivers and mirrors, is required for the damp heat test in Sequence C. If a full-size sample is too large to fit into the environmental chamber, or is too expensive to use, a smaller representative sample may be specially designed and manufactured for this test. The representative sample should be carefully designed so that it can reveal similar failure mechanisms as the full-size one, and the fabrication process of the representative sample should be as identical as possible to the process of the full-size ones.

NOTE Possible failure mechanisms for the damp heat test could include low-quality metal materials (rust), thin or low-quality lamination materials, not enough clearance distance around edges so that the moisture penetrates to active electric circuits, poor workmanship, or wrong or inadequate adhesives.

When designing or fabricating the representative samples, special considerations should include, but not be limited to, the following aspects:

- Repeated parts or sections used by the full-size sample can be reduced, but if possible, try to use at least two of these parts or sections in their full dimensions.
- Keep the same clearance distance around edges as it is on the full-size products.

10.7.3 Procedure

- a) The test samples should be subjected to a test in an environmental chamber in which the relative humidity should be controlled to $85 \% \pm 5 \%$ and the temperature to $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, for 1 000 h. The test may be continued for up to an additional 60 h to permit the insulation test in step c) to be performed.
- b) If some components are not suitable for 85°C , the other option is to test under 65°C and $85 \% \text{ RH}$ for 2 000 h.
- c) At the end of the test, within 2 h to 4 h of removal from the environmental chamber, test samples should be subjected to the dry insulation test of 10.4 and wet insulation test of 10.5.

d) Visual inspection as per 10.1 should also be performed.

10.7.4 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- b) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.
- c) Wet insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.5.

10.8 Humidity freeze test

10.8.1 Purpose

The purpose of the humidity freeze test is to determine the ability of the modules or assemblies to withstand the effects of high temperature and humidity followed by below-freezing temperatures. This is not a thermal shock test.

10.8.2 Test sample

A total of two modules, or two receivers and two mirrors, following the partial thermal cycle test, is required for the humidity freeze test in accordance with the temperature/humidity profile shown in Figure 9.

If a full-size sample is too large to fit into the environmental chamber, or too expensive to use, a smaller representative sample may be specially designed and manufactured for this test. The representative sample should be carefully designed so that it can reveal similar failure mechanisms as the full-size one, and the fabrication process of the representative sample should be as identical as possible to the process of the full-size ones.

NOTE The possible failure mechanisms for the humidity freeze test and special considerations for the design and fabrication of representative samples are the combination of those for the temperature cycling test of 10.6 and damp heat test of 10.7.

10.8.3 Procedure

The test samples should be subjected to the thermal cycle test according to the temperature and current profile in Figure 8 and options in Table 4.

Table 4 – Pre-thermal cycle test options for sequence B

Option	Maximum cell temperature °C	Total cycles	Applied current
TCB-1	85	200	None
TCB-2	110	100	None
TCB-3	65	400	None

After removal from the thermal cycle chamber, samples should be subjected to humidity freeze cycles in accordance with the temperature/humidity profile shown in Figure 9. There are two options listed in Table 5 for the maximum temperature for different component materials used on modules or mirrors.

At the end of the test, within 2 h to 4 h of removal from the environmental chamber, test samples should be subjected to the dry insulation test of 10.4 and wet insulation test of 10.5. Visual inspection as per 10.1 should also be performed.

Table 5 – Humidity freeze test options for sequence B

Option	Maximum cell temperature °C	Humidity %	Total cycles	Applied current
HFC-1	85	85	20	None
HFC-2	65	85	40	None

10.8.4 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.

- b) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.
- c) Wet insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.5.

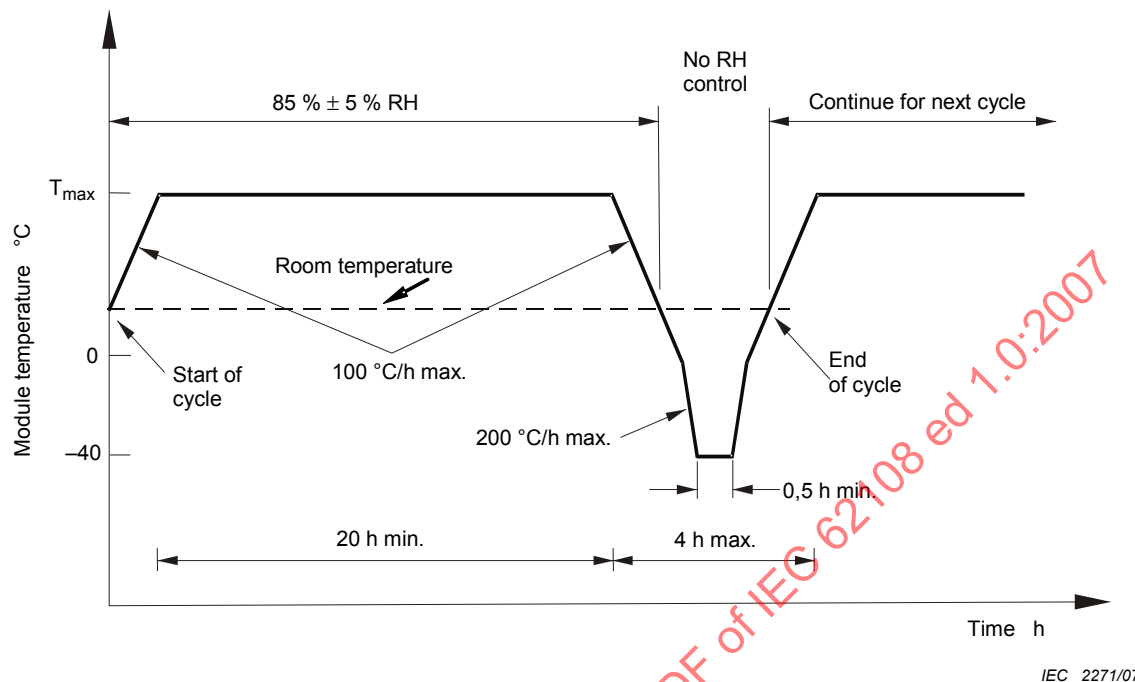


Figure 9 – Profile of humidity-freeze test conditions

10.9 Hail impact test

10.9.1 Purpose

The purpose of the hail impact test is to determine whether the module or assembly, particularly the concentrator lens and mirrors, or any other parts exposed to the possible hail impact, can survive a hailstorm.

If the system is designed to a specific area where a hailstorm is very unlikely, this test could be omitted. This fact should be emphasized in the test report and the product certificate.

10.9.2 Apparatus

- a) Moulds of suitable material for casting spherical ice balls of the required diameter. The standard diameter is 25,4 mm $\pm$ 5 %.
- b) A freezer, controlled at $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c) A storage container for storing the ice balls at a temperature of $-4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- d) A launcher capable of propelling an ice ball at a speed of 22,4 m/s $\pm$ 5 %, so as to hit the sample within the specified impact location. The path of the ice ball from the launcher to the sample may be horizontal, vertical, or at any other angle, as long as the test requirements are met.
- e) A rigid mount for supporting the test sample by the method prescribed by the manufacturer.
- f) A balance for determining the mass of an ice ball. The required mass of the ball is 7,9 g $\pm$ 5 %.
- g) An instrument for measuring the speed of the ice ball to an accuracy of $\pm$ 2 %. The speed sensor should be no more than 1 m from the impact point.

10.9.3 Procedure

- a) Use the mould and the freezer to make sufficient ice balls of the required size for the test, including some extra balls for preliminary adjustment of the launcher.

- b) Install the sample according to manufacturer's instruction, with the impact surface normal to the path of the ice ball.
- c) Mark at least ten different target impact locations on the receiver, module, or optics by using the following selection guidelines:
 - areas that may possibly be hit by a hailstone falling from 45° around the vertical line when the system is under normal operation positions or on the stow position;
 - corners that are no more than 25 mm from edges;
 - edges that are no more than 12 mm from the side;
 - points that are no more than 12 mm from the fixing point to supporting structures;
 - points that are farthest from the fixing point to supporting structures;
 - any points that may be vulnerable to hail impact.
- d) Examine size and mass of ice balls to make sure the requirements in 10.9.2 are met, and the ice balls should have no cracks visible to the unaided eye.
- e) Place the ice balls in the storage container and leave them there for at least 1 h before use.
- f) Ensure that all surfaces of the launcher likely to be in contact with the ice balls are near room temperature.
- g) The time between the removal of the ice ball from the container and impact on the sample should be less than 60 s.
- h) Fire a number of trial shots at a simulated target and adjust the launcher until the hitting position and speed of the ice ball meet the requirement.
- i) Fire the first actual testing shots on the sample at the locations marked in step c).
- j) Inspect the module in the impact area for signs of damage and make a note of any visual effects of the shot.
- k) Repeat steps i) and j) for all other desired locations.

10.9.4 Requirements

The requirement for hail impact is very site dependent, therefore, there is no specific pass/fail criteria for it. The results, however, should be recorded and reported in details, such as:

- a) The sample should be inspected after each impact to determine if any obvious damage has occurred. All damages and major visual defects should be documented.
- b) Any cracks or holes on the sample that are visible to the unaided eye, or any pieces larger than 25 mm² that have broken off and flown out, should be recorded and included in the report.

10.10 Water spray test

One full-size module or assembly is required for the water spray test. It can be conducted by installing it in the lab, or through on-site witness.

10.10.1 Purpose

The purpose of the water spray test is to determine whether rain water can enter the module or assembly under field conditions, and if the entered water can cause a ground fault or a safety hazard.

10.10.2 Procedure

- a) Install the module or assembly on a test fixture that can reach the following four orientations:
 - with its front surface 45° to the horizontal;
 - in its stow position;
 - at the normal limit of its allowed tracking;
 - upside down (if appropriate for the module's operation).

NOTE For some designs, these orientations may be redundant.

- b) Make field wiring connections in accordance with the wiring method specified in the installation instructions. When more than one wiring method is specified, the method least likely to restrict the entrance of water into the field wiring compartment is to be used.
- c) Put the rain-test fixture that meets the requirements of ANSI/UL1703:2002, section 33.5 above the module's most vulnerable location.
- d) The module or assembly should be exposed to the water spray for 1 h in each orientation specified in a), with at least 15 min between tests in different orientations. After each 1 h spray, the module or assembly should be examined for evidence of water penetration or collection of water in any area containing electrically active parts. If water is present in such an area, there shall be adequate means, such as drain holes, to keep the water level from reaching uninsulated electrically active parts.
- e) The insulation test of 10.4 should be conducted within 1 h to 2 h after the last spray. No manual dry-up should be performed during this time period. If the insulation resistance is found to be below that specified, the insulation test should be repeated after the module has dried to determine if the condition was caused by moisture inside the module.

10.10.3 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- b) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.
- c) No significant amount of water should remain inside the module after the test (the depth of the remaining water should not reach any electrically active parts in any possible position).

10.11 Bypass/blocking diode thermal test

10.11.1 Purpose

The purpose of the bypass/blocking diode thermal test is to assess the adequacy of the thermal design and relative long-term reliability of bypass/blocking diodes used to limit the detrimental effects of system hot-spot susceptibility.

10.11.2 Test sample

One receiver sample is required for this test. A specially manufactured receiver sample may be needed if the bypass/blocking diodes are part of the module construction and the access to measure the temperature of bypass/blocking diode case or hottest diode contacting surface is not possible without compromising the integrity of the module. This receiver should be manufactured with accessible temperature sensor attached to the case of the bypass/blocking diode. The temperature sensor wires should be low thermal mass, attached in a way to ensure a minimum of disturbance to the diode and its thermal environment. In all other respects, this receiver should be manufactured as close as possible to the standard receiver product.

The test using the specially manufactured receiver as described above is called the intrusive bypass/blocking diode thermal test; otherwise, it is called the non-intrusive test.

10.11.3 Apparatus

- a) Means for heating the sample to a temperature of $75\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.
- b) Means for measuring and recording the temperatures to an accuracy of $\pm 1\text{ °C}$.
- c) Means for measuring the temperature of any bypass/blocking diodes provided with the sample. Care should be taken to minimize any alteration of the properties of the diode or its heat-transfer path.
- d) DC power source capable of applying a current up to 1,25 times I_{sc} and the means for monitoring the flow of current through the sample during the test period.

10.11.4 Procedure

- a) Electrically short any blocking diodes incorporated in the sample.
- b) Prepare to measure the temperature of the bypass/blocking diodes during the test.

- c) Connect the DC power source's positive output to the sample's negative leads, and the DC power source's negative output to the sample's positive leads, by using wires of the manufacturer's minimum recommended wire gauge. Follow the manufacturer's recommendations for wire entry into the wiring compartment.

NOTE Some modules have overlapping bypass diode circuits. In this case, it may be necessary to install a jumper cable to ensure that all of the current is flowing through one bypass diode.

- d) Heat the module to $75\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Apply a current to the module equal to $I_{sc} \pm 2\%$. After 1 h, measure the temperature of each bypass/blocking diode.
- e) Calculate the junction temperature using information provided by the diode manufacturer, along with the measured case temperature or temperature of the hottest surface contacting the diode.

NOTE If the module contains a heat sink specifically designed to reduce the operating temperature of the diode, this test may be performed at the temperature the heat sink reaches under conditions of $1\,000\text{ W/m}^2$, $43\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ ambient with no wind, rather than at 75 °C .

- f) Increase the applied current to 1,25 times I_{sc} while maintaining the module temperature at $75\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Maintain the current flow for 1 h. Verify that the diode is still operational.

10.11.5 Requirements

- a) The diode junction temperature as determined in step 10.11.4 e) should not exceed the diode manufacturer's maximum junction temperature rating.
- b) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- c) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.
- d) The diode should still function as a diode after the conclusion of the test.

10.12 Robustness of terminations test

10.12.1 Purpose

The purpose of the robustness of terminations test is to determine that the terminations and the attachment of the terminations to the body of the module or assembly will withstand such stresses as are likely to be applied during normal installation or handling operations.

10.12.2 Types of terminations

Three types of module terminations are considered:

- Type A: wire or flying lead;
- Type B: tags, threaded studs, screws, etc.;
- Type C: connector.

10.12.3 Procedure

Preconditioning: 1 h at standard atmospheric conditions for measurement and test.

10.12.3.1 Type A terminations

Tensile test: as described in IEC 60068-2-21, test Ua, with the following provisions:

- all terminations should be tested;
- tensile force should never exceed the module weight.

Bending test: as described in IEC 60068-2-21, test Ub, with the following provisions:

- all terminations should be tested;
- method 1 with 10 cycles (1 cycle is 1 bend in each opposite direction).

10.12.3.2 Type B terminations

Tensile and bending tests:

- a) For modules with exposed terminals, each termination should be tested as for type A terminations.
- b) If the terminations are enclosed in a protective box, the following procedure should be applied:

- a cable of the size and type recommended by the module manufacturer, cut to a suitable length, should be connected to the terminations inside the box using the manufacturer's recommended procedures. The cable should be taken through the hole of the cable gland, taking care to use any cable clamp arrangement provided. The lid of the box should be securely replaced. The module should then be tested as for type A terminations.

Torque test: as described in IEC 60068-2-21, test Ud, with the following provisions:

- all terminations should be tested;
- severity 1.

The nuts or screws should be capable of being loosened afterwards, unless they are specifically designed for permanent attachment.

10.12.3.3 Type C terminations

A cable of the size and type recommended by the module manufacturer, cut to a suitable length, should be connected to the output end of the connector, and the tests for type A terminations should be carried out.

10.12.4 Requirements

- a) no evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2;
- b) insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4;
- c) wet insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.5.

10.13 Mechanical load test

10.13.1 Purpose

The purpose of the mechanical load test is to determine the ability of the module or assembly to withstand wind, snow, static, or ice loads.

If the concentrator systems are specified by the manufacturer not to be suitable for installation in areas of extreme conditions, the manufacturer shall specify the limits of wind, snow, static, and ice loads that apply to the product. Pressure values used in the following test can then be calculated to match the maximum specification of the manufacturer. If the design is entirely unsuitable for snow areas, the snow load test need not be carried out. The test report shall state the manufacturer's recommended limits and whether the equipment survived testing at those limits.

This test is only performed on modules, assemblies, or their representative samples. It is not an evaluation for trackers and other mounting means. A full-size concentrator system, including all structures and foundations, should be analyzed by suitably qualified engineers to verify that the design meets the local code requirements of the installation site.

NOTE 1 If there is no specific location specified, structures and foundations should meet the following minimum requirements:

- a) survival of a 27 m/s wind in the worst-case position;
- b) survival of a 45 m/s wind in a stowed position;
- c) survival of 5 400 Pa snow load, if desired.

NOTE 2 2 400 Pa corresponds to a wind pressure of 130 km/h (approximately 800 Pa) with a safety factor of 3 for gusty winds. If the module is to be qualified to withstand heavy accumulations of snow and ice, the load applied to the front of the module during the last cycle of this test shall be increased from 2 400 Pa to 5 400 Pa.

10.13.2 Procedure

- a) Make a rigid test base structure. If the load is provided by weight, the sample should be mounted front-side up or front-side down. The test base should enable the test sample to deflect freely during the load application.
- b) Mount the test sample on the rigid structure using the method prescribed by the manufacturer. If there are different possibilities, use the worst case, such as the largest distance between the fixing points. The mounting method and photos shall be included in the report.

- c) Connect the test sample to the monitoring instrument so that the electrical continuity of the internal circuit can be monitored continuously during the test.
- d) Obtain suitable weights or pressure means to enable the load to be applied in a gradual, uniform manner.
- e) On the front surface, gradually apply a uniform load to 2 400 Pa. This load may be applied pneumatically or by means of weights covering the entire surface. In the later case, the test sample shall be mounted horizontally. Maintain this load for 1 h.
- f) Repeat step e) on the back surface of the test sample.
- g) Repeat steps e) and f) for a total of three cycles.

10.13.3 Requirements

- a) No intermittent open-circuit fault detected during the test.
- b) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- c) Insulation resistance shall meet the same requirements as defined in 10.4.

10.14 Off-axis beam damage test

One full-size module or assembly is required for the off-axis beam damage test. It can be conducted by installing it in the lab, or through on-site witness.

10.14.1 Purpose

The purpose of the off-axis beam damage test is to evaluate that no part of the module or assembly could be damaged by concentrated solar radiation during conditions of misalignment or malfunctioning.

10.14.2 Special case

Concentrator systems that use a fully redundant and failsafe protection system to manage misalignment issues may be exempt from the requirements of this . The manufacturer should state in the system manual how this level of protection is achieved, what levels of maintenance are required, what locations are suitable for installation, and how to commission and operate such a system correctly. The testing agency should agree with the manufacturer on a procedure to conduct verifications on these redundant and failsafe protection systems. Under all possible vulnerable conditions, the protection system should respond to the misalignment or malfunction according to the manufacturer's design; otherwise, a regular off-axis beam damage test should be conducted.

10.14.3 Procedure

- a) The module or assembly design and the receiver itself should be examined first to determine whether any materials might be damaged by high temperatures or intense solar radiation, and whether these materials are sufficiently protected from exposure.
- b) If such insufficiently protected materials are identified, the module or assembly alignment will be offset so that light is focused on such a suspect location.
- c) The module or assembly will then track the sun in this position for at least 15 min, with DNI greater than 800 W/m².
- d) Repeat for step c) for any other suspect locations.
- e) Observe the test sample during each exposure and inspect for evidence of damage after each exposure.
- f) If no specific locations are identified, a simple "walk-off" test should be performed:
 - the module should be aligned toward the sun;
 - tracking will be stopped;
 - allow the sun to "walk off" to an angle of 45° relative to the module or assembly (about 3 h);
 - throughout this test, DNI should be at least 800 W/m².

10.14.4 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2. In particular, there should be no evidence of melting, smoking, charring, deformation, or burning of any material.
- b) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.

10.15 Ultraviolet conditioning test

The UV conditioning test could be combined with the outdoor exposure test of 10.16 by monitoring UV dosage from natural sunlight, and let it meet the requirement of 50 kWh/m². It can be conducted either in the testing lab, or through on-site witness.

10.15.1 Purpose

The purpose of the UV conditioning test is to reveal the possible premature failures of physical and electrical integrity due to limited UV exposure.

10.15.2 Procedure

- a) Expose the sample to a total accumulated UV dosage of 50 kWh/m² ± 10 % in the wavelength range below 400 nm.
- b) Any one or combination of the four light sources—fluorescent UV-A lamps, fluorescent UV-B lamps, xenon-arc lamps, or natural sunlight (normal or concentrated)—are acceptable, provided that the total UV dosage and wavelength requirements are met. However, for the outdoor test, when the DNI is less than 600 W/m², the UV radiation should not be counted toward the total UV exposure dosage.
- c) Module or assembly temperature should be maintained at 60 °C ± 5 °C for the duration of the indoor test. For outdoor test, both ambient temperature and highest temperature of module assembly should be recorded, with an interval no greater than 5 min.
- d) If the system requires active cooling, the cooling system should be operated during the test.

10.15.2.1 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- b) Power degradation should be less than 5 % for solar simulator I-V measurement, and 7 % for natural sunlight I-V measurement.
- c) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.

10.16 Outdoor exposure test

10.16.1 Purpose

The purpose of the outdoor exposure test is to make a preliminary assessment of the ability of the module or assembly to withstand exposure to outdoor conditions and to reveal any synergistic degradation effects that may not be detected by laboratory tests. This test requires one full-size module or assembly. It can be conducted either by installing it in the lab, or through on-site witness.

10.16.2 Procedure

- a) A full-size module or assembly should be installed outdoor, and be connected to the grid, as recommended by the manufacturer.
- b) A direct-normal irradiation monitor and a global total irradiation monitor should be installed co-planar with the module or assembly.
- c) Any hot-spot protective devices recommended by the manufacturer should be installed before the module or assembly is mounted.
- d) If the system requires active cooling, the cooling system should be operated during the test.
- e) The module or assembly should be exposed outdoors with tracking, and meet the following requirements:
 - cumulative DNI of 1 000 kWh/m²;

- cumulative UV irradiance of 50 kWh/m², if the UV conditioning test (10.15) is combined with this test;
- when the DNI is less than 600 W/m², the DNI and UV radiations should not be counted for their total exposures.

10.16.3 Requirements

- a) No evidence of major visual defects, as defined in 10.1.2.
- b) Power degradation should not exceed 5 % for solar simulator I-V measurement, and 7 % for natural sunlight I-V measurement.
- c) Insulation resistance should meet the same requirements as defined in 10.4.

10.17 Hot-spot endurance test

A module or assembly could be exempt from this test if it has one bypass diode for each cell.

The purpose of this test is to evaluate the ability of a module or assembly to endure the long-term effects of periodic hot-spot heating associated with common fault conditions such as severely cracked or mismatched cells, single-point open-circuit failures, or non-uniform illumination such as partial shadowing.

Currently, a major revision of the hot-spot endurance test on flat-plate PV modules is under consideration by IEC technical committee 82. For CPV, perform this test according to IEC 61215, subclause 10.9 Hot-spot endurance test, with one exception: add an extra 3 % for the solar simulator I-V measurement, and 5 % for the natural sunlight I-V measurement, to the maximum power degradation requirement, to account for an extra uncertainty on the CPV I-V measurement.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

Annex A (informative)

Summary of test conditions and requirements

Seq. No.	Test title	Sample m: module r: receiver mir: mirror	Test condition	Requirement
10.1	Visual inspection	All	Visual inspection	No major visual defects (MVD) defined in 10.1.2.
10.2	Electrical performance	All	Outdoor side-by-side I-V with DNI > 700 W/m ² , wind speed < 6 m/s, clear sky. Dark I-V as a diagnostic means to measure resistance, at least 10 points from 0,9 to 1,6 I_{sc}	Power degradation < 8 % for solar simulator measurement, and < 13 % for natural sunlight measurement, (except for 10.15 and 10.16). If dark I-V shows 10 % resistance increase, side-by-side I-V should be performed.
10.3	Ground path continuity	All	Measure resistance between grounding point and other conductive parts with $2 \times I_{sc}$ current passing through.	Resistance < 0,1 Ω No damage at joints
10.4	Electrical insulation test	All	At ambient temperature, 25 °C $\pm$ 10 °C and RH < 75 %, apply $2 \times V_{sys} + 1\,000\text{ V}$ for 2 min (hi-pot); Measure R at 500 V.	No dielectric breakdown or surface tracking during high voltage; R > 50 M Ω m ² , if area $\leq$ 0,1 m ² , R > 5 M Ω m ² , if area > 0,1 m ² , total overall R > 1 M Ω if encapsulated in earthed metal, total overall R > 10 M Ω if double insulated
10.5	Wet insulation test	All	Measure R at 500 V when the sample is wetted by surfactant solution with resistivity < 3 500 Ω cm.	Same as 10.4
10.6	Thermal cycling test	2r 2r as pre-conditioning for HF	All TC test options are from –40 °C to T_{max} . Options for T_{max} on receivers in Sequence A: 1 000 cycles if $T_{max} = 85\text{ °C}$, 500 cycles if $T_{max} = 110\text{ °C}$, 2 000 cycles if $T_{max} = 65\text{ °C}$, Apply $1,25 \times I_{sc}$ when $T > 25\text{ °C}$ with cycle speed of 10 electrical/thermal. Options for T_{max} as pre-conditioning for HF on modules or assemblies in Sequence B: 200 cycles if $T_{max} = 85\text{ °C}$, 100 cycles if $T_{max} = 110\text{ °C}$, 400 cycles if $T_{max} = 65\text{ °C}$,	No MVD. Meet insulation test of 10.4 and 10.5.
10.7	Damp-heat test	2m or 2r/2mir	1 000 h at 85 °C and 85 % RH. Or 2 000 h at 65 °C and 85 % RH.	No MVD. Meet insulation test of 10.4 and wet insulation test of 10.5 within 2 h to 4 h after removal from the chamber.

Seq. No.	Test title	Sample m: module r: receiver mir: mirror	Test condition	Requirement
10.8	Humidity freeze test	2m or 2r/2mir	T_{max} and 85 % RH for 20 h followed by 4 h cool down to $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$; 20 cycles if T_{max} is $85\text{ }^{\circ}\text{C}$; 40 cycles if T_{max} is $65\text{ }^{\circ}\text{C}$.	No MVD. Meet insulation test of 10.4 and wet insulation test of 10.5 within 2 h to 4 h after removal from the chamber.
10.9	Hail impact test	1m or 1r/1mir	At least 10 shots of 25,4 mm-diameter ice ball at 22,4 m/s on areas where an impact by hailstone falling from 45° around the vertical line is possible.	Report all results, no pass/fail criteria.
10.10	Water spray test	1m or 1r/1mir	1 h water spray on each of four orientations.	No MVD. Meet insulation test of 10.4. No significant water remains inside (the depth of the remaining water should not reach any electrically active parts in any possible orientation).
10.11	Bypass/blocking diode thermal test	1m or 1r	At $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ sample temperature, apply I_{sc} through the receiver for 1 h, then measure bypass/blocking diode temperature. Apply $1,25 \times I_{sc}$ for additional 1 h.	When I_{sc} applied: Diode junction temperature not to exceed rated maximum temperature, No MVD; Meet insulation test of 10.4. After $1,25 \times I_{sc}$ applied: Diode is still functioning.
10.12	Robustness of terminations test	1m or 1r/1mir	20 N tensile and 10 cycles bending	No MVD. Meet insulation test of 10.4 and wet insulation test of 10.5.
10.13	Mechanical load test	1m or 1r/1mir	2 400 Pa on front and back, 1 h each, total of 3 cycles	No MVD. Meet insulation test of 10.4. No intermittent open-circuit.
10.14	Off-axis beam damage test	1m or 1r/1mir	Aim the light on suspect locations for at least 15 min when $\text{DNI} > 800\text{ W/m}^2$; or walk-off for 3 h.	No MVD, especially, no melting, smoking, charring, deformation, or burning; Meet insulation test of 10.4.
10.15	UV conditioning test	1m or 1r/1mir Full size	Expose to UV accumulation of 50 kWh/m^2 . (This test could be combined with the outdoor exposure test of 10.16)	No MVD. Power degradation should be less than 5 %. Meet insulation test of 10.4.
10.16	Outdoor exposure test	1m or 1r/1mir Full size	Expose to DNI accumulation of $1\,000\text{ kWh/m}^2$ when $\text{DNI} > 600\text{ W/m}^2$.	Same as 10.15.
10.17	Hot-spot endurance test	1m or 1r	Pending. Currently, refer to IEC 61215: 10.9	Add 3 % (simulator) or 5 % (sunlight) to flat-plate module requirement for maximum power degradation to account for measurement uncertainty.

Bibliography

IEC 60904-1, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current – Voltage characteristics*

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
1 Domaine d'application et objet	45
2 Références normatives	45
3 Termes et définitions	45
4 Echantillonnage	46
5 Marquage	47
6 Essais	48
7 Critères d'acceptation	49
8 Rapport d'essai	57
9 Modifications	57
10 Procédures d'essai	57
10.1 Examen visuel	57
10.1.1 Mode opératoire	58
10.1.2 Défauts visuels majeurs	58
10.1.3 Exigences	58
10.2 Mesure des performances électriques	58
10.2.1 Objet	58
10.2.2 Mesure I-V de l'ensemble en site naturel	59
10.2.3 Mesure I-V sous simulateur solaire	60
10.2.4 Mesure I-V d'obscurité	60
10.3 Essai de continuité de mise à la terre	61
10.3.1 Objet	61
10.3.2 Mode opératoire	61
10.3.3 Exigences	62
10.4 Essai d'isolation électrique	62
10.4.1 Objet	62
10.4.2 Mode opératoire	62
10.4.3 Exigences	62
10.5 Essai d'isolement en milieu humide	63
10.5.1 Objet	63
10.5.2 Mode opératoire	63
10.5.3 Exigences	63
10.6 Essai de cycles thermiques	64
10.6.1 Objet	64
10.6.2 Echantillon d'essai	64
10.6.3 Mode opératoire	64
10.6.4 Exigences	65
10.7 Essai de chaleur humide	66
10.7.1 Objet	66
10.7.2 Echantillon d'essai	66
10.7.3 Mode opératoire	66
10.7.4 Exigences	67
10.8 Essai humidité-gel	67
10.8.1 Objet	67
10.8.2 Echantillon d'essai	67
10.8.3 Mode opératoire	67

10.8.4 Exigences.....	68
10.9 Essai de tenue à la grêle.....	68
10.9.1 Objet.....	68
10.9.2 Equipement.....	68
10.9.3 Mode opératoire.....	69
10.9.4 Exigences.....	69
10.10 Essai de pulvérisation d'eau.....	70
10.10.1 Objet.....	70
10.10.2 Mode opératoire.....	70
10.10.3 Exigences.....	70
10.11 Essai thermique de la diode by-pass/de blocage.....	70
10.11.1 Objet.....	70
10.11.2 Echantillon d'essai.....	71
10.11.3 Equipement.....	71
10.11.4 Mode opératoire.....	71
10.11.5 Exigences.....	71
10.12 Essai de robustesse des sorties.....	72
10.12.1 Objet.....	72
10.12.2 Types de sorties.....	72
10.12.3 Mode opératoire.....	72
10.12.4 Exigences.....	72
10.13 Essai de charge mécanique.....	73
10.13.1 Objet.....	73
10.13.2 Mode opératoire.....	73
10.13.3 Exigences.....	73
10.14 Essai de dommages du faisceau hors axe.....	74
10.14.1 Objet.....	74
10.14.2 Cas particulier.....	74
10.14.3 Mode opératoire.....	74
10.14.4 Exigences.....	74
10.15 Essai de conditionnement à l'ultraviolet.....	74
10.15.1 Objet.....	75
10.15.2 Mode opératoire.....	75
10.16 Essai d'exposition en site naturel.....	75
10.16.1 Objet.....	75
10.16.2 Mode opératoire.....	75
10.16.3 Exigences.....	76
10.17 Essai de tenue à l'échauffement localisé.....	76
Annexe A (informative) Résumé des conditions et des exigences d'essai.....	77
Bibliographie.....	80
Figure 1 – Schéma d'un système PV à concentration parabolique avec point de focalisation.....	50
Figure 2 – Schéma d'un système PV à concentration à réceptacle avec focalisation linéaire.....	51
Figure 3 – Schéma d'un système PV à concentration à optique de Fresnel avec point de focalisation.....	52

Figure 4 – Schéma d'un système PV à concentration à optique de Fresnel avec focalisation linéaire	53
Figure 5 – Schéma d'un CPV à héliostat	54
Figure 6 – Séquence d'essais de qualification pour modules CPV	55
Figure 7 – Séquence d'essais de qualification pour ensembles CPV	56
Figure 8 – Profil de température et de courant de l'essai de cycles thermiques (pas sur l'échelle)	66
Figure 9 – Profil des conditions de l'essai d'humidité-gel	68
Tableau 1 – Termes utilisés pour les CPV	46
Tableau 2 – Attribution des échantillons d'essai à des séquences d'essais types	49
Tableau 3 – Options de l'essai de cycles thermiques pour la Séquence A	65
Tableau 4 – Options de l'essai de cycles pré-thermiques pour la Séquence B	67
Tableau 5 – Options de l'essai d'humidité-gel pour la Séquence B	68

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MODULES ET ENSEMBLES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION –
QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION****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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62108 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/494/FDIS	82/504/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62108 ed 1.0:2007

MODULES ET ENSEMBLES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION – QUALIFICATION DE LA CONCEPTION ET HOMOLOGATION

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale spécifie les exigences minimales pour la qualification de la conception et l'homologation des modules et ensembles photovoltaïques à concentration (CPV: en anglais *concentrator photovoltaic*) pour une utilisation de longue durée dans les climats généraux d'air libre, comme défini dans la CEI 60721-2-1. La séquence d'essais est issue partiellement de celle spécifiée dans la CEI 61215 pour la qualification de la conception et l'homologation des modules PV au silicium cristallin pour application terrestre à plaque plane. Certaines modifications ont cependant été effectuées pour tenir compte des particularités des récepteurs et modules CPV, en particulier en ce qui concerne la séparation des essais sur site et en laboratoire, les effets de la répartition, de la densité de courant élevée et des variations rapides de température, qui ont entraîné la formulation de certaines procédures d'essai ou exigences nouvelles.

L'objet de la présente norme d'essai est de déterminer les caractéristiques électriques, mécaniques et thermiques des modules et ensembles CPV et de montrer, autant que possible avec des contraintes de coût et de temps raisonnables, que les modules et ensembles CPV sont aptes à supporter une exposition prolongée aux climats définis dans le domaine d'application. La durée de vie réelle des modules et ensembles CPV ainsi qualifiés dépendra de leur conception, production ainsi que de l'environnement et des conditions dans lesquelles ils fonctionneront.

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 60068-2-21:2006, *Essais d'environnement – Partie 2-21: Essais – Essai U: Robustesse des sorties et des dispositifs de montage incorporés (disponible uniquement en anglais)*

CEI 61215:2005, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

ISO/CEI 17025:2005, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

ANSI/UL 1703 ed. 3 March 15, 2002: *Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels*

3 Termes et définitions

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

3.1

à concentration

terme associé aux dispositifs photovoltaïques qui utilisent un ensoleillement intense

3.2

cellule à concentration

dispositif photovoltaïque de base qui est utilisé avec un éclairage d'ensoleillement intense

3.3

optique à concentration

dispositif optique qui réalise une ou plusieurs des fonctions suivantes à partir de son entrée jusqu'à sa sortie: augmentation de l'intensité lumineuse, filtrage du spectre, modification de la distribution de l'intensité lumineuse, ou changement de direction de la lumière. Il s'agit généralement d'une lentille ou d'un miroir. Une **optique primaire** reçoit un ensoleillement non

intense directement du soleil. Une **optique secondaire** reçoit un ensoleillement intense ou modifié provenant d'un autre dispositif, tel qu'une optique primaire ou une autre optique secondaire.

3.4

récepteur à concentration

groupe constitué d'une ou de plusieurs cellules à concentration et d'optiques secondaires (si présentes), qui reçoit un ensoleillement intense et comporte des dispositifs pour le transfert d'énergie thermique et électrique. Un récepteur peut être constitué de plusieurs **sous-récepteurs**. Le sous-récepteur est une partie physiquement autonome, plus petite, du récepteur en grandeur réelle.

3.5

module à concentration

groupe constitué de récepteurs, d'optiques et d'autres composants associés, tels que des dispositifs d'interconnexion et de montage, qui reçoit un ensoleillement non intense. Tous les composants ci-dessus sont généralement préfabriqués en une unité, et le point de focalisation n'est pas ajustable à tout le champ. Un module peut être constitué de plusieurs **sous-modules**. Le sous-module est une partie physiquement autonome, plus petite, du module en grandeur réelle

3.6

ensemble à concentration

groupe constitué de récepteurs, d'optiques et d'autres composants associés, tels que des dispositifs d'interconnexion et de montage, qui reçoit un ensoleillement non intense. Tous les composants ci-dessus sont généralement transportés séparément et nécessitent une installation groupée, et le point de focalisation est ajustable à tout le champ. Un ensemble peut être constitué de plusieurs **sous-ensembles**. Le sous-ensemble est une partie physiquement autonome, plus petite, de l'ensemble en grandeur réelle

3.7

échantillons représentatifs pour les CPV
voir les détails à l'Article 4

Les Figures 1 à 5 sont des schémas des cellules, récepteurs, modules et ensembles.

Tableau 1 – Termes utilisés pour les CPV

Optique primaire		Module CPV – préfabriqué et le point de focalisation n'est pas ajustable à tout le champ, semblable à la plupart des systèmes optiques de Fresnel. Ensemble CPV – nécessite une installation groupée et le point de focalisation est ajustable à tout le champ, semblable à la plupart des systèmes à réflecteurs.
Optique secondaire	CPV Récepteur	
Cellules CPV		
Dispositifs de transfert d'énergie électrique		
Dispositifs de transfert d'énergie thermique		
Interconnexions		
Montage		

4 Echantillonnage

Pour les systèmes ou modules CPV à point de focalisation non ajustable à tout le champ, 7 modules et 2 récepteurs sont nécessaires pour effectuer tous les essais spécifiés, plus un récepteur pour l'essai thermique de la diode by-pass/de blocage (intrusif ou non intrusif). Pour plus de détails, se référer à la Figure 6. Pour les systèmes ou ensembles CPV à point de focalisation ajustable à tout le champ, 9 récepteurs (y compris des sections de l'optique secondaire, si applicable) et 7 sections de l'optique primaire sont nécessaires pour effectuer tous les essais spécifiés, plus un récepteur pour l'essai thermique de la diode by-pass/de blocage (intrusif ou non intrusif). Pour plus de détails, se référer à la Figure 7.

Dans le cas où un module ou un ensemble en grandeur réelle est trop grand pour être inséré dans un équipement d'essai disponible, comme par exemple des enceintes climatiques, ou si un module ou un ensemble en grandeur réelle est trop coûteux (pour un système à concentration à réflecteurs de 20 kW, 9 échantillons de récepteurs prennent en compte des cellules PV de 180 kW), un échantillon représentatif plus petit peut être utilisé. Cependant, même si des échantillons représentatifs sont utilisés pour l'autre essai, il convient d'installer et de soumettre aux essais un module ou un ensemble en grandeur réelle pour une exposition en site naturel. Ceci peut être effectué soit dans le laboratoire d'essais, soit par des personnes présentes sur le site.

Il convient que les échantillons représentatifs comprennent tous les composants, à l'exception de certaines parties répétées. Si possible, il convient que les échantillons représentatifs utilisent des sous-récepteurs, des sous-modules ou des sous-ensembles. Au cours de la conception et de la fabrication des échantillons représentatifs, il convient de veiller à atteindre la similarité maximale avec le composant en grandeur réelle, concernant toutes les caractéristiques électriques, mécaniques et thermiques liées à la qualité et à la fiabilité.

En particulier, il convient que la chaîne de cellules dans les échantillons représentatifs soit suffisamment longue pour comprendre au moins deux diodes by-pass, mais en aucun cas moins de dix cellules. Il convient que les enrobages, les interconnexions, les sorties et les distances d'isolement autour de tous les bords soient les mêmes que sur les produits en grandeur réelle. Il convient que les autres composants représentatifs, y compris les joints de la lentille / du boîtier, les joints du récepteur / du boîtier et le fond de capot / la lentille, soient aussi inclus et soumis aux essais.

Il convient que les échantillons d'essai soient prélevés au hasard parmi un ou plusieurs lots de production. Si les échantillons à essayer sont des prototypes d'une nouvelle conception mais non issus d'une production, ou si des échantillons représentatifs sont utilisés, il convient que ceci soit mentionné dans le rapport d'essai (voir Article 8).

Il convient que les échantillons d'essai aient été fabriqués à partir de matériaux et de composants spécifiés, conformément aux schémas et aux procédures de fabrication correspondants et qu'ils aient été soumis au contrôle normal du fabricant et aux procédures du contrôle de la qualité et de l'acceptation de la production. Il convient qu'ils soient dans leur intégrité, jusqu'au moindre détail, et qu'ils soient accompagnés des manuels de manipulation, de montage, de raccordement et de fonctionnement fournis par le fabricant. Il convient que les échantillons ne soient pas soumis à d'autres procédures spéciales qui ne font pas partie de la production normalisée.

Si l'essai d'intrusion thermique de la diode by-pass doit être réalisé, un récepteur supplémentaire fabriqué spécialement est nécessaire avec des conducteurs électriques et des fils de détecteur thermique sortant de telle sorte que chaque diode individuelle soit accessible séparément.

5 Marquage

Il convient que chaque section de récepteur ou de module porte clairement et de manière indélébile les indications suivantes:

- nom, monogramme ou symbole du constructeur;
- type ou numéro du modèle;
- numéro de série;
- polarité des bornes de sortie ou des conducteurs (un code de couleur est autorisé);
- tension maximale de système pour laquelle le module ou l'ensemble est adéquat;
- valeur nominale de la puissance de sortie maximale et de sa tolérance à la condition spécifiée;
- il convient que la date, le lieu de fabrication et les matériaux de cellule soient marqués ou qu'ils soient déductibles à partir du numéro de série.

Si des échantillons représentatifs sont utilisés, il convient d'inclure pour tous les essais les mêmes marquages que sur les produits en grandeur réelle, et il convient que le marquage soit apte à résister à toutes les séquences d'essais.

6 Essais

Avant de commencer les essais, il convient que tous les échantillons d'essai, y compris le module de commande et le récepteur de commande, soient exposés à un éclairage solaire (naturel ou simulé) à l'exposition énergétique normale directe (DNI: en anglais *Direct Normal Irradiation*) de 5 à 5,5 kWh/m² au total, tout en étant en circuit ouvert. Cette procédure est conçue pour réduire les effets initiaux de dégradation des photons.

Dans la présente norme, le courant de court-circuit I_{sc} , la tension en circuit ouvert V_{oc} , la puissance de sortie maximale P_m , et les autres mesures, sont tous fondés sur une DNI de 900 W/m², une température de cellule de 25 °C, un spectre à une masse d'air de 1,5D (à l'étude) et une vitesse du vent de 3 m/s. Une définition formelle des conditions d'essai normalisées du concentrateur (CSTC: en anglais *Concentrator Standard Test Condition*) sera donnée par une future norme CEI relative aux CPV, qui est à l'étude.

Il convient que les échantillons d'essai soient répartis de manière aléatoire en groupes et soumis aux séquences d'essais de qualification de la Figure 6 ou de la Figure 7. Les procédures et les exigences d'essai sont détaillées à l'Article 10, et résumées en Annexe A. L'attribution des échantillons d'essai à des séquences d'essais types est donnée au Tableau 2.

Après les essais et examens initiaux, il convient qu'un module ou une section de récepteur / de miroir soit retiré(e) de la séquence d'essais en tant qu'unité de contrôle. Il est recommandé que l'unité de contrôle soit de préférence stockée dans l'obscurité à température ambiante, afin de réduire la dégradation des performances électriques, mais elle peut être maintenue à l'extérieur avec un dispositif de masquage sombre. Comme le montre la Figure 6 pour les modules ou la Figure 7 pour les ensembles, la séquence d'essais est réalisée à la fois en laboratoire et sur site. Si la distance entre ces deux emplacements est considérable ou si des sociétés de transport publiques sont impliquées, il convient que la mesure de la courbe (I-V) courant-tension d'obscurité avant et après le transport soit effectuée afin d'évaluer toutes les modifications éventuelles sur les échantillons d'essai.

Si un fabricant particulier produit seulement des composants spécifiques, tels que récepteurs, lentilles ou miroirs, les essais de qualification et l'homologation peuvent être soumis seulement aux séquences d'essais applicables et une certification partielle peut être prononcée indépendamment.

Si quelques procédures d'essai de la présente norme ne sont pas applicables à une configuration de conception spécifique, il convient que le fabricant le mentionne auprès de l'organisme de certification et l'organisme d'essai afin de développer un programme d'essais comparable, basé sur les principes décrits dans la présente norme. Tous les changements et déviations doivent être enregistrés et reportés en détail, conformément aux exigences du point j) de l'Article 8.

Tableau 2 – Attribution des échantillons d'essai à des séquences d'essais types

Séquence d'essai	Module		Ensemble	
	récepteur	module	récepteur	miroir
Contrôle		1	1	1
A	2		2	
B		2	2	2
C		2	2	2
D		1	1	1
E		1 (grandeur réelle)	1 (grandeur réelle)	1 (grandeur réelle)
F	1		1	
Total	3	7	10	7

7 Critères d'acceptation

Il convient qu'une conception de module ou d'ensemble photovoltaïque à concentration soit jugée comme satisfaisant aux essais de qualification et, par conséquent, comme étant un type approuvé par la CEI 62108, si chaque échantillon d'essai remplit tous les critères suivants:

- la dégradation relative de la puissance dans les Séquences A à D ne dépasse pas 13 % si la mesure I-V est effectuée sous éclairement solaire naturel en extérieur, ou 8 % si la mesure I-V est effectuée sous simulateur solaire;
- la dégradation relative de la puissance dans la Séquence E ne dépasse pas 7 % pour la mesure I-V sous éclairement solaire naturel, ou 5 % pour la mesure I-V avec le simulateur solaire, dans la mesure où l'essai d'exposition en site naturel de 1 000 kWh/m² DNI et l'essai UV de 50 kWh/m² ne sont pas des essais de contraintes accélérées;
- aucun échantillon n'a présenté de circuit ouvert pendant les essais;
- il n'y a pas de défaut visuel majeur évident, comme ceux définis en 10.1.2;
- les exigences d'essais d'isolement sont remplies au début et à la fin de chaque séquence;
- les exigences d'essais de courant de fuite en milieu humide sont remplies au début et à la fin de chaque séquence;
- les exigences spécifiques des essais individuels sont remplies.

Si certaines défaillances sont observées au cours de l'essai, il convient d'appliquer les jugements suivants et la procédure suivante en matière de nouveaux essais:

- si deux échantillons d'essai ou plus ne satisfont pas à ces critères d'acceptation, on doit considérer que la conception ne répond pas aux exigences de la qualification;
- si un seul échantillon est défectueux au cours d'un essai, deux autres échantillons remplissant les exigences de l'Article 4 pourraient être soumis à l'intégralité, depuis le début, de la séquence d'essais correspondante;
- dans le cas i), si les deux échantillons subissent avec succès la séquence d'essais, il convient de considérer que la conception répond aux exigences de la qualification;
- dans le cas i), si un ou les deux échantillons sont également défectueux, on doit considérer que la conception ne répond pas aux exigences de la qualification;
- dans le cas h) ou k), il convient d'effectuer à nouveau l'ensemble du programme d'essai illustré à la figure 6 ou à la Figure 7, généralement après une amélioration de la conception ou du traitement.

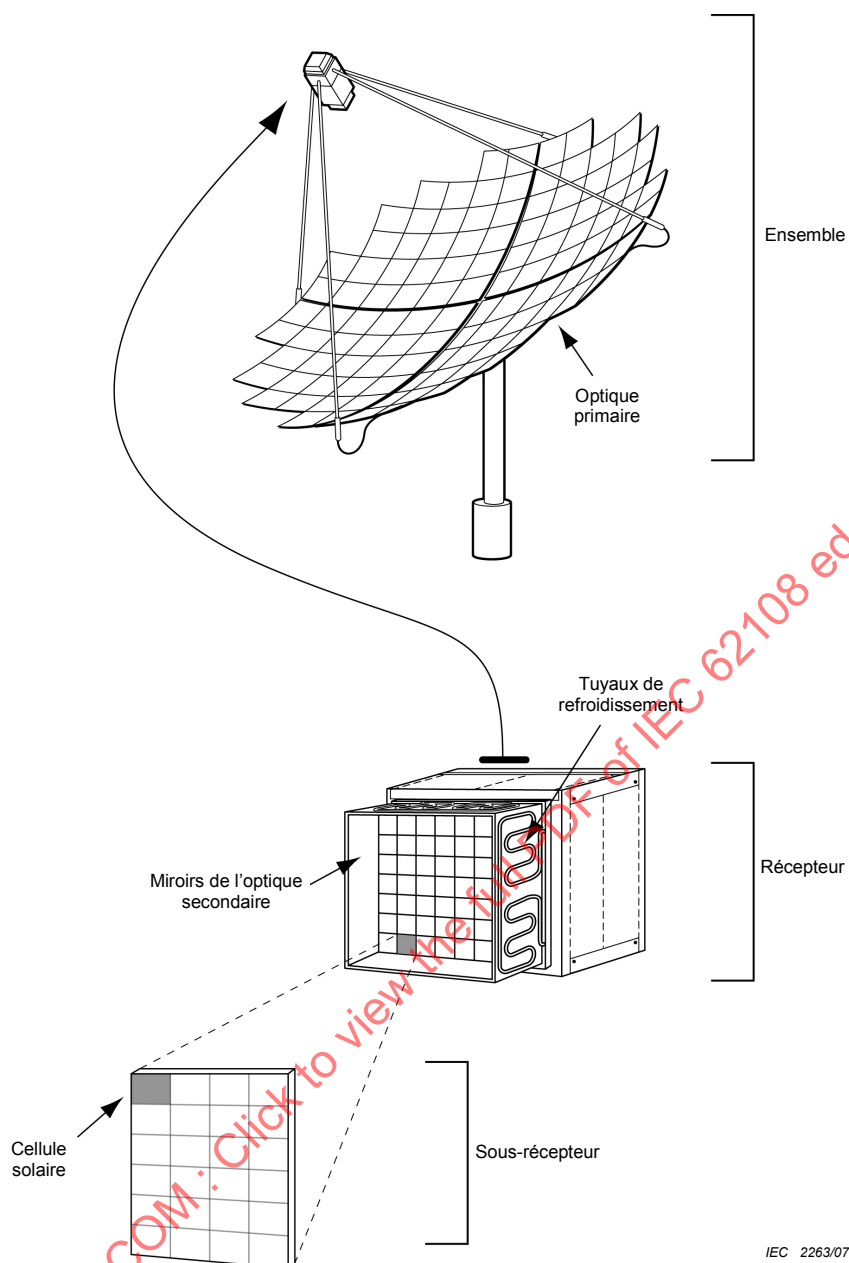


Figure 1 – Schéma d'un système PV à concentration parabolique avec point de focalisation

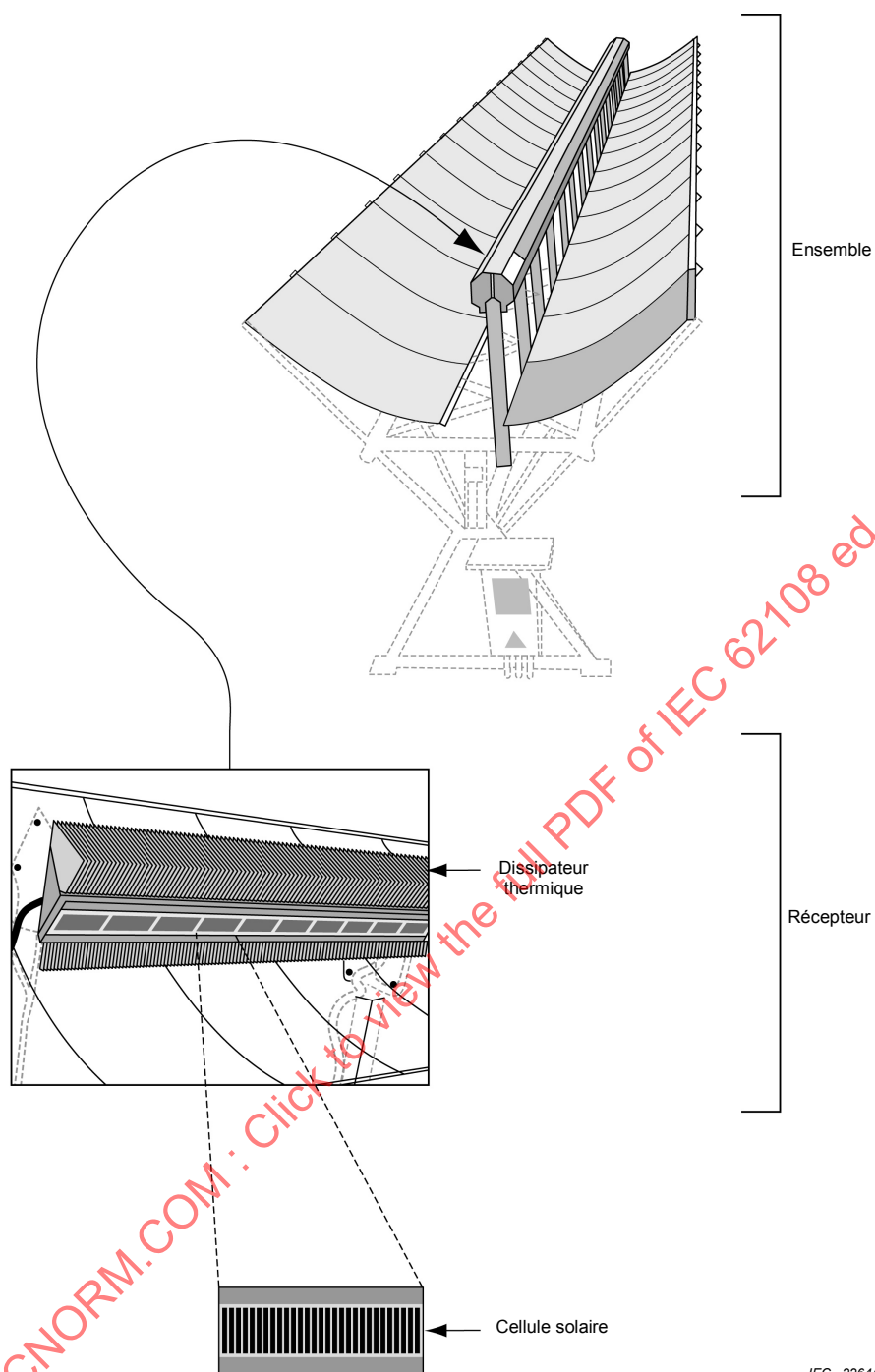


Figure 2 – Schéma d'un système PV à concentration à réceptacle avec focalisation linéaire

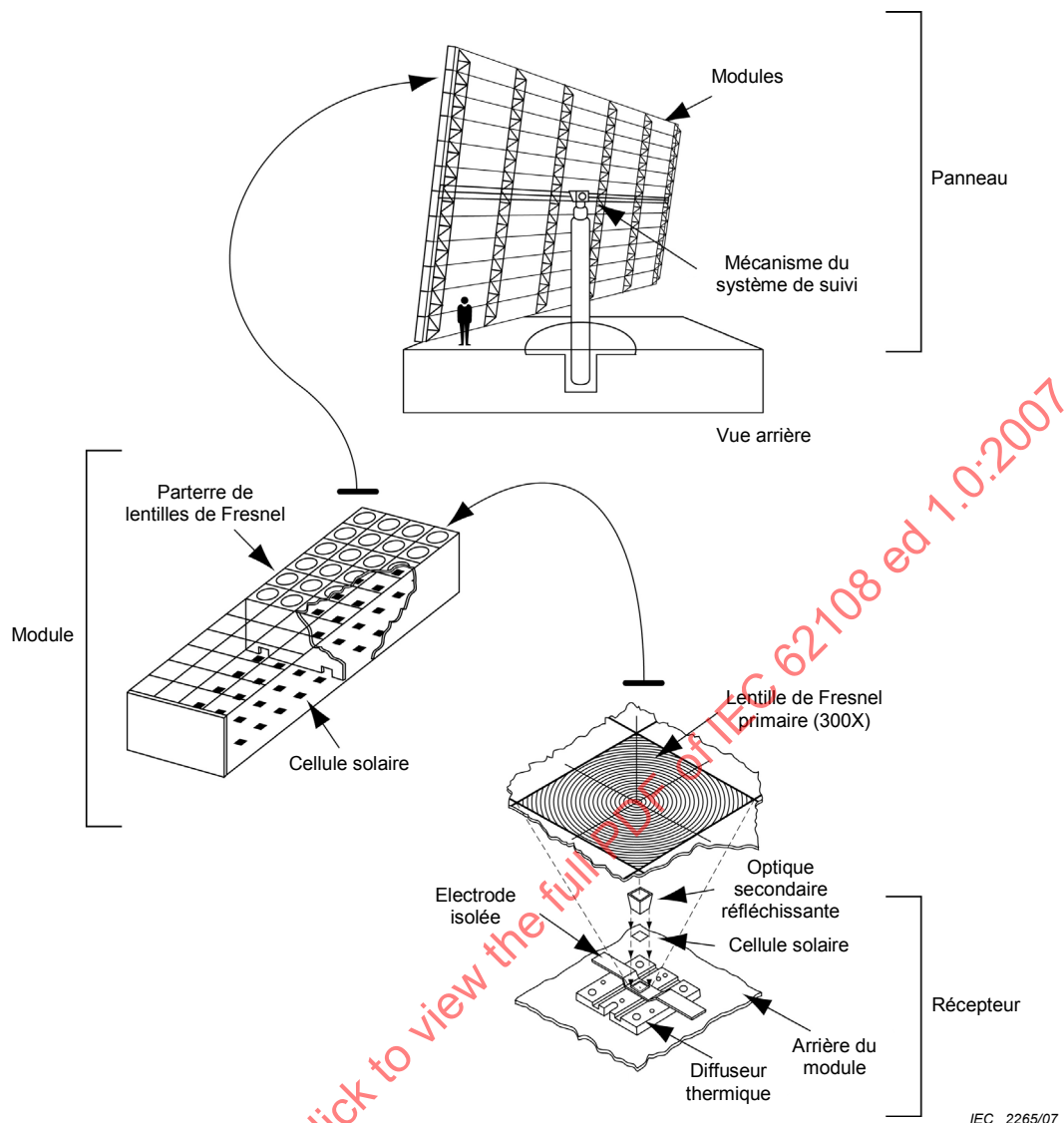


Figure 3 – Schéma d'un système PV à concentration à optique de Fresnel avec point de focalisation

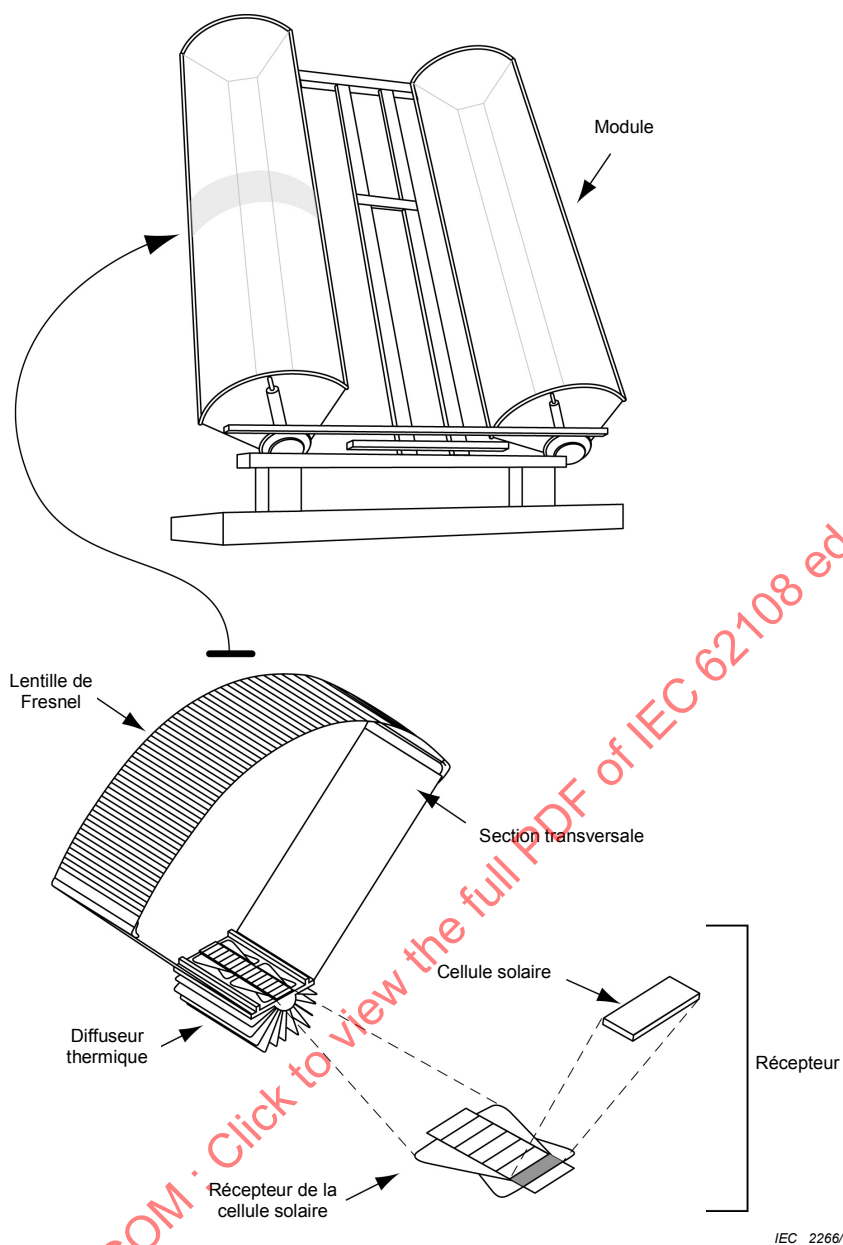


Figure 4 – Schéma d'un système PV à concentration à optique de Fresnel avec focalisation linéaire

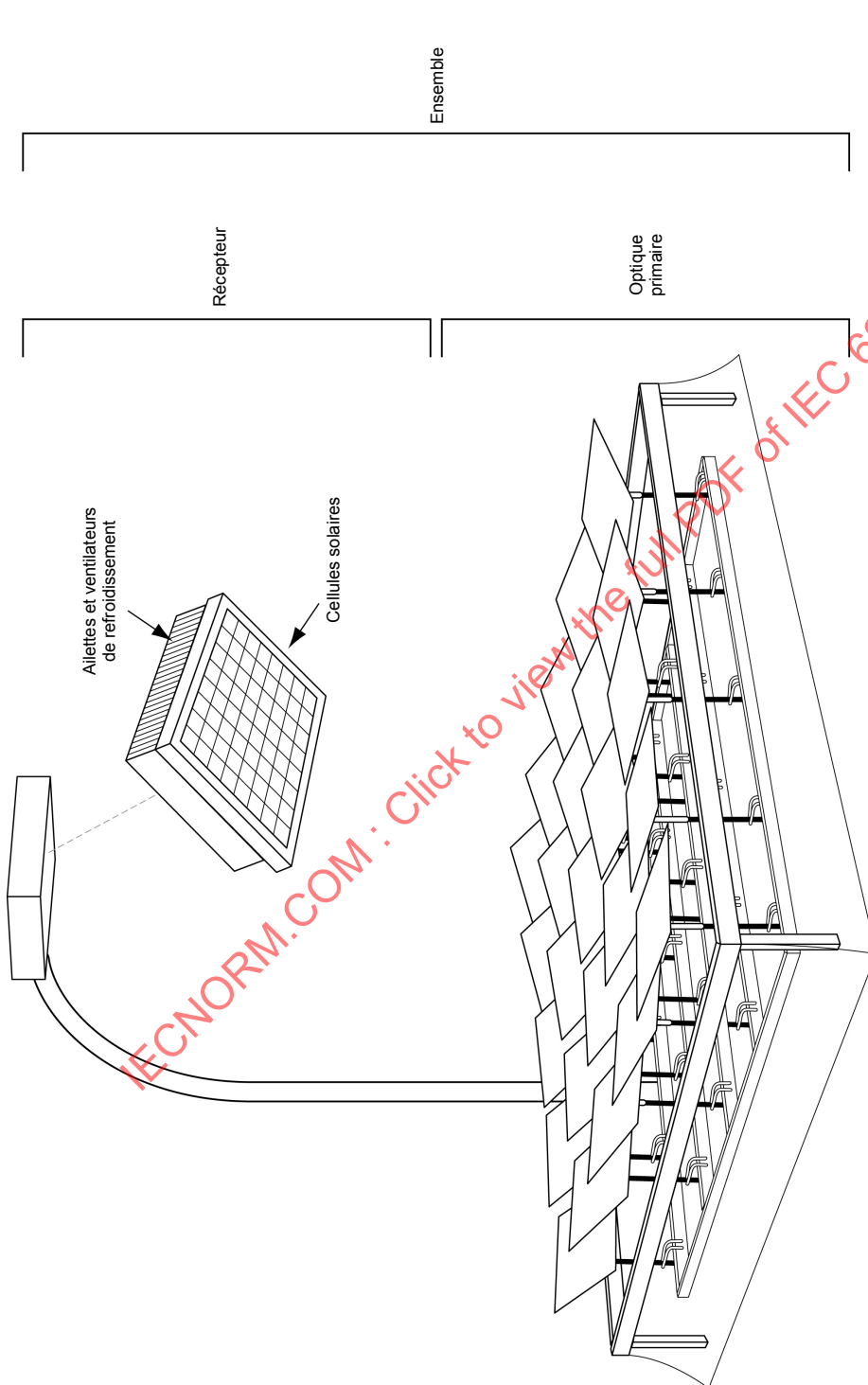


Figure 5 – Schéma d'un CPV à héliostat

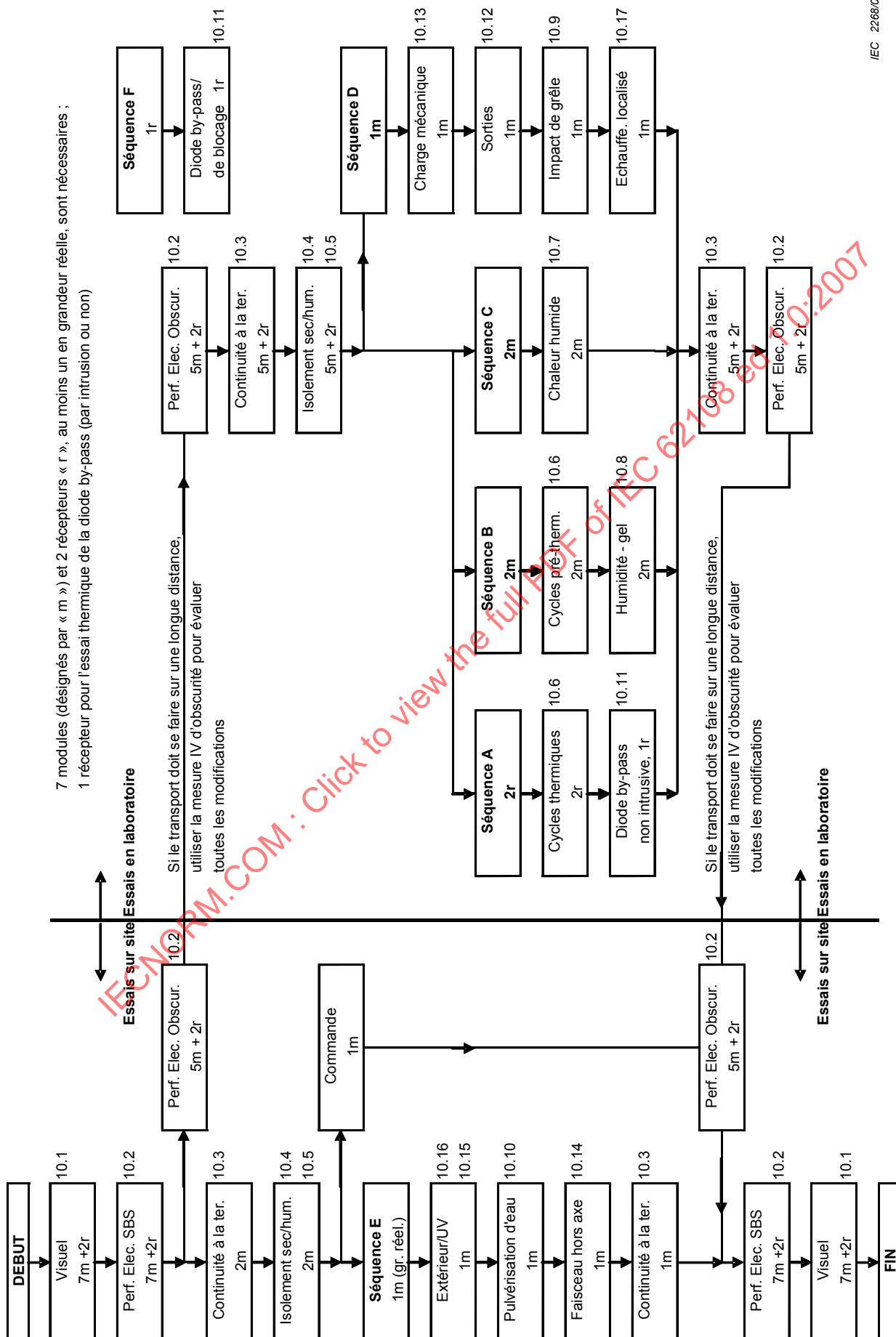


Figure 6 – Séquence d'essais de qualification pour modules CPV

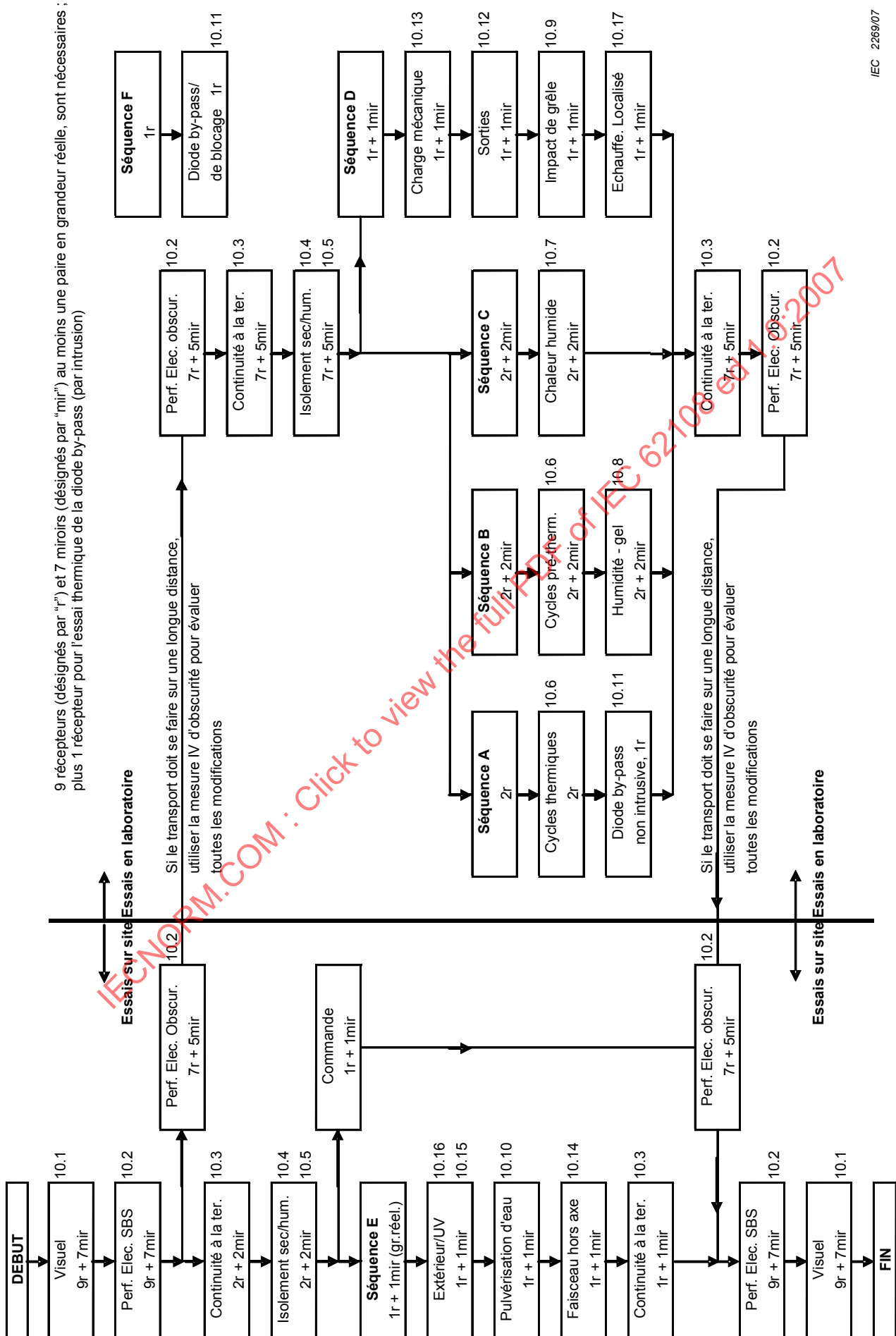


Figure 7 – Séquence d'essais de qualification pour ensembles CPV

8 Rapport d'essai

Pour l'homologation, il convient qu'un rapport certifié des essais de qualification, incluant les résultats de mesure des caractéristiques de performance ainsi que le détail de chaque défaut et essai de reprise, soit préparé par le laboratoire d'essais, conformément à l'ISO/CEI 17025. Il convient que chaque rapport d'essai contienne au moins les informations suivantes:

- a) un titre;
- b) le nom et l'adresse du laboratoire et le lieu où les essais ont été réalisés, s'il est différent de l'adresse du laboratoire (par exemple sur site);
- c) l'identification unique du rapport d'essai (comme par exemple le numéro de série) et, sur chaque page, une identification, afin de s'assurer que la page est reconnue comme faisant partie du rapport d'essai, et une identification claire de la fin du rapport d'essai;
- d) le nom et l'adresse du client, s'il y a lieu;
- e) la description et l'identification de l'unité soumise aux essais;
- f) la caractérisation et la condition de l'unité d'essai;
- g) la date de réception de l'unité d'essai et la ou les dates de l'essai, s'il y a lieu;
- h) l'identification de la méthode d'essai utilisée;
- i) une référence à la procédure d'échantillonnage, s'il y a lieu;
- j) tout écart par rapport à, tout complément à ou toute exclusion de la méthode d'essai, et toute autre information correspondant à un essai spécifique, telle que les conditions d'environnement;
- k) les mesures, les examens et les résultats dérivés appuyés par des tableaux, des graphiques, des croquis et des photographies selon le cas, y compris le courant de court-circuit, la tension en circuit ouvert et la puissance de sortie maximale, la perte de puissance maximale observée après l'ensemble des essais, et toutes les défaillances observées;
- l) une indication de l'incertitude estimée des résultats d'essai, s'il y a lieu;
- m) une signature et un titre, ou une identification équivalente de la ou des personnes acceptant d'être responsables du contenu du rapport, et la date d'édition;
- n) s'il y a lieu, une indication doit être fournie selon laquelle les résultats ne se rapportent qu'aux unités soumises aux essais;
- o) une indication selon laquelle, pour maintenir la qualification et l'homologation, les fabricants doivent se référer à l'organisme de certification et à l'organisme d'essai et discuter avec ces derniers de toutes les modifications qu'ils ont apportées;
- p) une spécification indiquant que le rapport ne doit pas être reproduit sauf dans sa totalité, sans l'approbation écrite du laboratoire.

Il convient que le fabricant conserve une copie de ce rapport à titre de référence.

9 Modifications

Tout changement dans la conception, les matériaux, les composants ou la fabrication des modules et des ensembles peut nécessiter la répétition d'une partie ou de tous les essais de qualification, afin de conserver l'homologation. Les fabricants doivent se référer à l'organisme de certification et à l'organisme d'essai et discuter avec ces derniers de toutes les modifications qu'ils ont apportées.

10 Procédures d'essai

10.1 Examen visuel

Cette procédure fournit les exigences pour obtenir des examens visuels de base, intermédiaires et finaux, afin d'identifier et de déterminer toutes les modifications ou tous les défauts physiques dans la construction du module ou de l'ensemble, au début et après chaque essai requis.

Il convient que tout matériel présentant des dommages initiaux qui ne sont pas dus au processus de fabrication soit rejeté si ces dommages peuvent s'aggraver et entraîner une défaillance au cours des essais d'environnement ultérieurs. Un nouveau module ou un nouvel ensemble peut alors être substitué avant le début de la séquence d'essais.

10.1.1 Mode opératoire

Il convient que tous les échantillons d'essai soient examinés entièrement et photographiés si nécessaire. Il convient que tous les défauts et les anomalies (y compris les défauts initiaux liés à la qualité des joints à souder, tels qu'une soudure inadaptée ou excessive, des billes de soudure, des interconnexions cintrées ou un désalignement des pièces) soient documentés avec des croquis ou des photographies appropriés pour montrer l'emplacement des défauts. Il convient que les composants tels que la lentille, le miroir, les éléments de l'optique secondaire, les diffuseurs thermiques et les enrobages soient aussi examinés pour contrôler la présence éventuelle de défauts. Contrôler en particulier les éléments suivants:

- a) les bulles, la délamination ou tout type de défaut similaire sur la cellule et autour de ses bords;
- b) les dommages survenant au cours du transport et de la manipulation, tels que fêlure des lentilles, fêlure ou courbure des boîtiers, et courbure des bornes ou des équerres de montage;
- c) l'intégrité du joint d'étanchéité autour de la lentille et des joints de boîtier. Il convient d'indiquer tous les trous ou fissures dans les matériaux d'étanchéité;
- d) tous les orifices d'aération ou les prises d'air ne doivent pas être bouchés;
- e) les dispositions relatives à la mise à la terre de toutes les parties conductrices accessibles;
- f) les surfaces externes cassées, fêlées, vrillées, désalignées ou déchirées;
- g) les interconnexions ou jonctions défectueuses;
- h) la corrosion visible des connexions de sortie, des interconnexions et des barres omnibus;
- i) les défauts de collage;
- j) les surfaces collantes au toucher des matériaux plastiques;
- k) les connexions défectueuses ou les parties électriques actives exposées;
- l) toute autre condition qui peut affecter la fiabilité ou les performances.

10.1.2 Défauts visuels majeurs

Pour la qualification de la conception et l'homologation, chacun des défauts suivants est considéré comme un défaut visuel majeur:

- a) surfaces externes cassées, fêlées, pliées, désalignées ou déchirées, y compris la lentille, le miroir, la carcasse du récepteur, le châssis et la boîte de jonction;
- b) cellules cassées ou fêlées;
- c) bulles ou délamination formant un chemin continu entre toute partie du circuit électrique et le bord du récepteur;
- d) corrosion visible de l'un des circuits actifs de l'échantillon;
- e) défaillances du matériau adhésif ou du matériau d'étanchéité;
- f) perte de l'intégrité mécanique, entraînant une détérioration de l'installation et/ou du fonctionnement des modules ou ensembles.

10.1.3 Exigences

Aucun défaut visuel majeur.

10.2 Mesure des performances électriques

10.2.1 Objet

Le but de l'essai des performances électriques est d'identifier la dégradation des performances électriques des échantillons d'essai provoquée par les essais requis. L'objet de cet essai est la dégradation de la puissance, et non la sortie de puissance absolue, qui sera traitée par une norme séparée sur les caractéristiques assignées de puissance et d'énergie.

La répétabilité de la mesure est le facteur le plus important pour cet essai.

10.2.2 Mesure I-V de l'ensemble en site naturel

La mesure I-V de l'ensemble identifie la dégradation de puissance d'un échantillon d'essai en comparant sa puissance relative d'essai de post-contrainte à sa puissance relative d'essai de précontrainte. La puissance relative est définie comme la puissance maximale de l'échantillon en essai, divisée par la puissance maximale de l'échantillon de contrôle, mesurée dans des conditions d'essai similaires. Cette méthode est fondée sur l'hypothèse selon laquelle les modifications des performances électriques de l'échantillon de contrôle sont négligeables pendant l'ensemble de la période d'essais de qualification. En utilisant cette méthode, les variables des conditions d'essai sont autocorrectrices, et les procédures de translation complexes sont éliminées.

La mesure I-V de l'ensemble est nécessaire pour chaque échantillon d'essai au début et à la fin des mesures I-V. Elle est facultative pour toutes les mesures I-V intermédiaires.

En appliquant cette méthode aux récepteurs, il convient que le récepteur de contrôle et le récepteur en essai soient installés avec un système optique et mécanique adéquat, de telle sorte que pendant l'essai, la concentration de lumière et les conditions thermiques de ces deux récepteurs soient semblables aux conditions de fonctionnement réelles.

10.2.2.1 Mode opératoire

Mesurer la puissance relative d'un échantillon d'essai, conformément aux procédures suivantes:

- a) Effectuer l'essai lors d'une journée favorable et pendant une période qui satisfait aux conditions suivantes:
 - ciel clair, la DNI est supérieure à 700 W/m^2 et sa variation est inférieure à 2 % dans chaque intervalle de 5 min;
 - pour les systèmes avec un demi-angle d'admission supérieur à $2,5^\circ$, pas de nuages visibles ni de ciel voilé dans un angle d'observation de 45° autour du soleil;
 - la vitesse du vent est inférieure à 6 m/s, et pas de rafale supérieure à 10 m/s en 10 min avant toute mesure.

NOTE Il faut porter une attention particulière à la rigidité du système de suivi et il faut s'assurer qu'il est stable lorsqu'il y a du vent.

- b) Monter l'échantillon d'essai et l'échantillon de contrôle côte à côte, sur un système de suivi à deux axes. L'alignement des échantillons à l'éclairement solaire pourrait être réalisé par l'une des deux séquences suivantes:
 - ajuster les échantillons d'essai et de contrôle de façon plane, puis les aligner ensemble par rapport à la direction du faisceau solaire;
 - aligner séparément les échantillons d'essai et de contrôle par rapport au faisceau solaire avant chaque mesure I-V.

NOTE L'échantillon d'essai et l'échantillon de contrôle peuvent également être soumis aux essais sur deux systèmes de suivi à deux axes adjacents, ou deux récepteurs peuvent être soumis aux essais l'un après l'autre sur un système de suivi et un système optique, si toutes les conditions du point a) sont satisfaites.

- c) Il convient que l'alignement satisfasse aux spécifications du fabricant. Si les spécifications ne sont pas disponibles, utiliser la valeur maximale de I_{sc} du module comme indicateur de l'alignement. Il convient que le désalignement n'entraîne pas une diminution de la valeur de I_{sc} de plus de 2 % de sa valeur maximale.
- d) Contrôler la température de l'échantillon, afin de s'assurer que les variations de température de l'échantillon sont inférieures à 2°C dans chaque période de 1 min.
- e) Si un fluide de refroidissement est utilisé, contrôler le débit du fluide de refroidissement et les températures en entrée et en sortie. Il convient que le débit du fluide de refroidissement ne varie pas de plus de 2 %, et il convient que la température ne varie pas de plus de 1°C , dans chaque période de 5 min.
- f) Prendre les mesures I-V sur les deux échantillons pour obtenir leur puissance maximale. Il convient que cette procédure soit effectuée rapidement, de sorte que les variations de

puissance provoquées par l'éclairement solaire, les variations de température ambiante et de vitesse du vent, soient inférieures à 2 % au cours de cette étape.

- g) Calculer la puissance relative de l'échantillon Pr :

$$Pr = \frac{P_m}{P_{mc}} \times 100 \%,$$

où:

Pr est la puissance relative de l'échantillon, en %;

P_m est la puissance maximale de l'échantillon d'essai, en W;

P_{mc} est la puissance maximale de l'échantillon de contrôle, mesurée dans les mêmes conditions que P_m , en W.

10.2.2.2 Exigences

- a) Il convient de mesurer la puissance maximale de l'échantillon (P_m), I_{sc} , et V_{oc} précisément et à plusieurs reprises;
- b) La dégradation de puissance relative, Prd , est définie comme suit:

$$Prd = \frac{Pr_i - Pr_f}{Pr_i} \times 100 \%$$

où:

Pr_f est la puissance relative mesurée après l'essai donné;

Pr_i est la puissance relative mesurée avant l'essai donné.

Pour les mesures en extérieur, il convient que Prd soit inférieure à 13 %, et pour les mesures avec le simulateur en intérieur, il convient que Prd soit inférieure à 8 %. La différence de 5 % tient compte de l'incertitude plus importante liée aux mesures en extérieur.

10.2.3 Mesure I-V sous simulateur solaire

La mesure I-V du CPV pourrait aussi être réalisée sous simulateur solaire en intérieur. Il convient que le laboratoire d'essais crée sa propre procédure d'essais, à condition que les mêmes conditions soient obtenues.

10.2.4 Mesure I-V d'obscurité

La mesure I-V d'obscurité compare les résistances en série de l'échantillon mesurées avant et après les essais. Elle est effectuée avant et après le transport de l'échantillon d'essai, afin d'évaluer toutes les modifications éventuelles.

La mesure I-V d'obscurité est également une méthode rentable pour contrôler et diagnostiquer la dégradation de la puissance des modules ou ensembles d'essai à la suite d'essais de contraintes intermédiaires, ou pour contrôler la stabilité des performances électriques des échantillons de contrôle.

10.2.4.1 Mode opératoire

Si la mesure I-V d'obscurité est utilisée à des fins de diagnostic, il convient qu'elle soit effectuée au cours des mesures initiales, afin d'établir une référence pour les mesures I-V ultérieures d'obscurité, en plus de la mesure I-V de base de l'ensemble, qui sert de référence pour les mesures I-V ultérieures de l'ensemble. La méthode s'applique à la fois aux récepteurs et aux modules.

- a) Choisir une source de puissance adaptée, qui pourrait être un condensateur à alimentation continue conventionnel ou un condensateur chargé, en fonction de ce qui est le plus pratique, à condition qu'elle génère un courant jusqu'à 1,6 fois le courant assigné I_{sc} . Il convient que le courant soit ajustable, de telle sorte qu'il y ait au moins 10 points séparés dans la plage de 0,9 à 1,6 fois la valeur assignée de I_{sc} , et il convient que l'espacement entre les points soit quasiment égal.
- b) Court-circuiter la diode de blocage en plaçant un câble de liaison entre les conducteurs de la diode de blocage, s'il y en a une.

- c) Relier le conducteur positif de la source de puissance au conducteur positif de l'échantillon, et le conducteur négatif au conducteur négatif.
- d) Bloquer la source lumineuse sur les cellules, par exemple tourner les échantillons à l'envers, de sorte que la tension mesurée en circuit ouvert de l'échantillon soit inférieure à 5 % de sa valeur assignée de V_{oc} .
- e) Appliquer au moins 10 courants différents au module et enregistrer chaque ensemble de courant, de tension et de température de cellule.

NOTE Effectuer cette procédure aussi rapidement que possible, afin d'éviter un échauffement significatif des cellules au cours de l'essai. Si le décalage de température est trop rapide pour donner une lecture reproductible, permettre au courant de circuler tandis que le module chauffe pour atteindre sa température d'équilibre, puis enregistrer les valeurs en régime permanent.

- f) Tracer les données de courant et de tension sur un graphique avec la tension sur l'axe vertical et le courant sur l'axe horizontal, et effectuer une régression linéaire dans la zone de la partie linéaire de la courbe (elle se situe généralement à l'extrémité la plus élevée du courant):

$$V = R \times I + V_0$$

où

R est la résistance en série du module,

V_0 est la constante de la régression linéaire.

10.2.4.2 Exigences

L'essai I-V d'obscurité n'est pas destiné à être utilisé comme critère d'acceptation / de refus pour l'essai de qualification, mais comme une méthode rentable pour identifier les dégradations de l'échantillon après chaque essai.

Il convient d'effectuer une mesure I-V de l'ensemble pour la décision d'acceptation / de refus.

10.3 Essai de continuité de mise à la terre

Dans certains pays ou certaines régions, la mise à la terre du système n'est pas requise. Si l'installation du produit n'est restreinte qu'à ces zones, cet essai peut être omis.

10.3.1 Objet

Le but de l'essai de continuité de mise à la terre est de vérifier la continuité électrique adéquate entre toutes les parties conductrices exposées et le point de mise à la terre dans des conditions de courant élevé.

10.3.2 Mode opératoire

- a) Il convient d'utiliser un dispositif de mesure de la continuité électrique (ohmmètre) pour soumettre aux essais la continuité électrique entre toute partie de l'échantillon d'essai et son point de mise à la terre.
- b) Afin de réduire les dangers pour le personnel d'essai, il convient d'utiliser pour cet essai une alimentation limitée en courant et en tension qui ne peut pas produire plus de 10 V en courant continu entre ses bornes de sortie.
- c) Il convient que la résistance entre le point de mise à la terre et toute partie conductrice accessible soit mesurée avec un courant traversant ces deux points. Si le fabricant du module n'a pas fourni de points de contact pour cet essai sur les modules, il convient qu'une petite zone du module soit exempte de toute anodisation ou revêtement pour établir un bon contact.
- d) Appliquer un courant de deux fois I_{sc} entre la borne de terre et un point, et mesurer la tension à $\pm 1,3$ cm de chaque point d'injection de courant.
- e) Enregistrer le courant et la tension jusqu'à ce que les valeurs soient stables.
- f) Si plus d'un essai est nécessaire pour évaluer tous les chemins conducteurs, laisser suffisamment de temps de refroidissement entre les essais si la température de l'échantillon a augmenté de façon significative.
- g) A la fin de cet essai, il convient que l'échantillon d'essai soit soumis à un essai d'isolement selon 10.4.

10.3.3 Exigences

- a) Il convient que la résistance soit inférieure à 0,1 Ω .
- b) Il convient que les dommages ne se produisent pas au niveau des joints entre les différentes parties conductrices exposées.

10.4 Essai d'isolation électrique

10.4.1 Objet

Le but de l'essai d'isolation électrique (également appelé essai d'isolation en milieu sec) est de déterminer si le système à concentration est suffisamment bien isolé ou non entre toutes les parties actives du circuit de production d'énergie et le châssis ou l'environnement extérieur.

10.4.2 Mode opératoire

- a) Obtenir un appareil de mesure d'isolement ayant les fonctions suivantes pour:
 - fournir un courant continu se limitant à 10 mA;
 - appliquer une tension continue de 1 000 V plus deux fois la tension maximale du système de l'échantillon d'essai;
 - mesurer le courant en μA .Ces fonctions pourraient être combinées en un seul élément ou avec quelques éléments séparés.
- b) Il convient de réaliser l'essai sur les échantillons à une température ambiante de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une humidité relative ne dépassant pas 75 %.
- c) Il convient que le fluide de refroidissement des conceptions utilisant un fluide de refroidissement soit présent au cours de l'essai, mais la circulation du fluide de refroidissement n'est pas nécessaire.
- d) Il convient que les faces des cellules de l'échantillon soient assombries et que l'échantillon ne soit pas relié à toute source électrique active.
- e) Relier les bornes de sortie positive et négative court-circuitées de l'échantillon à la borne positive du dispositif de mesure.
- f) Relier les parties métalliques exposées de l'échantillon à la borne négative du dispositif de mesure. Si l'échantillon n'a pas de châssis conducteur ou si le châssis est un mauvais conducteur électrique, envelopper l'échantillon d'une plaque ou d'une feuille métallique, puis relier la plaque ou la feuille à la borne négative du dispositif de mesure.
- g) Augmenter la tension appliquée par le dispositif de mesure à un rythme ne dépassant pas 500 V/s à 1 000 V plus deux fois la tension maximale du système (c'est-à-dire la tension maximale du système assignée par le fabricant). Dans le cas où la tension maximale du système n'excède pas 50 V, il convient que la tension appliquée soit de 500 V.
- h) Maintenir la tension à ce niveau, et attendre 2 min après l'obtention d'un courant de fuite stable.
- i) Observer tout signe de claquage diélectrique ou de cheminement superficiel [les étapes g) à i) sont également appelées essai diélectrique en milieu sec].
- j) Réduire la tension à 500 V, et la maintenir pendant 2 min après l'obtention d'un courant de fuite stable.
- k) Enregistrer la tension et le courant appliqués.
- l) Calculer la résistance d'isolement basée sur les données enregistrées.
- m) Réduire la tension appliquée à zéro, et court-circuiter les bornes du dispositif de mesure afin de décharger les charges électriques produites dans l'échantillon.
- n) Déconnecter le dispositif de mesure de l'échantillon.

10.4.3 Exigences

- a) Pas de claquage diélectrique, de cheminement superficiel ni de formation de bulles.
- b) Pour les échantillons avec une surface globale d'ouverture du récepteur inférieure ou égale à 0,1 m^2 , il convient que la résistance d'isolement mesurée ne soit pas inférieure à 50 M Ω .

- c) Pour les échantillons avec une surface globale d'ouverture du récepteur supérieure à $0,1 \text{ m}^2$, il convient que la résistance d'isolement mesurée fois la surface de cellule ne soit pas inférieure à $5 \text{ M}\Omega\text{m}^2$.
- d) En plus des exigences précédentes, il convient que les récepteurs, les modules ou les ensembles aient toujours une résistance d'isolement totale supérieure à $1 \text{ M}\Omega$, ou supérieure à $10 \text{ M}\Omega$ s'ils sont à double isolation.

10.5 Essai d'isolement en milieu humide

10.5.1 Objet

Le but de l'essai d'isolement en milieu humide est d'évaluer l'isolement du système à concentration dans des conditions de fonctionnement en milieu humide et de vérifier que l'humidité provenant de la pluie, du brouillard, de la rosée ou de la neige fondue n'entre pas dans les parties actives des circuits de l'échantillon, où cela pourrait causer de la corrosion, un défaut de masse ou un risque pour la sécurité.

10.5.2 Mode opératoire

- a) Obtenir un appareil de mesure d'isolement tel que décrit en 10.4.2 a).
- b) Préparer une solution d'agent liquide non corrosif (surfactant) dans une cuve d'essai suffisamment grande pour maintenir les échantillons d'essai. Il convient que la résistivité de la solution d'essai soit de $3 \text{ } 500 \text{ }\Omega \text{ cm}$ ou moins, lorsqu'elle est mesurée à une température de $22 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$.
- c) Il convient que le fluide de refroidissement des conceptions utilisant un fluide de refroidissement soit présent au cours de l'essai, mais la circulation du fluide de refroidissement n'est pas nécessaire.
- d) Il convient que les faces des cellules de l'échantillon soient assombries et que l'échantillon ne soit pas relié à toute source électrique active.
- e) Relier les bornes de sortie positive et négative court-circuitées de l'échantillon à la borne positive du dispositif de mesure.
- f) Effectuer une bonne connexion entre la borne négative du dispositif de mesure et la solution liquide.
- g) Immerger l'échantillon dans la solution, ou pulvériser la solution sur l'échantillon pendant au moins 5 min. Les boîtes à bornes, les conducteurs des fibres amorce, les sorties non isolées ou les autres connecteurs qui ne sont pas adaptés à une immersion pourraient être maintenus au-dessus du niveau de la solution, mais être bien humidifiés en pulvérisant la solution sur ces zones depuis toutes les directions possibles où la pluie ou la neige fondue pourraient entrer.
- h) Augmenter la tension appliquée par le dispositif de mesure à un rythme ne dépassant pas 500 V/s à 500 V .
- i) Maintenir la tension à ce niveau et attendre 2 min après l'obtention d'un courant de fuite stable, puis observer tout signe de claquage diélectrique, de cheminement superficiel, ou de formation de bulles.
- j) Enregistrer la tension et le courant appliqués.
- k) Calculer la résistance d'isolement basée sur les données enregistrées.
- l) Réduire la tension appliquée à zéro, et court-circuiter les bornes de l'équipement d'essai afin de décharger les charges électriques produites dans l'échantillon d'essai.
- m) Déconnecter l'équipement d'essai de l'échantillon.

10.5.3 Exigences

- a) Pas de claquage diélectrique ni de cheminement superficiel.
- b) Pour les échantillons avec une surface globale d'ouverture du récepteur inférieure ou égale à $0,1 \text{ m}^2$, il convient que la résistance d'isolement mesurée ne soit pas inférieure à $50 \text{ M}\Omega$.
- c) Pour les échantillons avec une surface globale d'ouverture du récepteur supérieure à $0,1 \text{ m}^2$, il convient que la résistance d'isolement mesurée fois la surface de cellule ne soit pas inférieure à $5 \text{ M}\Omega\text{m}^2$.

- d) En plus des exigences précédentes, il convient que les récepteurs, les modules ou les ensembles aient toujours une résistance d'isolement totale supérieure à 1 MΩ, ou supérieure à 10 MΩ s'ils sont à double isolation.

10.6 Essai de cycles thermiques

10.6.1 Objet

Le but de l'essai de cycles thermiques est de déterminer l'aptitude des récepteurs à supporter des contraintes de déséquilibre thermique, de fatigue ou autres, causées par des variations rapides, non uniformes ou répétées de température.

10.6.2 Echantillon d'essai

Deux échantillons de récepteurs sont nécessaires pour l'essai de cycles thermiques de la Séquence A, qui représente une partie complète du cycle thermique. Si un échantillon en grandeur réelle est trop grand pour être inséré dans l'enceinte climatique, ou si son utilisation est trop coûteuse, un échantillon représentatif plus petit peut être spécialement conçu et fabriqué pour cet essai. Il convient que l'échantillon représentatif soit conçu soigneusement, de façon à ce qu'il puisse révéler des mécanismes de défaillance semblables à ceux de l'échantillon en grandeur réelle, et il convient que le processus de fabrication de l'échantillon représentatif soit aussi identique que possible à celui de l'échantillon en grandeur réelle.

NOTE Les mécanismes de défaillance éventuels pour l'essai de cycles de températures pourraient inclure la résistance mécanique faible des cellules, la mauvaise qualité des matériaux de raccordement et de brasage (relâchement, flux incorrect, tension), la conception d'interconnexion incorrecte (par exemple, différences trop importantes des coefficients d'expansion thermique parmi les couches collées et pas suffisamment de couches de séparation entre), adhésifs inadaptés et main-d'œuvre insuffisante.

Lors de la conception ou de la fabrication des échantillons représentatifs, il convient de prêter une attention particulière, de façon non limitative, aux aspects suivants:

- Les parties ou sections répétées (sous-récepteurs) utilisées par l'échantillon en grandeur réelle peuvent être réduites mais, si possible, essayer d'utiliser au moins deux de ces parties ou sections dans leur totalité.
- Il convient que toutes les parties ou sections non répétées, telles que les connexions d'extrémité et les coins de la chaîne de cellules, les joints électriques et mécaniques, les capteurs et les diodes by-pass/de blocage, soient incluses dans les échantillons représentatifs.

10.6.3 Mode opératoire

Trois options sont données au Tableau 3 pour s'adapter aux différents matériaux utilisés. Il convient d'effectuer l'essai de cycles thermiques dans l'air sans ajout d'humidité. Cela pourrait être réalisé dans un système à chambre unique ou dans un système à chambre double. Un temps de palier d'au moins 10 min à ± 3 °C des haute et basse températures est nécessaire. Il convient que la fréquence des cycles soit de 10 à 18 par jour.

Pour appliquer un courant au cours du cycle thermique, une des options suivantes pourraient être adoptées pour:

- a) Utiliser une alimentation en courant continu externe pour fournir un courant désiré dans le sens négatif (le sens positif est le sens du courant normal fourni de l'échantillon) pendant que l'échantillon est dans l'obscurité (il convient que si des diodes de blocage sont présentes, elles soient shuntées).
- b) Fournir une pleine intensité d'éclairement pour que l'échantillon puisse générer le courant désiré dans le sens positif.
- c) Fournir une intensité partielle d'éclairement en combinaison avec une alimentation en courant continu externe pour fournir le courant désiré dans le sens positif (il convient que si des diodes de blocage sont présentes, elles soient ouvertes).

NOTE 1 Lorsque l'échantillon a des branches en parallèle, s'assurer que le courant requis est fourni à chaque branche individuelle. Cela nécessitera parfois la séparation des branches parallèles, et l'utilisation d'alimentations séparées pour chaque branche.

NOTE 2 Dans l'état actuel des connaissances au moment de la rédaction de la présente norme, quelques cellules III-V à large étendue peuvent ne pas être en mesure de résister à l'option a) ou c), et certains aménagements d'essais peuvent se traduire par une limitation de l'équipement pour passer avec l'option b). Dans ces cas, la Séquence A de l'essai de cycle thermique pourrait être conduite sans appliquer le courant, mais il convient que le fabricant prépare trois échantillons de récepteurs supplémentaires avec les cellules similaires mais « mortes ».

c'est-à-dire des cellules III-V inactives électriquement. Il convient qu'un minimum de $1,25 \times I_{sc}$ soit fourni soit dans le sens positif ou négatif. Il convient de contrôler le courant pour maintenir un delta de température entre la cellule et le dissipateur thermique comparable aux, ou supérieur aux, conditions de fonctionnement et ainsi la chaleur localisée peut se mettre en place, et l'aptitude des récepteurs à supporter des contraintes de déséquilibre thermique, de fatigue et autres peut être évaluée. L'homogénéité thermique durant les conditions de fonctionnement peut être déterminée depuis les programmes de modélisation disponibles commercialement ou depuis les mesures directes lorsque la DNI est supérieure à 700 W/m^2 et la vitesse du vent inférieure à 2 m/s . Les critères d'acceptation pour ces échantillons de récepteurs seront modifiés pour: qu'après l'essai de cycle thermique, il convienne que les modifications de la résistance du récepteur soient inférieures à 2 % (à l'exclusion de la cellule). Cette procédure alternative sera réévaluée et si nécessaire, un amendement à la présente norme sera publié, dès que des connaissances complémentaires sur ce sujet seront disponibles.

Il convient que la vitesse des cycles de courant soit régulièrement en marche et à l'arrêt pendant 10 cycles d'un cycle thermique, mais lorsque la température de la cellule est inférieure à 25°C , il convient d'arrêter le courant (se référer à l'illustration de la Figure 8). Il convient de contrôler et d'enregistrer la continuité du circuit de l'échantillon.

Tableau 3 – Options de l'essai de cycles thermiques pour la Séquence A

Option	Température maximale de la cellule $^\circ\text{C}$	Total des cycles	Courant appliqué
TCA-1	85	1 000	Appliquer $1,25 \times I_{sc}$ lorsque $T > 25^\circ\text{C}$, La vitesse des cycles est de 10 électriques/thermiques
TCA-2	110	500	Appliquer $1,25 \times I_{sc}$ lorsque $T > 25^\circ\text{C}$, La vitesse des cycles est de 10 électriques/thermiques
TCA-3	65	2 000	Appliquer $1,25 \times I_{sc}$ lorsque $T > 25^\circ\text{C}$, La vitesse des cycles est de 10 électriques/thermiques

Il convient de soumettre les échantillons à l'examen visuel de 10.1 et à l'essai d'isolement de 10.4 à la suite de l'essai de cycles thermiques.

10.6.4 Exigences

- Pas d'apparition de défauts visuels majeurs, comme ceux définis en 10.1.2.
- Aucune interruption de la circulation de courant au cours de l'essai.
- Il convient que la résistance d'isolement satisfasse aux mêmes exigences que celles définies en 10.4.