

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Concentrator photovoltaic (CPV) modules – Thermal cycling test to differentiate increased thermal fatigue durability**

**Modules photovoltaïques à concentration (CPV) – Essai de cycles thermiques pour la détermination de la durabilité renforcée à la fatigue thermique**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

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

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

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

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

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

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

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

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

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

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Concentrator photovoltaic (CPV) modules – Thermal cycling test to differentiate increased thermal fatigue durability**

**Modules photovoltaïques à concentration (CPV) – Essai de cycles thermiques pour la détermination de la durabilité renforcée à la fatigue thermique**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-3725-0

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

## CONTENTS

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                                        | 3  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                    | 5  |
| 1 Scope.....                                                                                                                         | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                                                         | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                                        | 6  |
| 4 Sampling .....                                                                                                                     | 7  |
| 5 Marking .....                                                                                                                      | 7  |
| 6 Testing .....                                                                                                                      | 8  |
| 7 Rating.....                                                                                                                        | 8  |
| 8 Report .....                                                                                                                       | 8  |
| 9 Modifications .....                                                                                                                | 9  |
| 10 Test procedure .....                                                                                                              | 9  |
| 10.1 General.....                                                                                                                    | 9  |
| 10.2 Cell evaluation .....                                                                                                           | 9  |
| 10.2.1 Purpose .....                                                                                                                 | 9  |
| 10.2.2 Procedure.....                                                                                                                | 10 |
| 10.2.3 Requirements .....                                                                                                            | 10 |
| 10.3 Thermal cycling.....                                                                                                            | 10 |
| 10.3.1 Purpose .....                                                                                                                 | 10 |
| 10.3.2 Test sample.....                                                                                                              | 10 |
| 10.3.3 Procedure.....                                                                                                                | 10 |
| 10.4 Outdoor exposure test .....                                                                                                     | 12 |
| 10.4.1 Purpose .....                                                                                                                 | 12 |
| 10.4.2 Procedure.....                                                                                                                | 12 |
| Bibliography.....                                                                                                                    | 13 |
| Figure 1 – Number of required cycles as a function of average temperature ramp rate<br>in order to complete an equivalent test ..... | 11 |
| Figure 2 – Overall test time as a function of temperature ramp rate .....                                                            | 12 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) MODULES –  
THERMAL CYCLING TEST TO DIFFERENTIATE  
INCREASED THERMAL FATIGUE DURABILITY**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 62925 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 |
|--------------|------------------|
| 82/1185/FDIS | 82/1210/RVD      |

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016

## INTRODUCTION

IEC 62108 defines IEC requirements for the design qualification of concentrator modules for long-term operation in general open-air climates. This standard, IEC 62925, is not compulsory with but will supplement IEC 62108 by providing tests that differentiate thermal fatigue durability of concentrator modules for deployment in a larger range of applications and climates.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016

# CONCENTRATOR PHOTOVOLTAIC (CPV) MODULES – THERMAL CYCLING TEST TO DIFFERENTIATE INCREASED THERMAL FATIGUE DURABILITY

## 1 Scope

This document defines a test sequence that will quickly uncover CPV module failures that have been associated with field exposure to thermal cycling for many years. This document was specifically developed to relate to thermal fatigue failure of the HCPV die-attach, however, it also applies, to some extent, to all thermal fatigue related failure mechanisms for the assemblies submitted to test.

IEC 62108, the CPV module qualification test already includes an accelerated thermal cycle sequence in one leg of the testing, however, the parameters of that test only represent a qualification level of exposure. This test procedure applies more stress and will provide a route for comparative testing to differentiate CPV modules with improved durability to thermal cycling and the associated mechanical stresses.

## 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 62108:2016, *Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval*

## 3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

### 3.1

#### **durability**

system's capacity to resist degradation specific for a particular stress or set of stresses

Note 1 to entry: The durability with respect to all relevant stresses shall be assessed in order to gain information about the anticipated performance of the system.

### 3.2

#### **reliability**

probability for a system to perform and maintain its designed function in specific conditions for a specified period of time

Note 1 to entry: In this context the term reliability shall be accompanied by three numbers: a) a specified period of time, b) a criterion that quantifies its performance at that time and c) the probability that the criterion will be met.



### 3.3

#### **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 standalone, smaller portion of the full-size receiver

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.4]

### 3.4

#### **concentrator module**

group of receivers, optics, and other related components, such as interconnection and mounting, that accepts unconcentrated sunlight. All above components are usually prefabricated as one unit, and the focus point is not field adjustable

Note 1 to entry: A module could be made of several sub-modules. The sub-module is a physically stand-alone, smaller portion of the full-size module.

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.5]

### 3.5

#### **concentrator assembly**

group of receivers, optics, and other related components, such as interconnection and mounting that accepts unconcentrated sunlight. All above components would usually be shipped separately and need some field installation, and the focus point is field adjustable

Note 1 to entry: An assembly could be made of several sub-assemblies. The sub-assembly is a physically standalone, smaller portion of the full-size assembly.

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.6]

## 4 Sampling

For non-field-adjustable focus-point CPV systems or modules, a number of modules that contain at least 20 separate PV cells are required. Test failure is based on the failure of 5 % of the submitted cells; therefore submission of more than 20 cells is encouraged.

If coordinated between the submitting manufacturer and testing laboratory, disassembly of the submitted module(s) into a separate receiver or receivers for the thermal cycling sequence is acceptable and encouraged. This approach may be desirable in order to reduce thermal mass thereby enabling the possibility to achieve a faster temperature ramp rate. Following the thermal cycling sequence, the receiver shall be reassembled into its module configuration for the outdoor exposure. The original submission of receivers for test is also acceptable, provided they may subsequently assembled into a module for the required outdoor exposure.

## 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 tests sequences.

## 6 Testing

If some test procedures in this document 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).

## 7 Rating

The rating system is based on the number of cycles completed with total cell failure less than 5 %. Cell failure is defined in 10.2.3 as a shorted cell or an inactive cell due to an electrical open. The number of required cycles according to Formula (2), 10.3.3, is equivalent to five times the qualification level of thermal cycling testing (IEC 62108) and therefore earns a rating of 5Q upon successful completion (< 5 % cell failure). There also exists the possibility to achieve a rating higher or lower than 5Q by completing more or less cycles than defined by Formula (2). Rating shall be based on integer intervals according to Formula (1):

$$rating = 5 \frac{N_C}{N_R} \quad (1)$$

Where

$N_C$  is the number of completed cycles with a total cell failure of less than 5 % and,

$N_R$  is the number of required cycles according to Formula (2).

The rating achieved shall be an integer product of Formula (1) and will default to the next lower rating if  $N_C$  is in between an integer interval. For instance, if Formula (1) results in 4,9, the rating received is 4Q.

Every interval of cycling represents an amount of service life. Therefore the 5Q rating is intended to correspond with a minimum service life with total cell failures less than 5 % due to thermal fatigue related failure mechanisms.

It is up to the discretion of the submitting party and testing laboratory as to what interval of testing is attempted and at what interval(s) the outdoor evaluation and performance testing are made.

## 8 Report

Following testing, a certified report of the qualification tests, with details of any failures and re-tests, should be prepared by the test agency. Each test report should include at least the following information:

- a title;
- 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);
- 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 ramp rate and number of cycles used (Formula (1));
- 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 and examinations supported by tables, graphs, sketches, and photographs as appropriate after completion of each cycling interval 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 rating, 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 this test sequence. Manufacturers shall report to and discuss with the certifying body and testing agency every change they have made.

## 10 Test procedure

### 10.1 General

The test sequence is as follows:

- a) Cell evaluation.
- b) Thermal cycling.
- c) Outdoor exposure.
- d) Cell evaluation.

If it is desired to periodically evaluate the test articles at the designated cycling intervals, steps a) and d) are combined and the sequence repeated.

### 10.2 Cell evaluation

#### 10.2.1 Purpose

The purpose of this evaluation is to determine if any of the included PV cells have failed through testing. This document is intended to evaluate the thermal fatigue durability of the CPV die-attach. When the die-attach cracks due to thermal fatigue, the thermal resistance of this layer increases and ultimately causes thermal runaway of the attached PV cell when placed on-sun. Thermal runaway of the PV cell typically results in an electrical short across the cell that is detected with the following evaluation. Provisions to detect an electrically open cell are also provided.

### 10.2.2 Procedure

- a) All PV cells are forward biased to a level that causes electroluminescence emission of a pristine cell.
- b) If a cell or cells fail to emit, they may be individually probed to determine if an electrical short exists. This step may consist of an evaluation of the cell's dark current and voltage response. This electrical method of determining if each individual cell is an electrical short may be substituted for step a) if desired.

For some cell technologies, the electroluminescence emission is in the visible spectrum; therefore the emission from each cell may be visually evaluated. In the case the emission is not within the visible spectrum, the emission may be evaluated by use of a camera with a quantum efficiency that overlaps the normal electroluminescence emission of those cells.

If the module or string of cells biased presents as electrically open, the location of the open shall be determined and electrically jumped in order to continue the thermal cycling sequence. To locate the open, continuity checks and/ or forward biasing smaller portions of the string until the open is found should be conducted.

### 10.2.3 Requirements

Any cell that fails to emit and/or is evaluated as an electrical short is considered a failure for the purpose of this standard. It is at the discretion of the submitting party and test laboratory to ascertain the root cause of the failure. Only if, through this root cause analysis, it can be demonstrated that thermal fatigue is not the cause of cell failure, the failed cell may be removed from the failed population.

Any cell that is removed from the active string of the module by an electrical open is also considered a failure for the purpose of this document.

If a cell is initially shorted prior to the first thermal cycling interval, it should not be considered in the failed population and be replaced by a pristine cell.

## 10.3 Thermal cycling

### 10.3.1 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.

### 10.3.2 Test sample

Either module(s) or their contained receiver(s) are applicable for the thermal cycling test.

### 10.3.3 Procedure

Thermal cycling is to be conducted between  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  with dwell times of 5 min at  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  of the dwell temperature. The average temperature ramp rate ( $\dot{T}$ ) is variable, with a maximum of  $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , and will set the required number of cycles ( $N_R$ ) according to Formula (1).

$$N_R = 105,56 + 2787,8 \dot{T}^{-0,166} \quad (2)$$

The number of required cycles for any ramp rate is considered as an equivalent test. Figures 1 and 2 are provided to illustrate this relationship and its consequence on overall test time.

NOTE 1 Thermal cycling parameters are based on:

- a) IEC 62108: A  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ramp rate results in 5x the number of TCA2 cycles;

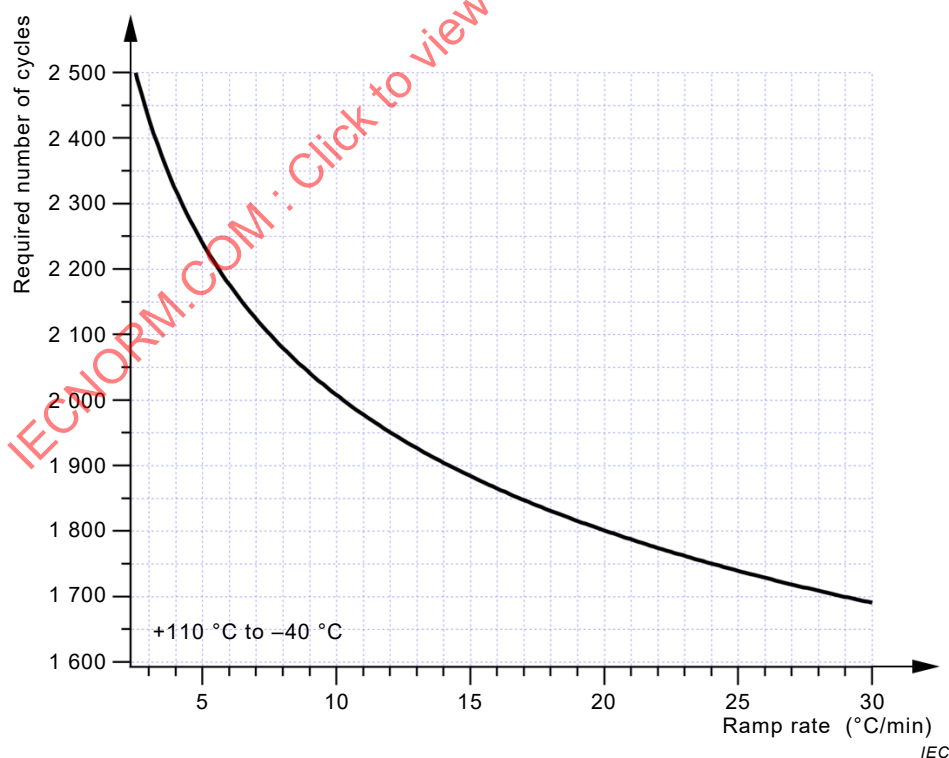
- b) Experiment and FEM simulation that gives the relationship between temperature ramp rate and equivalent number of cycles [1]<sup>1</sup>.

Apply a current equal to 1,25x the CSTC short circuit current when temperature increases above 25 °C and remove at the end of the high temperature dwell. The application of forward bias during cycling may provide the opportunity to detect cell failure. If, through cycling, the die-attach cracks through thermal fatigue, the increased thermal resistance may precipitate a thermal runaway condition in the PV cell causing catastrophic failure. This failure will manifest as an abrupt drop in the voltage required in applying the constant short circuit current. Since the intention of this test is to only capture thermal fatigue related failures, any such in situ cell failure should be examined for its root cause. If evidence implies that a thermal fatigue related issue was not the cause of the in situ cell failure, the failure should not be considered failed population.

Module or receiver temperature is monitored and controlled via an RTD or thermocouple placed as close to the PV cell as possible. Multiple cells should be probed in both the interior and on perimeter of the module or receiver or on multiple, individual, receivers and the average temperature used as the test control.

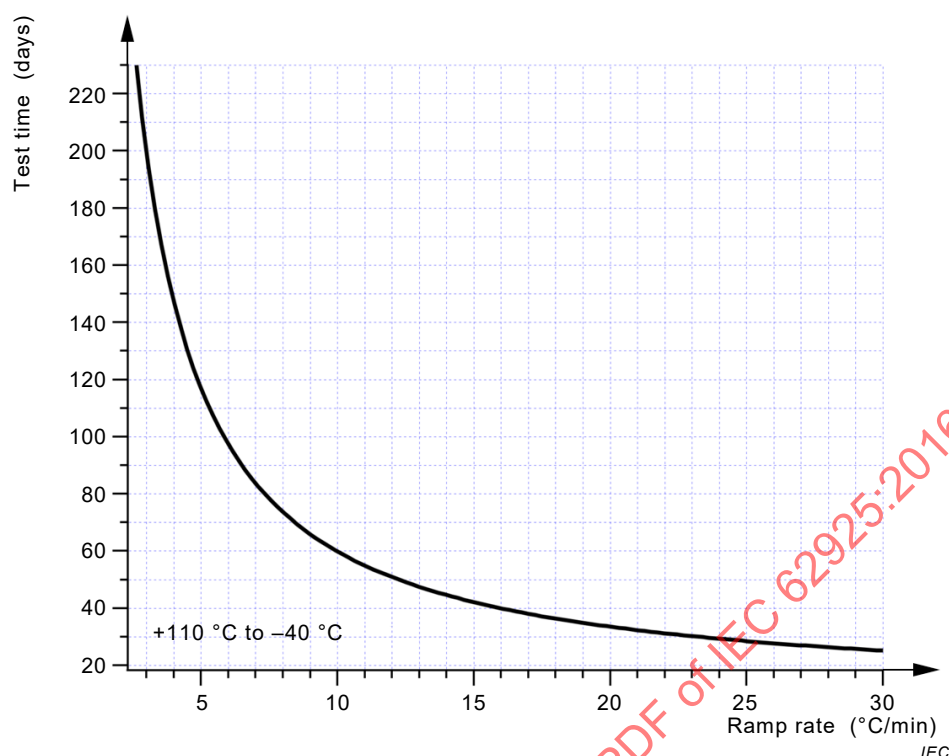
NOTE 2 Modules with better thermal solutions, which result in a lower difference between cell and ambient temperature when on-sun, are expected to be more durable against thermal fatigue because of the reduced driving force. Thermocouple placement for cycling temperature control is intended to reward these solutions with a less severe test. Designs with poor thermal solutions may have a larger temperature difference between thermocouple location and cell, therefore cycling temperature control from the thermocouple will cause the cell temperature to be elevated when compared with designs with better thermal solutions.

For the purpose of rating, cycling may be interrupted at predetermined intervals. See Clause 7: The required number of cycles divided by five creates the cycling intervals. Evaluations may be made at these intervals; the number of intervals and evaluations is at the discretion of the submitting party and test laboratory.



**Figure 1 – Number of required cycles as a function of average temperature ramp rate in order to complete an equivalent test**

<sup>1</sup> Figures in square brackets refer to the Bibliography.



**Figure 2 – Overall test time as a function of temperature ramp rate**

## 10.4 Outdoor exposure test

### 10.4.1 Purpose

The purpose of the outdoor exposure test is to reveal any failures, if present, from the thermal cycling sequence. The electrical and thermal connections that are susceptible to thermal fatigue require the unique combination of solar, thermal and electrical flux from an on-sun exposure to precipitate catastrophic cell failure. Therefore, this test requires that the test articles remain, or be configured, in a manner consistent with their intended on-sun state.

### 10.4.2 Procedure

- A full-size module or representative assembly should be installed outdoors in the open circuit condition.
- A direct-normal irradiation monitor and a global total irradiation monitor should be installed co-planar with the module or assembly.
- If the system requires active cooling, the cooling system should be operated during the test.
- The module or assembly should be exposed outdoors with tracking for a minimum of 4 h at or above 750 W/m<sup>2</sup> DNI.

## Bibliography

- [1] N. Bosco, T. Silverman, and S. Kurtz, "Simulation and experiment of thermal fatigue in the cpv die attach," *International Conference on Concentrating Photovoltaics (CPV-8)*, Toledo, SP, 2012
- 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                       | 15 |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                        | 17 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                            | 18 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                            | 18 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                            | 18 |
| 4 Échantillonnage .....                                                                                                                  | 19 |
| 5 Marquage .....                                                                                                                         | 19 |
| 6 Essais .....                                                                                                                           | 20 |
| 7 Caractéristiques assignées.....                                                                                                        | 20 |
| 8 Rapport .....                                                                                                                          | 21 |
| 9 Modifications .....                                                                                                                    | 21 |
| 10 Procédure d'essai .....                                                                                                               | 22 |
| 10.1 Généralités .....                                                                                                                   | 22 |
| 10.2 Évaluation des cellules .....                                                                                                       | 22 |
| 10.2.1 Objet .....                                                                                                                       | 22 |
| 10.2.2 Procédure.....                                                                                                                    | 22 |
| 10.2.3 Exigences.....                                                                                                                    | 22 |
| 10.3 Cycles thermiques .....                                                                                                             | 23 |
| 10.3.1 Objet .....                                                                                                                       | 23 |
| 10.3.2 Échantillon d'essai.....                                                                                                          | 23 |
| 10.3.3 Procédure.....                                                                                                                    | 23 |
| 10.4 Essai d'exposition en site naturel .....                                                                                            | 25 |
| 10.4.1 Objet .....                                                                                                                       | 25 |
| 10.4.2 Procédure.....                                                                                                                    | 25 |
| Bibliographie.....                                                                                                                       | 26 |
| Figure 1 – Nombre de cycles exigés en fonction de la vitesse de montée moyenne en température afin d'effectuer un essai équivalent ..... | 24 |
| Figure 2 – Durée totale de l'essai en fonction de la vitesse de montée en température .....                                              | 25 |



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MODULES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION (CPV) –  
ESSAI DE CYCLES THERMIQUES POUR LA DÉTERMINATION  
DE LA DURABILITÉ RENFORCÉE À LA FATIGUE THERMIQUE**

## AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62925 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 82/1185/FDIS | 82/1210/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016

## INTRODUCTION

L'IEC 62108 définit les exigences IEC relatives à la qualification de la conception des modules à concentration pour une utilisation de longue durée dans les climats généraux d'air libre. La présente norme, l'IEC 62925, n'est pas à utiliser obligatoirement avec l'IEC 62108 mais elle la complète en fournissant des essais qui permettent de déterminer la durabilité à la fatigue thermique des modules à concentration pour le déploiement dans une plage plus importante d'applications et de climats.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62925:2016

# MODULES PHOTOVOLTAÏQUES À CONCENTRATION (CPV) – ESSAI DE CYCLES THERMIQUES POUR LA DÉTERMINATION DE LA DURABILITÉ RENFORCÉE À LA FATIGUE THERMIQUE

## 1 Domaine d'application

Le présent document définit une séquence d'essais permettant de détecter rapidement les défaillances du module CPV associées à une exposition aux cycles thermiques sur le terrain pendant de nombreuses années. Le présent document a été conçu dans le but spécifique de traiter des défaillances de fatigue thermique de la fixation de puce photovoltaïque à haute concentration (HCPV : *high concentrator photovoltaic*). Cependant, il s'applique également, dans une certaine mesure, à tous les mécanismes de défaillance liés à la fatigue thermique des ensembles soumis à l'essai.

L'essai de qualification du module CPV de l'IEC 62108 comprend déjà une séquence accélérée de cycles thermiques dans une étape de l'essai. Cependant, les paramètres de cet essai ne représentent qu'un niveau de qualification de l'exposition. La présente procédure d'essai est plus contraignante et fournit des indications pour des essais comparatifs permettant de déterminer les modules CPV ayant une meilleure durabilité aux cycles thermiques et aux contraintes mécaniques associées.

## 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 62108:2016, *Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation*

## 3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

### 3.1

#### **durabilité**

capacité d'un système à résister à la dégradation spécifique à une contrainte ou à un ensemble de contraintes données

Note 1 à l'article: La durabilité relative à toutes les contraintes correspondantes doit être évaluée afin d'obtenir des informations sur les performances anticipées du système.

### 3.2

#### **fiabilité**

probabilité pour qu'un système accomplisse et conserve sa fonction prévue dans des conditions spécifiques pendant une période de temps spécifiée

Note 1 à l'article: Dans ce contexte, le terme "fiabilité" doit être accompagné de trois éléments: a) une durée spécifiée, b) un critère quantifiant ses qualités de fonctionnement au moment donné, et c) la probabilité qu'a le critère d'être satisfait.

### 3.3

#### **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

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.4]

### 3.4

#### **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

Note 1 à l'article: Un module pourrait être constitué de plusieurs sous-modules. Le sous-module est une partie physiquement autonome, plus petite, du module en grandeur réelle.

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.5]

### 3.5

#### **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

Note 1 à l'article: Un ensemble pourrait être constitué de plusieurs sous-ensembles. Le sous-ensemble est une partie physiquement autonome plus petite de l'ensemble en grandeur réelle.

[SOURCE: IEC 62108:2016, 3.6]

## 4 Échantillonnage

Pour les systèmes ou modules CPV à point de focalisation non ajustable à tout le champ, plusieurs modules contenant au moins 20 cellules PV séparées sont exigés. Un essai non satisfaisant correspond à la défaillance de 5 % des cellules soumises à l'essai. Par conséquent, il est conseillé de soumettre plus de 20 cellules à l'essai.

S'il y a une coordination entre la partie soumettant la fabrication et le laboratoire d'essai, il est acceptable et conseillé de procéder au démontage du ou des modules soumis à l'essai en un ou plusieurs récepteurs séparés pour la séquence de cycles thermiques. Cette approche peut permettre de réduire la masse thermique et obtenir ainsi une vitesse de montée en température plus rapide. À l'issue de la séquence de cycles thermiques, le récepteur doit être remonté dans sa configuration de module pour l'exposition en site naturel. Il est également acceptable de soumettre à essai les récepteurs dans leur configuration d'origine à condition qu'ils puissent ensuite être montés dans un module pour l'exposition en site naturel exigée.

## 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 adapté;
- valeur nominale de la puissance maximale de sortie 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.

Lorsque des échantillons représentatifs sont utilisés, il convient d'inclure les mêmes marquages que ceux utilisés pour les produits en grandeur réelle pour tous les essais, et il convient que le marquage résiste à toutes les séquences d'essais.

## 6 Essais

Si certaines procédures d'essai du présent document ne sont pas applicables à une configuration de conception spécifique, il convient que le fabricant en informe 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. Toutes les modifications et tous les écarts doivent être enregistrés et détaillés dans le rapport, conformément aux exigences du point j) de l'Article 8.

## 7 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées sont fondées sur le nombre de cycles réalisés avec un taux de défaillance totale des cellules inférieur à 5 %. La défaillance des cellules est définie en 10.2.3 comme une cellule court-circuitée ou une cellule inactive en raison d'un circuit électrique ouvert. Le nombre de cycles exigés selon la Formule (2) de 10.3.3 est équivalent à cinq fois le niveau de qualification de l'essai de cycles thermiques (IEC 62108) et, par conséquent, correspond aux caractéristiques assignées de 5Q lorsque les cycles sont réalisés avec succès (< 5 % de défaillance de cellules). Il est également possible d'obtenir des caractéristiques assignées supérieures ou inférieures à 5Q en réalisant un nombre de cycles supérieur ou inférieur au nombre défini par la Formule (2). Les caractéristiques assignées doivent se fonder sur des intervalles d'entiers conformément à la Formule (1):

$$rating = 5 \frac{N_C}{N_R} \quad (1)$$

Où

$N_C$  est le nombre de cycles réalisés avec un taux de défaillance totale des cellules inférieur à 5 % et,

$N_R$  est le nombre de cycles exigés selon la Formule (2).

Les caractéristiques assignées doivent être un produit entier de la Formule (1) et passent par défaut aux caractéristiques assignées inférieures suivantes si  $N_C$  se trouve dans un intervalle d'entiers. Par exemple, si la Formule (1) donne 4,9, les caractéristiques assignées obtenues sont de 4Q.

Chaque intervalle cyclique représente une partie de la durée de vie. Par conséquent, les caractéristiques assignées de 5Q sont destinées à correspondre à une durée de vie minimale présentant un taux de défaillance totale de cellules inférieur à 5 % en raison de mécanismes de défaillance liés à la fatigue thermique.

Il incombe à la partie demandant les essais et au laboratoire d'essai de choisir l'intervalle d'essai utilisé et à quel(s) intervalle(s) l'évaluation en site naturel et les essais des performances sont réalisés.

## 8 Rapport

À l'issue de l'essai, il convient que le laboratoire d'essai prépare un rapport certifié des essais de qualification, incluant le détail de chaque défaillance et essai de reprise. 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 le numéro de série) et, sur chaque page, une identification assurant la bonne intégration de la page dans le 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 l'état 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 vitesse de montée et le nombre de cycles utilisés (Formule (1));
- 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 mesurages et examens étayés par des tableaux, des graphiques, des croquis et des photographies selon le cas, à la fin de chaque intervalle cyclique et toutes les défaillances observées;
- l) une indication de l'incertitude estimée des résultats d'essai, s'il y a lieu;
- m) la signature et la fonction, ou une identification équivalente de la ou des personnes responsables du contenu du rapport, et la date d'édition;
- n) s'il y a lieu, une indication selon laquelle les résultats ne se rapportent qu'aux unités soumises aux essais;
- o) une indication selon laquelle, pour maintenir les caractéristiques assignées, le fabricant doit 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 son intégralité, sans l'approbation écrite du laboratoire.

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

## 9 Modifications

Toute modification dans la conception, les matériaux, les composants ou la fabrication des modules et des ensembles peut nécessiter la répétition de cette séquence d'essais. 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 Procédure d'essai

### 10.1 Généralités

La séquence d'essais se déroule comme suit:

- a) Évaluation des cellules.
- b) Cycle thermique.
- c) Exposition en site naturel.
- d) Évaluation des cellules.

Si l'évaluation périodique des éléments d'essai est souhaitée aux intervalles cycliques désignés, les étapes a) et d) sont associées et la séquence répétée.

### 10.2 Évaluation des cellules

#### 10.2.1 Objet

Cette évaluation a pour objet de déterminer la défaillance de l'une quelconque des cellules PV au cours des essais. Le présent document est destiné à évaluer la durabilité à la fatigue thermique de la fixation de puce CPV. Lorsque la fixation de puce est fêlée en raison de la fatigue thermique, la résistance thermique de la couche concernée augmente et finit par provoquer un emballement thermique de la cellule PV fixée lorsqu'elle est exposée au soleil. L'emballement thermique de la cellule PV donne généralement lieu à un court-circuit dans la cellule qui est détecté par l'évaluation suivante. Les dispositions permettant de détecter une cellule en circuit ouvert sont également fournies.

#### 10.2.2 Procédure

- a) Toutes les cellules PV sont en polarisation directe jusqu'à un niveau provoquant l'émission électroluminescente d'une cellule vierge.
- b) Si une ou des cellules ne parviennent pas à émettre, elles peuvent être examinées individuellement afin de déterminer la présence d'un court-circuit. Cette étape peut consister à évaluer le courant d'obscurité et la réponse en tension de la cellule. Cette méthode électrique de détermination de court-circuit de chaque cellule individuelle peut être remplacée pour l'étape a) si cela est souhaité.

Pour certaines technologies de cellules, l'émission électroluminescente se produit dans le spectre visible. Par conséquent, l'émission de chaque cellule peut être évaluée visuellement. Lorsque l'émission n'est pas dans le spectre visible, elle peut être évaluée par le biais d'une caméra ayant un rendement quantique recouvrant l'émission électroluminescente normale de ces cellules.

Lorsque le module ou la chaîne de cellules polarisées est en état de circuit ouvert, l'emplacement de l'ouverture doit être déterminé et ignoré afin de poursuivre la séquence de cycles thermiques. Pour localiser l'ouverture, il convient d'effectuer des vérifications de continuité et/ou la polarisation directe de parties plus petites de la chaîne jusqu'à détection de l'ouverture.

#### 10.2.3 Exigences

Toute cellule qui ne parvient pas à émettre et/ou qui est en court-circuit est considérée comme en état de défaillance pour les besoins de la présente norme. Il incombe à la partie demandant les essais et au laboratoire d'essai de déterminer la cause profonde de la défaillance. La cellule défectueuse peut être retirée de la population en défaillance seulement s'il peut être démontré, au cours de cette analyse de cause profonde, que la fatigue thermique n'est pas la cause de la défaillance de la cellule.