

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic cells –

Part 1: Measurement of light-induced degradation of crystalline silicon photovoltaic cells

Cellules photovoltaïques –

Partie 1: Mesure de la dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques au silicium cristallin

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63202-1:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic cells –

Part 1: Measurement of light-induced degradation of crystalline silicon photovoltaic cells

Cellules photovoltaïques –

Partie 1: Mesure de la dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques au silicium cristallin

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-6896-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Apparatus.....	6
5 Sampling	6
6 Procedure for conditioning and evaluation	6
7 Report	8
Annex A (informative) Bar charts presented in the test report, showing the absolute value of I_{mp} degradation for all specimens after conditions in 6.1, 6.7 and 6.10 are met	9
Figure A.1 – I_{mp} values of all test samples before and after LID tests	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63202-1:2019

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC CELLS –

**Part 1: Measurement of light-induced degradation
of crystalline silicon photovoltaic cells**

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 63202-1 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/1565/FDIS	82/1583/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.

A list of all parts in the IEC 63202 series, published under the general title *Photovoltaic cells*, can be found on the IEC website.

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 63202-1:2019

PHOTOVOLTAIC CELLS –

Part 1: Measurement of light-induced degradation of crystalline silicon photovoltaic cells

1 Scope

This part of IEC 63202 describes procedures for measuring the light-induced degradation (LID) of crystalline silicon photovoltaic (PV) cells in simulated sunlight. The magnitude of LID in a crystalline silicon PV cell is determined by comparing maximum output power at Standard Test Conditions (STC) before, and after, exposure to simulated sunlight at a specified temperature and irradiance.

The purpose of this document is to provide standardized PV cell LID information to help PV module manufacturers in minimizing the mismatch between cells within the same module, thereby maximizing power yield.

When compared to PV module LID measurements described in the IEC 61215 series, several extra experimental factors have been found to show significant impact on the PV cell LID test, which were not considered by IEC 61215-2. This document provides a conditioning and measurements procedure and parameter settings required for consistent PV cell LID measurements.

LID magnitude is one important factor of cell quality. For cells from the same sorting bin, the most important factor is the distribution of output power after LID.

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

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

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

3 Terms and definitions

No terms and definitions are listed in this document.

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>

4 Apparatus

The following apparatus are required to perform the test procedures defined in this document:

- a) Solar simulator 1: Solar simulator for I - V curve measurements in accordance with IEC 60904-9, with means to measure cell temperature accurately to within ± 1 °C, and the means to simultaneously measure the current and voltage produced by the PV cell as defined in IEC 60904-1.
- b) An environmental chamber or a space that meets following requirements:
 - 1) One or more irradiance sensors (meeting the requirements of IEC 60904-2) to monitor the cumulative irradiance;
 - 2) The means to mount test cells co-planar with the irradiance sensors;
 - 3) The capability to control cell temperature in the range of (60 ± 5) °C during the light exposure;
 - 4) Relative humidity ≤ 50 %;
 - 5) The internal air shall be free of corrosive or contaminating contents.
- c) Solar simulator 2: Class BBB (or better) steady-state solar simulator in accordance with IEC 60904-9, featuring a capability to provide irradiance of $(1\,000 \pm 50)$ W/m² on cells mounted in an environmental chamber.

5 Sampling

A minimum of twenty PV cells is required for this test. Additional cells can be tested to make up for any mechanical or handling damaged samples.

Under normal sampling criteria, test cells are randomly selected from the same sorting bin and the same production batch. If cells are to be selected using a special sampling criterion, the detailed sampling specification shall be included in the final report. All samples for this test shall be assigned a unique identification number for tracking and reporting purpose.

Selected PV cells shall be stored in a sealed and dark container immediately after I - V measurements to minimize the ambient light exposure.

6 Procedure for conditioning and evaluation

6.1 Following the procedures required in IEC 60904-1, measure the I - V curve of each cell at STC. Each measurement shall be repeated three times. Calculate the intermittent power, P_n ($n=0,1,2,\dots$), as the average of the maximum power reading from the three I - V curves. Between each measurement, the cell shall be rested for more than 3 s, to allow the cell temperature to recover to its initial value. The contacting scheme for cell testing should not be changed or disturbed during this test. The repeatability of these three readings shall be better than 0,2 %.

6.2 Place the sampled cells in the test chamber (Clause 4b), and expose all the sampled cells to solar simulator 2 with an irradiance of $(1\,000 \pm 50)$ W/m². To compensate for spatial non-uniformity, it is recommended to systematically rotate cells to different locations in the chamber between exposure cycles. During light exposure, the temperature of all cells shall be maintained within the range of (60 ± 5) °C.

6.3 After the exposure described in Step 6.2 is cumulated to 5 kWh/m², repeat Step 6.1.

To practically simplify the overall test, 5 kWh/m² is recommended for the first cycle instead of 1kWh/m². This first cycle exposure may be adjusted based on cell technology or desired test conditions.

6.4 Repeat Step 6.2 to a light exposure of 1 kWh/m², and then repeat Step 6.1.

6.5 For each sample cell, repeat Step 6.4 until it reaches the LID quasi-stabilization condition, whereby the sample cell fulfils the following condition:

$$\frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{average}}} < 0,5\%$$

where $P_{\max}$, $P_{\min}$ and P_{average} are calculated from three consecutive output power measurements P_{n-2} , P_{n-1} and P_n .

A similar formula and method are used for determining the magnitude of change of I_{mp} .

Where applicable, a similar formula and method can also be used for cell efficiency η and other parameters.

When one particular test cell reaches the above mentioned LID quasi-stabilization condition, its data for the last I - V measurements shall be properly recorded, and the cell shall be exempt from further testing.

6.6 For samples that do not achieve quasi-stabilization, as defined in Step 6.5, repeat Step 6.2 to a light exposure of 1 kWh/m², and the repeat Step 6.1.

6.7 A sample is exempt from further testing when either of the following conditions is met:

- a) LID quasi-stabilization, as defined in Step 6.5, has been achieved, or
- b) Cumulative exposure has reached 20 kWh/m².

6.8 The test terminates when all cells are exempt from further testing. All data shall be recorded properly for the final report.

When the purpose of the test is to observe LID performance, the test may be continued beyond 20 kWh/m².

6.9 It is recommended to conduct the test without time delay between cycles; otherwise, put the samples at room temperature (25 °C ± 5 °C) in a dark container, which is sealed or with nitrogen gas purging.

6.10 Periodic electroluminescence (EL) testing of the samples is recommended to determine whether or not cells are damaged due to repeated handling. If any damage is observed, by either EL test or other ways, the data shall be specially marked in the final report.

7 Report

Following completion of the procedure, a report of the test shall be prepared by the agency. Additionally the following shall be included.

- a) Description and identification of the item tested, including the specimen size, testing cells details such as their origin and pedigree;
- b) Measurements, examinations and derived results supported by tables, graphs, sketches and photographs as appropriate. Refer to Annex A for an example. Compulsory experimental data required to be reported for all samples include:
 - 1) Initial P_{mp} and I_{mp} ;
 - 2) P_{mp} and I_{mp} at termination;
 - 3) Exposure required to reach quasi-stabilization; and
 - 4) Condition of the sample at end-of-test (i.e. quasi-stabilized, not quasi-stabilized, or broken);
- c) A statistical analysis of the experimental data, when requested;
- d) A statement of the estimated uncertainty of the test results, where relevant.

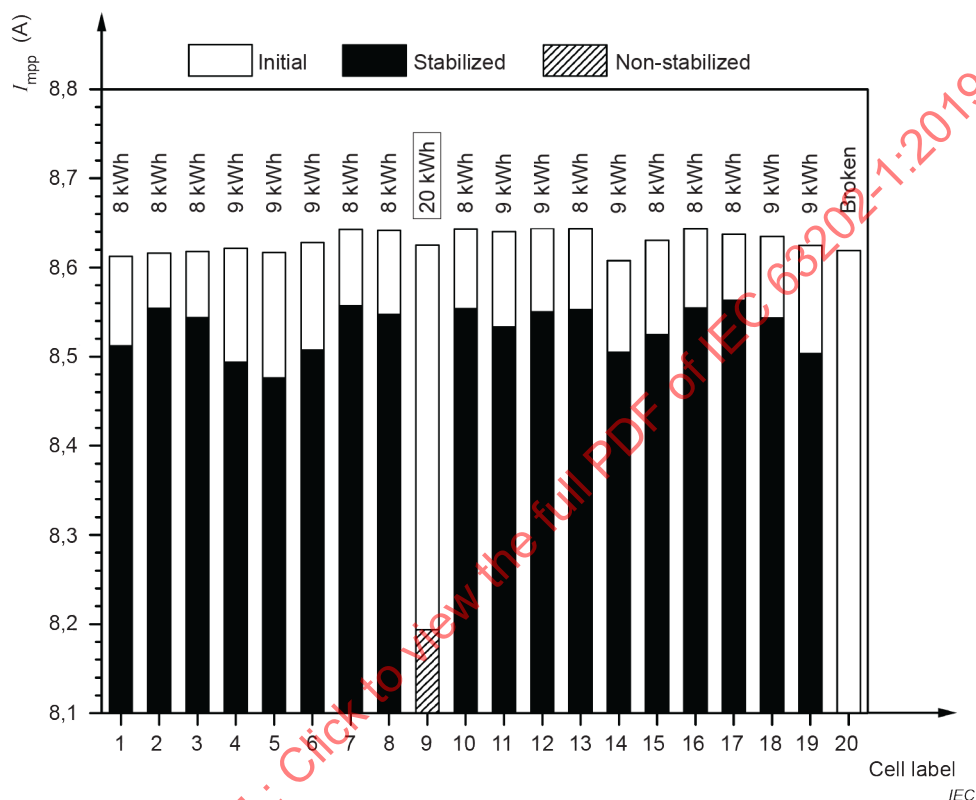
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63202-1:2019

Annex A

(informative)

Bar charts presented in the test report, showing the absolute value of I_{mp} degradation for all specimens after conditions in 6.1, 6.7 and 6.10 are met

The suggested template is shown in Figure A.1.



Key

White box: initial value

Black box: stabilized value

Hatched box: non-stabilized value after maximum exposure

Single white box: damaged during the test (through EL image)

Figure A.1 – I_{mp} values of all test samples before and after LID tests

For the bar charts, it is recommended to use gray scale coloring only, for maximum readability on black-and-white printed hardcopies.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	11
1 Domaine d'application	13
2 Références normatives	13
3 Termes et définitions	14
4 Matériel	14
5 Echantillonnage	14
6 Procédure pour le conditionnement et l'évaluation	14
7 Rapport	16
Annexe A (informative) Histogrammes présentés dans le rapport d'essai, indiquant la valeur absolue de la dégradation I_{mp} pour tous les spécimens après que les conditions de 6.1, 6.7 et 6.10 sont remplies	17
Figure A.1 – Valeurs de I_{mp} pour tous les échantillons d'essai avant et après les essais de dégradation induite par la lumière	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63202-1:2019

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES –

**Partie 1: Mesure de la dégradation induite par la lumière
des cellules photovoltaïques au silicium cristallin**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 63202-1 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 internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1565/FDIS	82/1583/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 internationale.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63202, publiées sous le titre général *Cellules photovoltaïques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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. À cette date, le document sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63202-1:2019

CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 1: Mesure de la dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques au silicium cristallin

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63202 décrit les procédures pour la mesure de la dégradation induite par la lumière (LID, *light-induced degradation*) des cellules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin sous éclairage solaire simulé. L'amplitude de la dégradation induite par la lumière dans une cellule photovoltaïque au silicium cristallin est déterminée en comparant la puissance de sortie maximale aux conditions normales d'essai ((STC, *standard test conditions*) avant et après l'exposition à un éclairage solaire simulé, à une température et un éclairage spécifiés.

L'objet du présent document est de fournir des informations sur la dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques normalisées, afin d'aider les fabricants de modules photovoltaïques à réduire le plus possible la désadaptation entre les cellules à l'intérieur du même module, augmentant ainsi au maximum le rendement de puissance.

Par rapport aux mesures de la dégradation induite par la lumière du module photovoltaïque décrites dans la série IEC 61215, il s'est révélé que plusieurs facteurs expérimentaux supplémentaires ont eu un impact significatif sur l'essai de dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques, ces derniers n'étant pas pris en compte dans l'IEC 61215-2. Le présent document fournit une procédure de conditionnement et de mesure et les réglages de paramètres exigés pour des mesures cohérentes de la dégradation induite par la lumière des cellules photovoltaïques.

L'amplitude de la dégradation induite par la lumière est un facteur important de la qualité des cellules. Pour les cellules provenant du même bac de triage, le facteur le plus important est la distribution de la puissance de sortie après la dégradation induite par la lumière.

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 60904-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence*

IEC 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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>

4 Matériel

Les équipements suivants sont exigés pour réaliser les procédures d'essai définies dans le présent document:

- a) Simulateur solaire 1: simulateur solaire pour les mesures de la courbe $I-V$ conformément à l'IEC 60904-9, avec des dispositifs pour mesurer la température des cellules précisément à ± 1 °C, et des dispositifs pour mesurer simultanément le courant et la tension produits par la cellule photovoltaïque, comme défini dans l'IEC 60904-1.
- b) Une enceinte climatique ou un espace dédié qui satisfait aux exigences suivantes:
 - 1) Un ou plusieurs capteurs d'éclairement (satisfaisant aux exigences de l'IEC 60904-2) pour contrôler l'éclairement cumulé;
 - 2) Les dispositifs pour monter les cellules d'essai dans le même plan que les capteurs d'éclairement;
 - 3) La capacité à contrôler la température de la cellule dans la plage (60 ± 5) °C au cours de l'exposition à la lumière;
 - 4) Humidité relative ≤ 50 %;
 - 5) L'air interne ne doit pas contenir d'agents corrosifs ou contaminants.
- c) Simulateur solaire 2: simulateur solaire à éclairement permanent de classe BBB (ou supérieure) conformément à l'IEC 60904-9, pouvant fournir un éclairement de $(1\,000 \pm 50)$ W/m² sur les cellules montées dans une enceinte climatique.

5 Echantillonnage

Au moins vingt cellules photovoltaïques sont exigées pour cet essai. Des cellules supplémentaires peuvent être soumises à essai pour compenser tout échantillon endommagé mécaniquement ou lors de la manipulation.

Selon des critères d'échantillonnage normaux, les cellules d'essai sont choisies de manière aléatoire à partir du même bac de triage et du même lot de production. Si les cellules doivent être choisies à l'aide d'un critère d'échantillonnage particulier, la spécification d'échantillonnage détaillée doit être incluse dans le rapport final. Un numéro d'identification unique doit être attribué à tous les échantillons pour cet essai à des fins de suivi et de rapport.

Les cellules photovoltaïques choisies doivent être stockées immédiatement après les mesures $I-V$ dans un conteneur étanche et obscur, afin de réduire le plus possible l'exposition à la lumière ambiante.

6 Procédure pour le conditionnement et l'évaluation

6.1 En suivant les procédures exigées dans l'IEC 60904-1, mesurer la courbe $I-V$ de chaque cellule dans les conditions normales d'essai. Chaque mesure doit être répétée trois fois. Calculer la puissance intermittente, P_n ($n=0,1,2...$), comme la moyenne du relevé de puissance maximale des trois courbes $I-V$. Entre chaque mesure, la cellule doit être laissée

au repos pendant plus de 3 s, afin de permettre à la température de la cellule de retrouver sa valeur initiale. Il convient que le schéma de contact pour les essais des cellules ne soit pas modifié ni perturbé au cours de cet essai. La répétabilité de ces trois relevés doit être supérieure à 0,2 %.

6.2 Placer les cellules échantillonnées dans l'enceinte d'essai (Article 4b), et exposer toutes les cellules échantillonnées au simulateur solaire 2 avec un éclairage de $(1\,000 \pm 50)$ W/m². Pour compenser la non-uniformité spatiale, il est recommandé de faire tourner systématiquement les cellules en différents emplacements de l'enceinte entre les cycles d'exposition. Au cours de l'exposition à la lumière, la température de toutes les cellules doit être maintenue dans la plage (60 ± 5) °C.

6.3 Après que l'exposition décrite à l'étape 6.2 est cumulée à 5 kWh/m², répéter l'étape 6.1.

Afin de simplifier dans la pratique l'essai global, 5 kWh/m² est recommandé pour le premier cycle au lieu de 1kWh/m². Cette exposition du premier cycle peut être ajustée en fonction de la technologie de cellule ou des conditions d'essai souhaitées.

6.4 Répéter l'étape 6.2 à une exposition à la lumière de 1 kWh/m², puis répéter l'étape 6.1.

6.5 Pour chaque cellule échantillon, répéter l'étape 6.4 jusqu'à ce qu'elle atteigne la condition de quasi-stabilisation de la dégradation induite par la lumière, où la cellule échantillon remplit la condition suivante:

$$\frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{average}}} < 0,5\%$$

où $P_{\max}$, $P_{\min}$ et P_{average} sont calculées à partir de trois mesures de puissance de sortie consécutives P_{n-2} , P_{n-1} et P_n .

Une formule et une méthode similaires sont utilisées pour déterminer l'amplitude de la variation de I_{mp} .

Le cas échéant, une formule et une méthode similaires peuvent également être utilisées pour le rendement des cellules η et d'autres paramètres.

Lorsqu'une cellule d'essai particulière atteint la condition de quasi-stabilisation de la dégradation induite par la lumière mentionnée ci-dessus, ses données pour les dernières mesures I - V doivent être enregistrées correctement, et la cellule doit être exemptée d'essais supplémentaires.

6.6 Pour les échantillons qui n'atteignent pas la quasi-stabilisation, comme défini à l'étape 6.5, répéter l'étape 6.2 à une exposition à la lumière de 1 kWh/m², puis répéter l'étape 6.1.

6.7 Un échantillon est exempt d'essais supplémentaires, lorsque l'une des conditions suivantes est satisfaite:

- a) la quasi-stabilisation de la dégradation induite par la lumière, telle que définie à l'étape 6.5, a été atteinte, ou
- b) l'exposition cumulée a atteint 20 kWh/m².