

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic (PV) modules – Ammonia corrosion testing

Modules photovoltaïques (PV) – Essai de corrosion à l'ammoniac





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 62716

Edition 1.0 2013-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Photovoltaic (PV) modules – Ammonia corrosion testing

Modules photovoltaïques (PV) – Essai de corrosion à l'ammoniac

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 27.160

ISBN 978-2-83220-887-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Samples	5
4 Test procedures	9
4.1 General	9
4.2 Bypass diode functionality test	9
4.2.1 Purpose.....	9
4.2.2 Apparatus.....	9
4.2.3 Procedure.....	9
4.2.4 Requirements	9
5 Preconditioning	10
6 Initial measurements	10
6.1 General	10
6.2 Crystalline silicon	10
6.3 Thin-film technologies	10
7 Ammonia resistance test procedure	10
7.1 Testing facility and material.....	10
7.2 Test conditions and execution	10
8 Cleaning and recovery.....	11
9 Final measurements	11
9.1 General	11
9.2 Crystalline silicon	11
9.3 Thin-film technologies	12
10 Requirements	12
10.1 General	12
10.2 Crystalline silicon	12
10.3 Thin-film technologies	12
11 Test report.....	13
Figure 1 – Ammonia resistance test sequence for crystalline PV modules.....	7
Figure 2 – Ammonia resistance test sequence for thin-film PV modules	8
Table 1 – Test conditions	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES –
AMMONIA CORROSION TESTING****FOREWORD**

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

International Standard IEC 62716 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
82/769/FDIS	82/778/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 stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES – AMMONIA CORROSION TESTING

1 Scope and object

Photovoltaic (PV) modules are electrical devices intended for continuous outdoor exposure during their lifetime. Highly corrosive wet atmospheres, such as in the environment of stables of agricultural companies, could eventually degrade some of the PV module components (corrosion of metallic parts, deterioration of the properties of some non-metallic materials – such as protective coatings and plastics – by assimilation of ammonia) causing permanent damages that could impair their functioning and safe operation.

This standard describes test sequences useful to determine the resistance of PV modules to ammonia (NH₃). All tests included in the sequences, except the bypass diode functionality test, are fully described in IEC 61215, IEC 61646 and IEC 61730-2. They are combined in this standard to provide means to evaluate possible faults caused in PV modules when operating under wet atmospheres having high concentration of dissolved ammonia (NH₃).

This standard applies to flat plate PV modules. The structure of this standard follows closely IEC 61701.

2 Normative references

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

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

IEC 61646:2008, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

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

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

ISO 6988:1985, *Metallic and other non organic coatings – Sulfur dioxide test with general condensation of moisture*

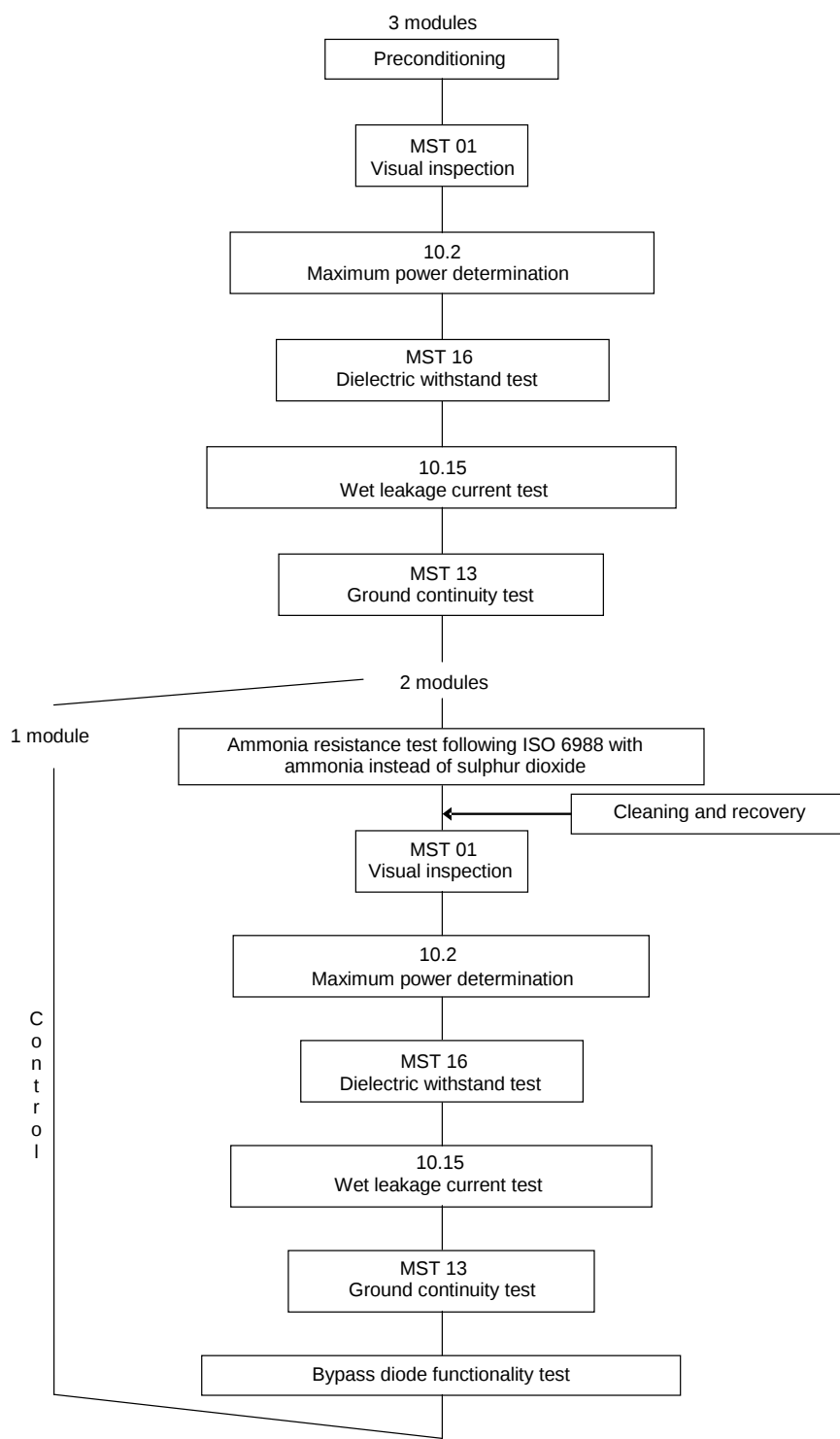
3 Samples

Three identical samples of the model of PV module or assembly of interest shall be subjected to any of the testing sequences included in Figures 1 or 2, depending on the PV technology considered, namely crystalline silicon or thin-film respectively. As the figures indicate one of these samples should be used as a control. The control sample should be used as a check every time the test samples are measured to evaluate the effect of the ammonia exposure test.

If a full-size sample is too large to fit into the environmental chambers required for the ammonia exposure test then 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. The fact that the test has been made on representative samples and not on the full-size samples has to be indicated and reported in the test report item g), see Clause 11.

If the PV module is provided with means for grounding then they constitute a part of the test sample.

The test results relate only to the sample structure as tested. If a module manufacturer uses several sources for PV module components, additional test samples are required. Samples shall be chosen in such way, that each encapsulation material used and any component forming an outer surface of the module used in the product range is represented.

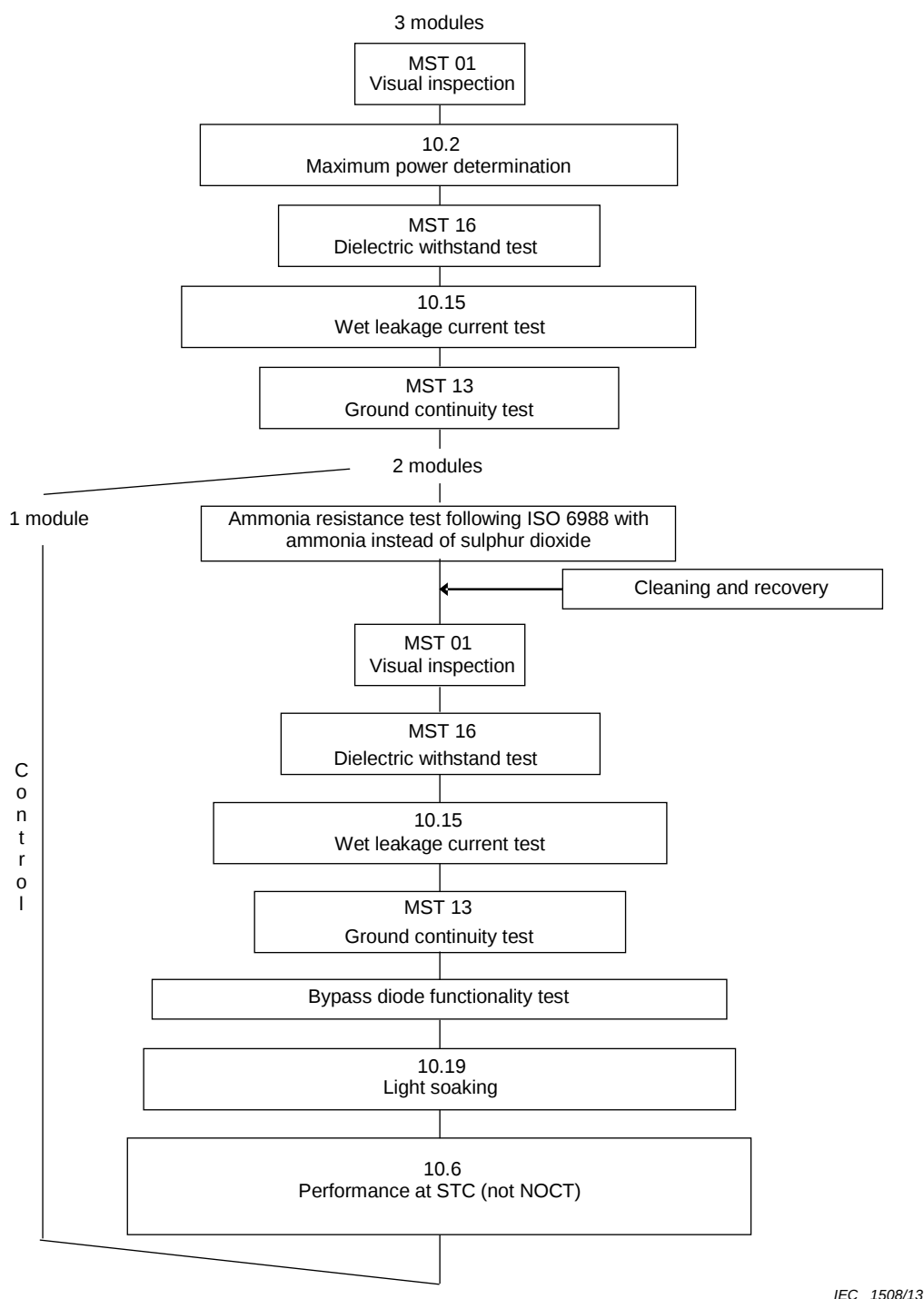


IEC 1507/13

NOTE 1 Preconditioning and tests 10.2 and 10.15 are taken from IEC 61215:2005. Tests MST 01, MST 13 and MST 16 are taken from IEC 61730-2:2004.

NOTE 2 The control module should be used as a check every time the test modules are measured to evaluate the effect of the salt mist test.

Figure 1 – Ammonia resistance test sequence for crystalline PV modules



IEC 1508/13

NOTE 1 Tests 10.2, 10.6, 10.15 and 10.19 are taken from IEC 61646:2008. Tests MST 01, MST 13 and MST 16 are taken from IEC 61730-2:2004.

NOTE 2 The control module should be used as a check every time the test modules are measured to evaluate the effect of the ammonia resistance test.

NOTE 3 A maximum power determination can be added after ammonia resistance testing according to test 10.2 of IEC 61646:2008 for diagnostic purposes. Whether light soaking is required is dependent on the kind of thin-film technology tested.

NOTE 4 Test 10.6 is performed as a part of the requirements corresponding to test 10.19 as described in IEC 61646:2008. For the remaining requirements use test MST 01 instead of 10.1 and MST 16 instead of 10.13.

Figure 2 – Ammonia resistance test sequence for thin-film PV modules

4 Test procedures

4.1 General

All tests included in Figures 1 or 2, except the bypass diode functionality test, are fully described (including purpose, apparatus, procedure and requirements) in the IEC standards from where the specific tests are taken (see notes in the figures). Tests included in Figures 1 or 2 shall be performed in the specified order. Any changes and deviations shall be recorded and reported in details, as required in Clause 11, item I).

4.2 Bypass diode functionality test

4.2.1 Purpose

The purpose of this test is to verify that the bypass diode(s) of the test samples remain(s) functional following the ammonia exposure. In case of modules without bypass diodes this test can be omitted.

4.2.2 Apparatus

- DC power source capable of applying a current up to 1,25 times the Standard Test Conditions (STC) short-circuit current of the sample under test and means for monitoring the flow of current through the test sample during the test period.
- Equipment for measuring the voltage drop across the test sample at an accuracy of $\pm 0,5$ % of reading.
- Equipment for measuring test current at an accuracy of $\pm 0,5$ % of reading.

4.2.3 Procedure

This procedure can be conducted in any ambient within (25 ± 10) °C. During the test the sample shall not be subjected to illumination.

- Electrically short any blocking diodes incorporated to the test sample.
- Determine the rated STC short-circuit current of the test sample from its label or instruction sheet.
- Connect the DC power source's positive output to the test sample negative leads and the DC power source's negative output to the test sample 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. With this configuration the current shall pass through the cells in the reverse direction and through the diode(s) in the forward direction.

In the case of modules with overlapping bypass diode circuits, it may be necessary to install a jumper cable to assure that all of the current is flowing through one bypass diode.

- Apply a current equal to of 1,25 times (± 5 %) the STC short-circuit current of the test sample for a period of 1 h.

4.2.4 Requirements

After the 1 h of current flow check that the bypass diode(s) remain(s) operational. A possible method is to again pass a forward current through the diode(s) by passing a reverse current through the cells and then monitor the temperature of the diode(s) with the aid of a thermal IR camera. Diode(s) shall reach thermal equilibrium with the environment after step d) above before applying this procedure. Another option is to shade a solar cell protected by each diode (one per string, step by step) in the PV module and verify the characteristics of the resulting I-V curve (under illumination close to Standard Test Conditions) to check if the bypass diode(s) is (are) working.

5 Preconditioning

All test samples shall be preconditioned with either global or direct normal sunlight (natural or simulated) according to the specifications given in the applicable design qualification and type approval IEC Standard applicable to the PV module technology considered, i.e., IEC 61215:2005 for crystalline silicon and IEC 61646:2008 for thin-film materials. At the time of writing this standard no preconditioning is specified for thin-film technologies in IEC 61646:2008.

6 Initial measurements

6.1 General

The following initial measurements shall be performed on the selected samples depending on the PV module technology being evaluated.

6.2 Crystalline silicon

The test sequence is shown in Figure 1.

- Tests according to IEC 61215:2005:
 - a) 10.2: Maximum power determination
 - b) 10.15: Wet leakage current test
- Tests according to IEC 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Visual inspection
 - d) MST 13: Ground continuity test
 - e) MST 16: Dielectric withstand test

NOTE The reference before each test corresponds to its identification in the relevant IEC standard.

6.3 Thin-film technologies

The test sequence is shown in Figure 2.

- Tests according to IEC 61646:2008:
 - a) 10.2: Maximum power determination
- Tests according to IEC 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Visual inspection
 - d) MST 13: Ground continuity test
 - e) MST 16: Dielectric withstand test

NOTE 1 The only purpose of this test is to verify that the PV module is operational before being subjected to the subsequent tests of the sequence.

NOTE 2 The reference before each test corresponds to its identification in the relevant IEC standard.

7 Ammonia resistance test procedure

7.1 Testing facility and material

As described in Clause 3 of ISO 6988:1985.

7.2 Test conditions and execution

The test conditions are fixed in Table 1.

Table 1 – Test conditions

Cycles	1 test section	Hours	8 h including heating up
		NH ₃ -concentration	6 667 ppm ¹⁾
		Temperature	(60 ± 3) °C
		Relative humidity	Saturation at about 100 % (dewing of the samples)
	2 test section	Hours	16 h including cooling (Test chamber opened and/or ventilates)
		NH ₃ -concentration	0 ppm
		Temperature	18 °C to 28 °C
		Relative humidity	max. 75 %
Duration		20 cycles (480 h)	
¹⁾ The concentration is related to the volume of the test chamber and corresponds to a ground quantity of water of 2 l with a chamber volume of 300 l. The level of concentration is derived from DIN 50018, Table 1.			

During testing the inclination to the vertical of the face of the PV module normally exposed to solar irradiance shall be 15° to 30° inside the test chamber. The two samples shall be installed in the chamber such that they are oriented in opposite directions. One sample's front side facing the chamber outer wall, one sample's rear side facing the chamber outer wall.

8 Cleaning and recovery

After the ammonia test all samples shall be washed to remove the adherent ammonia using running tap water (not artificially pressurised) for a maximum time of 5 min per square metre of area of the sample. Once the washing is finished distilled or demineralized water shall be used to rinse the samples, followed by complete drying at room temperature. To accelerate drying it is allowed to shake the test sample by hand or to use air blasts with the aid of a fan. The temperature of the water used for washing shall not exceed 35 °C. During cleaning or drying the use of cloths, gauzes or any other woven material shall be avoided and no scraping is allowed. After drying, the recovery time shall be minimised and the applicable testing sequence shall be continued as soon as possible to avoid further damage produced by ammonia chloride depositions.

9 Final measurements

9.1 General

After the ammonia exposure the test samples shall be subjected to the following tests depending on the PV module technology.

9.2 Crystalline silicon

The test sequence is shown in Figure 1.

- Tests according to IEC 61215:2005:
 - a) 10.2: Maximum power determination
 - b) 10.15: Wet leakage current test
- Tests according to IEC 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Visual inspection
 - d) MST 13: Ground continuity test

- e) MST 16: Dielectric withstand test

NOTE The reference before each test corresponds to its identification in the relevant IEC standard.

- Test according to this standard:
 - f) Bypass diode functionality test

9.3 Thin-film technologies

The test sequence is shown in Figure 2.

- Tests according to IEC 61646:2008:
 - a) 10.6: Performance at STC (not NOCT)
 - b) 10.15: Wet leakage current test
 - c) 10.19: Light soaking
- Tests according to IEC 61730-2:2004:
 - d) MST 01: Visual inspection
 - e) MST 13: Ground continuity test
 - f) MST 16: Dielectric withstand test

NOTE The reference before each test corresponds to its identification in the relevant IEC standard.

- Test according to this standard:
 - g) Bypass diode functionality test

10 Requirements

10.1 General

The following requirements shall be fulfilled by the two PV samples that undergo the testing sequences included in Figures 1 or 2.

10.2 Crystalline silicon

- After the ammonia exposure test there shall be no evidence of major visual defects as described in IEC 61730-2:2004 including also no mechanical deterioration or corrosion of module components which would significantly impair their function during their intended life.
- After the ammonia exposure test the maximum power shall not decrease by more than 5 % of the initial value.

The pass/fail criteria shall consider the laboratory uncertainty of the measurement

- All pass fail criteria corresponding to tests 10.15, MST 13 and MST 16 shall be fulfilled according to what is specified in IEC 61215:2005 and IEC 61730-2:2004 for these specific tests.
- The requirement for the bypass diode functionality test shall be also fulfilled.

10.3 Thin-film technologies

- After the ammonia exposure test there shall be no evidence of major visual defects as described in IEC 61730-2:2004 including also no mechanical deterioration or corrosion of module components which would significantly impair their function during their intended life.
- After the light soaking the maximum power at Standard Test Conditions (STC) shall not be less than 90 % of the minimum value specified by the manufacturer in the marking of the PV module.

The pass/fail criteria shall consider the laboratory uncertainty of the measurement.

- All pass fail criteria corresponding to tests 10.15, 10.19, MST 13 and MST 16 shall be fulfilled according to what is specified in IEC 61646:2008 and IEC 61730-2:2004 for these specific tests.

In the case of the requirements corresponding to test 10.19 (light soaking) MST 01 of IEC 61730-2:2004 shall be applied instead of test 10.1 of IEC 61646:2008 and MST 16 of IEC 61730-2:2004 shall be applied instead of test 10.3 of IEC 61646:2008.

- The requirement for the bypass diode functionality test shall be also fulfilled.

11 Test report

A test report with measured performance characteristics and test results shall be prepared by the test agency in accordance with ISO/IEC 17025. The test report shall contain the following data:

- a) a title;
- b) name and address of the test laboratory and location where the tests were carried out;
- c) unique identification of the certification or report and of each page, and a clear identification of the purpose of the test report;
- d) name and address of client, where appropriate;
- e) reference to sampling procedure, where relevant;
- f) date of receipt of test items and date(s) of test, where appropriate;
- g) description and identification of the items tested. If the test has been made on representative samples and not on the full-size samples this has to be clearly indicated;
- h) characterization and condition of the test items;
- i) identification of test method used;
- j) characteristics of the ammonia solution used;
- k) any deviations from, additions to or exclusions from the test method, and any other information relevant to a specific test, such as environmental conditions;
- l) measurements, examinations and derived results supported by tables, graphs, sketches and photographs as appropriate including any failures observed;
- m) a statement of the estimated uncertainty of the test results (where relevant);
- n) a signature and title, or equivalent identification of the person(s) accepting responsibility for the content of the certificate or report, and the date of issue;
- o) where relevant, a statement to the effect that the results relate only to the items tested;
- p) a statement that the report shall not be reproduced except in full, without the written approval of the laboratory.

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application et objet.....	17
2 Références normatives	17
3 Echantillons.....	17
4 Procédures d'essai	21
4.1 Généralités.....	21
4.2 Essai de fonctionnalité des diodes de dérivation	21
4.2.1 But	21
4.2.2 Appareillage	21
4.2.3 Procédure.....	21
4.2.4 Exigences.....	21
5 Préconditionnement.....	22
6 Mesures initiales	22
6.1 Généralités.....	22
6.2 Silicium cristallin	22
6.3 Technologies de type couches minces.....	22
7 Procédure d'essai de résistance à l'ammoniac.....	23
7.1 Essai de l'installation et du matériau	23
7.2 Condition et exécution de l'essai	23
8 Nettoyage et rétablissement	23
9 Mesures finales	24
9.1 Généralités.....	24
9.2 Silicium cristallin	24
9.3 Technologies de type couches minces.....	24
10 Exigences.....	24
10.1 Généralités.....	24
10.2 Silicium cristallin	24
10.3 Technologies de type couches minces.....	25
11 Rapport d'essai	25
Figure 1 – Séquence d'essais de résistance à l'ammoniac pour des modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin	19
Figure 2 – Séquence d'essais de résistance à l'ammoniac pour des modules photovoltaïques (PV) en couches minces.....	20
Tableau 1 – Conditions d'essais	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –
ESSAI DE CORROSION À L'AMMONIAC

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62716 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
82/769/FDIS	82/778/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 stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) – ESSAI DE CORROSION À L'AMMONIAC

1 Domaine d'application et objet

Les modules photovoltaïques (PV) sont des dispositifs électriques destinés à être placés en permanence à l'extérieur pendant toute leur durée de vie. Les atmosphères humides fortement corrosives, telles que l'environnement des écuries des entreprises agricoles, peuvent finir par dégrader certains composants des modules photovoltaïques (corrosion des pièces métalliques, détérioration des propriétés de certains matériaux non métalliques, par exemple les revêtements de protection et les matières plastiques, par assimilation d'ammoniac) provoquant des dégâts permanents qui peuvent altérer leur fonctionnement et leur fonctionnement sans danger.

La présente Norme décrit des séquences d'essai pour déterminer la résistance des modules photovoltaïques à la corrosion due à l'ammoniac (NH_3). Tous les essais inclus dans les séquences, à l'exception de l'essai de fonctionnalité des diodes de dérivation, sont décrits de façon détaillée dans les CEI 61215, CEI 61646 et CEI 61730-2. Ils sont combinés dans la présente Norme pour fournir des moyens d'évaluer les anomalies possibles causées dans les modules photovoltaïques qui fonctionnent en atmosphères humides avec une forte concentration d'ammoniac dissous (NH_3).

La présente Norme s'applique à des modules photovoltaïques plans. La structure de cette norme est très similaire à la CEI 61701.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 61215:2005, *Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

CEI 61646:2008, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

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

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

ISO 6988:1985, *Revêtements métalliques et autres revêtements non organiques – Essai au dioxyde de soufre avec condensation générale de l'humidité*

3 Échantillons

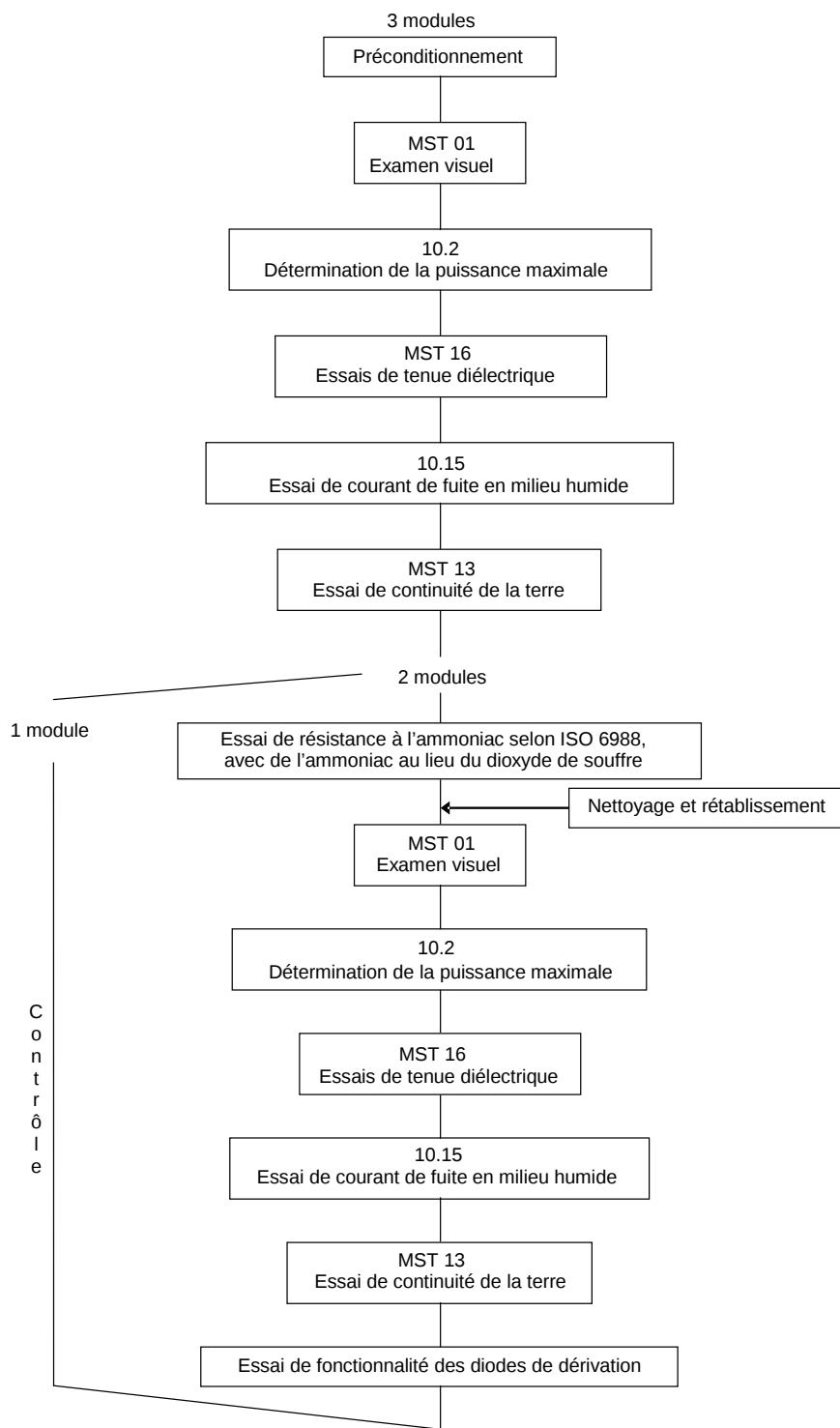
Trois échantillons identiques du modèle de module ou d'ensemble photovoltaïque considéré doivent être soumis à l'une des séquences d'essai présentées dans les Figures 1 ou 2, en

fonction de la technologie photovoltaïque considérée, à savoir la technologie photovoltaïque au silicium cristallin ou de type couches minces, respectivement. Comme les figures l'indiquent, il convient d'utiliser un de ces échantillons comme moyen de contrôle. Il convient d'utiliser l'échantillon de contrôle comme moyen de vérification chaque fois que les échantillons d'essai sont mesurés pour évaluer l'effet de l'essai d'exposition à l'ammoniac.

Si l'échantillon à taille réelle est trop grand pour tenir dans les chambres environnementales requises pour l'essai d'exposition à l'ammoniac, alors un échantillon représentatif plus petit peut être conçu et fabriqué spécialement pour cet essai. Il convient de concevoir l'échantillon représentatif avec précaution afin qu'il puisse révéler des mécanismes de défaillance similaires à l'échantillon à taille réelle et il convient que le processus de fabrication de l'échantillon représentatif ressemble le plus possible au processus de fabrication de l'échantillon à taille réelle. Le fait que l'essai ait été effectué sur des échantillons représentatifs et non sur les échantillons à taille réelle doit être indiqué et rapporté dans le rapport d'essai au point g), voir Article 11.

Si le module photovoltaïque est doté de moyens de mise à la terre, ceux-ci font partie de l'échantillon d'essai.

Les résultats des essais ne concernent que les échantillons soumis aux essais. Si un fabricant de modules utilise plusieurs sources pour les composants des modules photovoltaïques, des échantillons d'essai supplémentaires sont requis. Les échantillons d'essai doivent être choisis de manière à ce que tous les matériaux d'encapsulation et tous les composants de la surface externe du module utilisés dans la gamme du produit soient représentés.

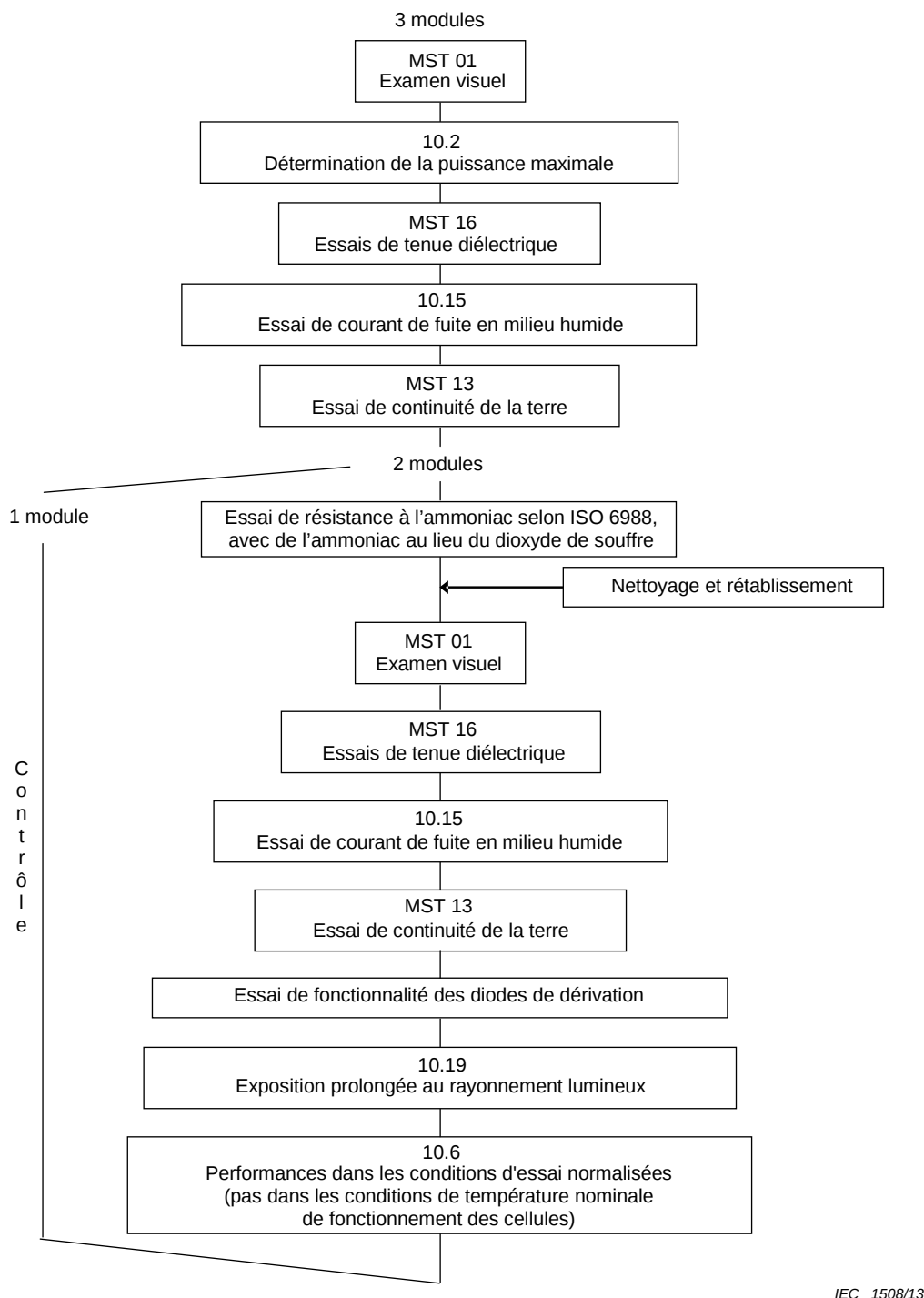


IEC 1507/13

NOTE 1 Le préconditionnement et les essais 10.2 et 10.15 proviennent de la CEI 61215:2005. Les essais MST 01, MST 13 et MST 16 proviennent de la CEI 61730-2:2004.

NOTE 2 Il convient d'utiliser le module de contrôle comme moyen de vérification chaque fois que les modules d'essai sont mesurés pour évaluer l'effet de l'essai de résistance au brouillard salin.

Figure 1 – Séquence d'essais de résistance à l'ammoniac pour des modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin



IEC 1508/13

NOTE 1 Les essais 10.2, 10.6, 10.15 et 10.19 proviennent de la CEI 61646:2008. Les essais MST 01, MST 13 et MST 16 proviennent de la CEI 61730-2:2004.

NOTE 2 Il convient d'utiliser le module de contrôle comme moyen de vérification chaque fois que les modules d'essai sont mesurés pour évaluer l'effet de l'essai de résistance à l'ammoniac.

NOTE 3 La détermination de la puissance maximale après l'essai de résistance à l'ammoniac conformément à l'essai 10.2 de la CEI 61646:2008 peut être faite pour diagnostiquer uniquement. En fonction du type de technologies de type couches minces soumis à l'essai, l'exposition prolongée au rayonnement lumineux peut être exigée.

NOTE 4 L'essai 10.6 fait partie des exigences correspondant à l'essai 10.19 comme cela est décrit dans la CEI 61646:2008. Pour les exigences restantes, utiliser l'essai MST 01 à la place de 10.1 et MST 16 à la place de 10.3.

Figure 2 – Séquence d'essais de résistance à l'ammoniac pour des modules photovoltaïques (PV) en couches minces

4 Procédures d'essai

4.1 Généralités

Tous les essais présentés dans les Figures 1 ou 2, à l'exception de l'essai de fonctionnalité des diodes de dérivation, sont entièrement décrits (y compris le but, l'appareillage, les procédures et les exigences) dans les Normes CEI d'où proviennent les essais spécifiques (voir les notes dans les Figures). Les essais inclus dans les Figures 1 ou 2 doivent être effectués dans l'ordre spécifié. Toutes les modifications et tous les écarts doivent être enregistrés et indiqués en détails, comme cela est requis au point I) de l'Article 11.

4.2 Essai de fonctionnalité des diodes de dérivation

4.2.1 But

Cet essai sert à vérifier que la(les) diode(s) de dérivation des échantillons d'essai est(sont) toujours fonctionnelle(s) après l'exposition à l'ammoniac. Dans le cas où les modules n'ont pas de diode de dérivation, cet essai peut ne pas être réalisé.

4.2.2 Appareillage

- a) Une source d'alimentation en courant continu capable de délivrer un courant pouvant atteindre, dans des conditions d'essai normalisées, 1,25 fois le courant de court-circuit de l'échantillon soumis à l'essai et un moyen de contrôle du courant circulant dans l'échantillon d'essai pendant la période d'essai.
- b) Un équipement pour mesurer la chute de tension aux bornes de l'échantillon d'essai avec une précision de $\pm 0,5 \%$ de la valeur lue.
- c) Un équipement pour mesurer le courant d'essai avec une précision de $\pm 0,5 \%$ de la valeur lue.

4.2.3 Procédure

La présente procédure peut être réalisée dans toutes les conditions ambiantes en respectant une température de $25 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$. Pendant l'essai, l'échantillon ne doit pas être illuminé.

- a) Court-circuiter électriquement toutes les diodes anti-retour présentes dans l'échantillon d'essai.
- b) Déterminer, dans des conditions d'essai normalisées, le courant de court-circuit assigné de l'échantillon d'essai par rapport à son étiquette ou à sa fiche d'instructions.
- c) Brancher la sortie positive de la source d'alimentation en courant continu aux conducteurs négatifs de l'échantillon d'essai et la sortie négative de la source d'alimentation en courant continu aux conducteurs positifs de l'échantillon d'essai en utilisant des câbles respectant la jauge pour câble minimum recommandée par le fabricant. Suivre les recommandations du fabricant pour insérer les câbles dans le compartiment de câblage. Avec cette configuration, le courant doit traverser les cellules dans le sens inverse et traverser la(les) diode(s) dans le sens direct.

Certains modules sont équipés de circuits à diodes de dérivation qui se chevauchent. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'installer un câble de liaison pour s'assurer que tout le courant traverse une diode de dérivation.

- d) Appliquer un courant égal à 1,25 fois ($\pm 5 \%$) le courant de court-circuit de l'échantillon d'essai, dans des conditions d'essai normalisées, pendant une période de 1 h.

4.2.4 Exigences

Après 1 h de circulation du courant, vérifier que la(les) diode(s) de dérivation est(sont) toujours fonctionnelle(s). Une méthode possible consiste à refaire circuler un courant direct dans la(les) diode(s) en envoyant un courant inverse dans les cellules, puis en contrôlant la température de la(des) diode(s) à l'aide d'une caméra thermique à infrarouge. La(les) diode(s) doit(vent) atteindre un équilibre thermique avec l'environnement à la fin de l'étape d) ci-dessus.

avant d'appliquer cette procédure. Une autre option consiste à placer à l'ombre une cellule solaire protégée par chaque diode (une par chaîne, étape par étape) dans le module photovoltaïque et vérifier les caractéristiques de la courbe I-V résultante (sous une illumination proche des conditions d'essai normalisées) pour vérifier si la(les) diode(s) de dérivation fonctionne(nt).

5 Préconditionnement

Tous les échantillons d'essai doivent être preconditionnés à la lumière du soleil globale ou directe (naturelle ou simulée) conformément aux spécifications données dans la norme CEI Qualification de la conception et homologation, applicable à la technologie de module photovoltaïque considérée, c'est-à-dire la CEI 61215:2005 pour le silicium cristallin et la CEI 61646:2008 pour les matériaux de type couches minces. Au moment de la rédaction de la présente Norme, aucun preconditionnement n'est spécifié pour les technologies de type couches minces dans la CEI 61646:2008.

6 Mesures initiales

6.1 Généralités

Les mesures initiales suivantes doivent être effectuées sur les échantillons sélectionnés en fonction de la technologie des modules photovoltaïques évalués.

6.2 Silicium cristallin

La séquence d'essai est indiquée à la Figure 1.

- Essais selon la CEI 61215:2005:
 - a) 10.2: Détermination de la puissance maximale
 - b) 10.15: Essai de courant de fuite en milieu humide
- Essais selon la CEI 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Examen visuel
 - d) MST 13: Essai de continuité de la terre
 - e) MST 16: Essais de tenue diélectrique

NOTE La référence avant chaque essai correspond à son identification dans la norme CEI applicable.

6.3 Technologies de type couches minces

La séquence d'essai est indiquée à la Figure 2.

- Essais selon la CEI 61646:2008:
 - a) 10.2: Détermination de la puissance maximale
- NOTE 1 Cet essai sert uniquement à vérifier que le module photovoltaïque est fonctionnel avant d'être soumis aux essais suivants de la séquence.
- b) 10.15: Essai de courant de fuite en milieu humide
- Essais selon la CEI 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Examen visuel
 - d) MST 13: Essai de continuité de la terre
 - e) MST 16: Essais de tenue diélectrique

NOTE 2 La référence avant chaque essai correspond à son identification dans la norme CEI applicable.

7 Procédure d'essai de résistance à l'ammoniac

7.1 Essai de l'installation et du matériau

Décrit à l'Article 3 de l'ISO 6988:1985.

7.2 Condition et exécution de l'essai

Les conditions d'essai sont établies dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Conditions d'essais

Cycles	Section d'essai 1	Heures	8 h, échauffement inclus
		Concentration en NH ₃	6 667 ppm ¹⁾
		Température	60 °C ± 3 °C
		Humidité relative	Saturation à environ 100 % (humidification des échantillons)
	Section d'essai 2	Heures	16 h, refroidissement inclus (chambre d'essai ouverte et/ou ventilée)
		Concentration en NH ₃	0 ppm
		Température	De 18 °C à 28 °C
		Humidité relative	max. 75 %
Durée		20 cycles (480 h)	

¹⁾ La concentration est liée au volume de la chambre d'essai et correspond à une quantité de référence de 2 l d'eau avec un volume de chambre de 300 l. Le niveau de concentration est dérivé du Tableau 1 de la DIN 50018.

Pendant l'essai, l'inclinaison à la verticale de la face du module photovoltaïque normalement exposée au rayonnement solaire doit être de 15° à 30° à l'intérieur de la chambre d'essai. Les deux échantillons doivent être installés dans la chambre de façon à ce qu'ils soient orientés dans des directions opposées. La face d'un échantillon face au mur extérieur de la chambre, l'arrière d'un échantillon face au mur extérieur de la chambre.

8 Nettoyage et rétablissement

Une fois l'essai à l'ammoniac terminé, tous les échantillons doivent être lavés pour retirer l'ammoniac en les passant sous l'eau du robinet (non pressurisée artificiellement) pendant une durée maximale de 5 min par mètre carré de la surface de l'échantillon. Une fois le lavage terminé, de l'eau distillée ou déminéralisée doit être utilisée pour rincer les échantillons, puis les échantillons doivent être complètement séchés à la température de la salle. Pour accélérer le séchage, il est autorisé de secouer l'échantillon d'essai à la main ou d'utiliser des courants d'air au moyen d'un ventilateur. La température de l'eau utilisée pour le lavage ne doit pas dépasser 35 °C. Pendant le nettoyage ou le séchage, on doit éviter d'utiliser un chiffon, de la gaze ou tout autre matériau tissé. Il est également interdit de gratter les échantillons. Après le séchage, le temps de rétablissement doit être minimisé et la séquence d'essai applicable doit être reprise dès que possible pour éviter que les dépôts de chlorure d'ammonium ne produisent d'autres dégâts.

9 Mesures finales

9.1 Généralités

Une fois l'exposition à l'ammoniac terminée, les échantillons d'essai doivent être soumis aux essais suivants en fonction de la technologie des modules photovoltaïques.

9.2 Silicium cristallin

La séquence d'essai est indiquée à la Figure 1.

- Essais selon la CEI 61215:2005:
 - a) 10.2: Détermination de la puissance maximale
 - b) 10.15: Essai de courant de fuite en milieu humide
- Essais selon la CEI 61730-2:2004:
 - c) MST 01: Examen visuel
 - d) MST 13: Essai de continuité de la terre
 - e) MST 16: Essais de tenue diélectrique

NOTE La référence avant chaque essai correspond à son identification dans la norme CEI applicable.

- Essai selon la présente norme:
 - f) Essai de fonctionnalité des diodes de dérivation

9.3 Technologies de type couches minces

La séquence d'essai est indiquée à la Figure 2.

- Essais selon la CEI 61646:2008:
 - a) 10.6: Performances dans les conditions d'essai normalisées (pas dans les conditions de température nominale de fonctionnement des cellules)
 - b) 10.15: Essai de courant de fuite en milieu humide
 - c) 10.19: Exposition prolongée au rayonnement lumineux
- Essais selon la CEI 61730-2:2004:
 - d) MST 01: Examen visuel
 - e) MST 13: Essai de continuité de la terre
 - f) MST 16: Essais de tenue diélectrique

NOTE La référence avant chaque essai correspond à son identification dans la norme CEI applicable.

- Essai selon la présente norme:
 - g) Essai de fonctionnalité des diodes de dérivation

10 Exigences

10.1 Généralités

Les exigences suivantes doivent être satisfaites par les deux échantillons photovoltaïques qui subissent les séquences d'essai présentées aux Figures 1 ou 2.

10.2 Silicium cristallin

- Une fois l'exposition à l'ammoniac terminée, on ne doit pas constater de défauts visuels majeurs comme cela est décrit dans la CEI 61730-2:2004, ni de détérioration mécanique ou de corrosion des composants du module qui altérerait fortement leur fonctionnement pendant leur durée de vie prévue.

- Une fois l'exposition à l'ammoniac terminée, la puissance maximale ne doit pas diminuer de plus de 5 % de sa valeur initiale.

Les critères d'acceptation/de refus doivent tenir compte des incertitudes de mesure du laboratoire.

- Tous les critères d'acceptation et de rejet correspondants aux essais 10.15, MST 13 et MST 16 doivent être satisfaits selon les spécifications des CEI 61215:2005 et CEI 61730-2:2004 pour ces essais spécifiques.
- Les exigences pour l'essai de fonctionnalité des diodes de dérivation doivent également être satisfaites.

10.3 Technologies de type couches minces

- Une fois l'exposition à l'ammoniac terminée, on ne doit pas constater de défauts visuels majeurs comme cela est décrit dans la CEI 61730-2:2004, ni de détérioration mécanique ou de corrosion des composants du module qui altérerait fortement leur fonctionnement pendant leur durée de vie prévue.
- Après l'exposition prolongée au rayonnement lumineux, la puissance maximale dans les conditions d'essai normalisées ne doit pas être inférieure à 90 % de la valeur minimale spécifiée par le fabricant sur le marquage du module photovoltaïque.

Les critères d'acceptation/de refus doivent tenir compte des incertitudes de mesure du laboratoire.

- Tous les critères d'acceptation et de rejet correspondants aux essais 10.15, 10.19, MST 13 et MST 16 doivent être satisfaits selon les spécifications des CEI 61646:2008 et CEI 61730-2:2004 pour ces essais spécifiques.

Dans le cas des exigences correspondant à l'essai 10.19 (Exposition prolongée au rayonnement lumineux), l'essai MST 01 de la CEI 61730-2:2004 doit s'appliquer au lieu de l'essai 10.1 de la CEI 61646:2008 et l'essai MST 16 de la CEI 61730-2:2004 doit s'appliquer au lieu de l'essai 10.3 de la CEI 61646:2008.

- Les exigences pour l'essai de fonctionnalité des diodes de dérivation doivent également être satisfaites.

11 Rapport d'essai

Un rapport d'essai avec les caractéristiques des performances mesurées et les résultats des essais doit être préparé par l'agence en charge des essais conformément à l'ISO/CEI 17025. Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) un titre;
- b) le nom et l'adresse du laboratoire d'essai et l'endroit où les essais ont été réalisés;
- c) l'identification unique de la certification ou du rapport et de chaque page, et une identification claire de l'objectif du rapport d'essai;
- d) le nom et l'adresse du client, s'il y a lieu;
- e) une référence à la procédure d'échantillonnage, s'il y a lieu;
- f) la date de réception des éléments soumis aux essais et la ou les dates des essais, s'il y a lieu;
- g) une description et une identification des éléments soumis aux essais. Si l'essai a été réalisé sur des échantillons représentatifs et non sur des échantillons à taille réelle, cela doit être clairement indiqué;
- h) la caractérisation et les conditions des éléments soumis aux essais;
- i) une identification de la méthode d'essai utilisée;
- j) les caractéristiques de la solution d'ammoniac utilisée;

- k) tout écart, tout ajout ou toute exclusion par rapport à la méthode d'essai ou toute autre information se rapportant à un essai spécifique, par exemple les conditions d'environnement;
- l) les mesures, les examens et les résultats dérivés accompagnés de tableaux, de graphiques, de croquis et de photographies, selon le cas, incluant les défauts observés;
- m) une déclaration de l'incertitude estimée des résultats d'essai (le cas échéant);
- n) une signature et un titre, ou une identification équivalente de la ou des personne(s) acceptant la responsabilité du contenu du certificat ou du rapport, et la date de publication;
- o) le cas échéant, une déclaration indiquant que les résultats ne concernent que les éléments soumis aux essais;
- p) une déclaration indiquant que le rapport ne doit pas être reproduit sauf dans sa totalité, sans l'accord écrit du laboratoire.

Une copie de ce rapport doit être conservée par le laboratoire et le fabricant pour servir de référence.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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