

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Photovoltaic (PV) modules – Transportation testing –
Part 1: Transportation and shipping of module package units**

**Modules photovoltaïques (PV) – Essais de transport –
Partie 1: Transport et expédition d'unités d'emballage de modules**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2015 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
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

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

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 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 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 60 000 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

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 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

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

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne 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 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 60 000 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

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Photovoltaic (PV) modules – Transportation testing –
Part 1: Transportation and shipping of module package units**

**Modules photovoltaïques (PV) – Essais de transport –
Partie 1: Transport et expédition d'unités d'emballage de modules**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322--2757-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	6
4 Sampling	7
5 Handling.....	7
6 Testing procedures	8
6.1 General.....	8
6.2 Measurements	11
6.3 Transportation testing	11
6.3.1 General	11
6.3.2 Random vibration testing.....	11
6.3.3 Shock testing	12
6.4 Environmental stress tests	13
6.4.1 PV modules	13
6.4.2 CPV modules and receivers	14
7 Reporting	14
Annex A (normative) Test profiles	16
A.1 Overview	16
A.2 Data points of appropriate PSD test profiles.....	16
Figure 1 – Test sequences for PV modules.....	9
Figure 2 – Test sequences for CPV modules	10
Figure A.1 – Appropriate PSD test profile	18
Table A.1 – Severity of common transport test profiles: complete and in range (5 Hz – 200 Hz)	16
Table A.2 – Main reference ASTM D4169 (truck medium)	17
Table A.3 – Grid points ISO 13355	17
Table A.4 – IEC 60068-2-64 / MIL STD 810G	17
Table A.5 – ISTA 3E	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC (PV) MODULES –
TRANSPORTATION TESTING –****Part 1: Transportation and shipping of module package units****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 62759-1 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
82/962/FDIS	82/982/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.

A list of all parts of IEC 62759 series, under the general title *Photovoltaic (PV) modules – Transportation testing*, can be found on the IEC website.

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 – TRANSPORTATION TESTING –

Part 1: Transportation and shipping of module package units

1 Scope and object

Photovoltaic (PV) modules are electrical devices intended for continuous outdoor exposure during their lifetime. Existing type approval standards do not consider mechanical stresses that may occur during transportation to the PV installation destination.

This part of IEC 62759 describes methods for the simulation of transportation of complete package units of modules and combined subsequent environmental impacts, it does however not include pass/fail criteria.

This standard is designed so that its test sequence can co-ordinate with those of IEC 61215 or IEC 61646, so that a single set of samples may be used to perform both the transportation simulation and performance evaluation of a photovoltaic module design. This standard applies to flat plate photovoltaic modules, but may also be used as a basis for testing of CPV modules and assemblies.

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 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-64, *Environmental testing – Part 2-64: Tests – Test Fh: Vibration, broadband random and guidance*

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*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

IEC 62108:2007, *Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies – Design qualification and type approval*

IEC 62782, *Dynamic mechanical load testing for photovoltaic (PV) modules* (to be published)

ISO 13355, *Packaging – Complete, filled transport packages and unit loads – Vertical random vibration test*

ASTM D880-92:2008, *Standard Test Method for Impact Testing for Shipping Containers and Systems*

ASTM D4169:2008, *Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems*

ASTM D4728:2006, *Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers*

ASTM D5277:1992, *Test method for performing programmed horizontal impact using an incline impact tester*

ISTA 3E:2009, *Unitized Loads of Same Product*

MIL STD 810G, *Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC TS 61836:1999 and the following apply.

3.1

bandwidth

difference in Hz between the upper and lower limits of a frequency band. For the purposes of the described test method, the bandwidth may be considered equivalent to the frequency resolution of a spectrum analysis

3.2

overall g_{RMS}

square root of the integral of power spectral density over the total frequency range. It describes the severity or harshness of the testing grade

3.3

root mean square

r.m.s.

square root of the mean square value. In the exclusive case of a sine wave, the r.m.s. value is 0,707 times peak value

3.4

random vibration

oscillation whose instantaneous amplitude is not prescribed for any given instant in time. The instantaneous amplitudes of a random vibration are prescribed by a probability distribution function, the integral of which, over a given amplitude range, will give the probable percentage of time that the amplitude will fall within that range. Random vibration contains no periodic or quasi-periodic components

3.5

packaging

material and technology used to protect goods from transportation stresses and separate individual units from each other

3.6

power spectral density

PSD

expression of random vibration in terms of mean-square acceleration per unit of frequency. The units are g^2/Hz ($g^2/cycles/s$). Power spectral density is the limit of the mean square

amplitude in a given rectangular waveband divided by the bandwidth, as the bandwidth approaches zero

3.7

grade A PV modules

100 % functional modules without any visual or functional defects

3.8

grade B or lower PV modules

grade B or lower modules may have visual or functional defects. The modules should be equivalent to grade A modules regarding their mass, size and mechanical behavior.

4 Sampling

As test samples for the basic transportation and shock test methods, a shipping unit of PV modules shall be taken at random from a production batch or batches. The shipping unit shall contain the usual amount of PV modules. This test procedure is however designed for shipping units containing at least 10 modules. For further testing (path A and B for PV modules) at least six grade A modules are needed from the shipping unit.

Further three grade A modules are to be taken from a separate shipping unit not undergoing any transportation simulation.

Grade B or lower modules can be used to fill up the shipping system (uniform distribution) of samples, completing it to a regular shipping unit. Each individual substitute shall cover the same mass, size and bending stiffness as the modules to be tested in the subsequent environmental impact tests.

The shipping unit shall contain at least 25 % grade A modules. If the shipping unit contains less than 24 modules at least six grade A modules shall be provided.

In case of horizontal shipping the bottom and the top of the shipping unit shall be made up with grade A modules and in case of vertical shipping the outer modules of the shipping unit shall be made up with grade A modules.

Use the regular shipment packaging materials with the modules, as marketed and designed by the manufacturer.

The modules shall have been manufactured from specified materials and components in accordance with the relevant drawings and process sheets and shall have been subjected to the manufacturer's normal inspection, quality control and production acceptance procedures. The modules shall be complete in every detail, including a type label and shall be accompanied by the manufacturer's handling, mounting, shipping/packaging and installation instructions, including the information of the maximum permissible system voltage.

The shipping unit of test specimen shall be in accordance with the standard procedures used to ship modules to customers.

NOTE For CPV modules the sample numbers may vary, as shipping units may be much larger.

5 Handling

The test samples shall be handled with suitable care prior to the application of the tests described in this standard. It shall be ensured that the test samples are not exposed to additional mechanical impacts in form of shocks, rough handling, dropping, etc.

For the transportation from the manufacturer to the test laboratory special care should be taken to avoid any kind of damage. A special packaging concept may be considered for this particular shipping route (manufacturer – test site). Testing shall be carried out without additional packaging.

6 Testing procedures

6.1 General

Performance measurements, insulation and wet leakage current testing shall be performed in accordance with IEC 61215:2005 respectively IEC 61646:2008, 10.2, 10.3 and 10.15 as relative initial and control measurements. Electroluminescence or thermal images can be used to support the evaluation of the samples initial and intermediate status (e. g. micro cracks, defects, etc.).

The initial and visual inspection in accordance with IEC 61215:2005, 10.1 or IEC 61646:2008, 10.1 for PV modules and IEC 62108:2007, 10.1 for CPV modules shall also be part of the assessment.

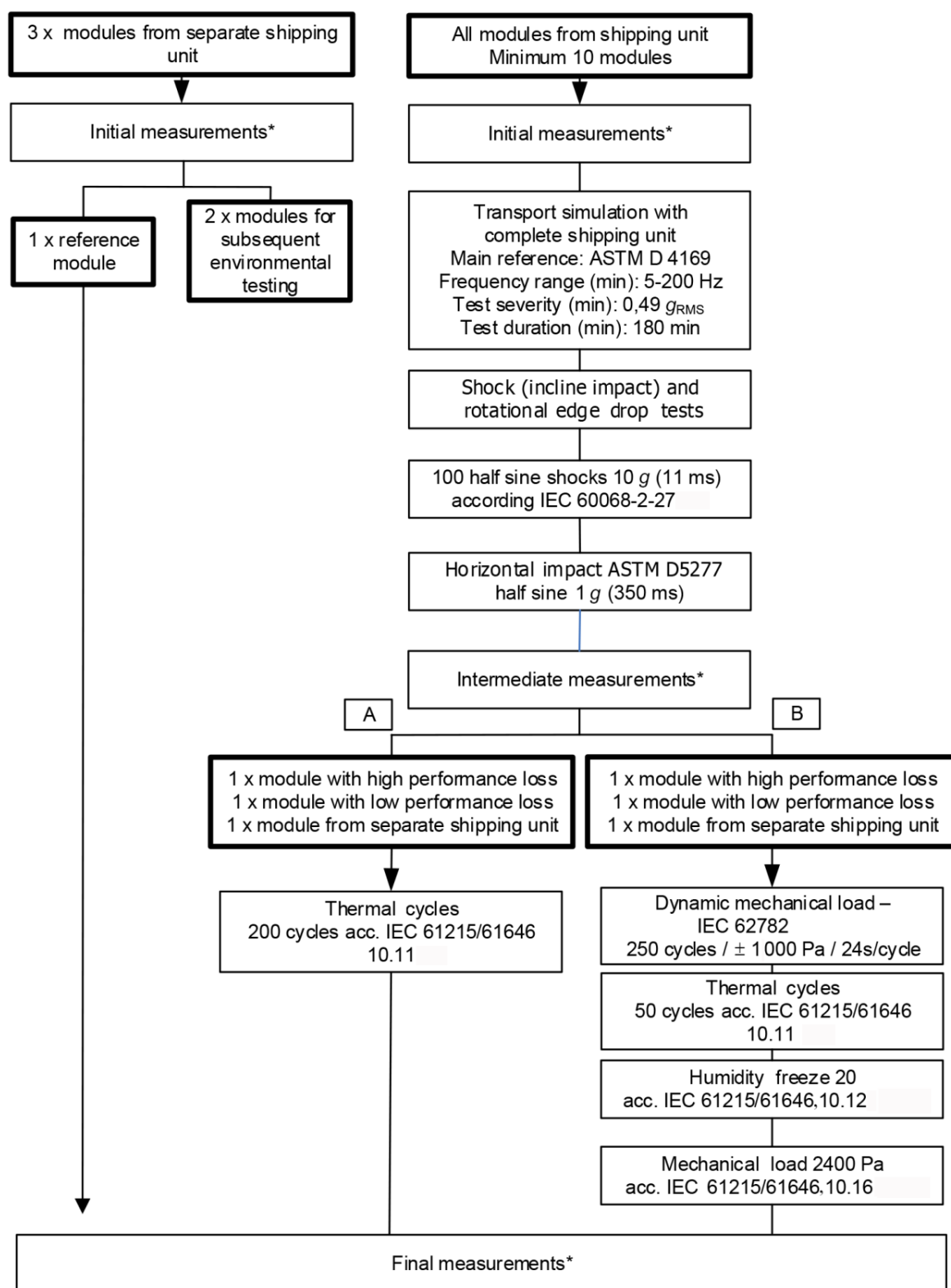
The actual transportation test is shown in Figure 1 for PV modules; Figure 2 shows a possible test sequence for CPV modules. The sequences of combined transportation stress testing and the possible effects of these impacts on the PV modules shall detect early failures in regards to future life-time stresses.

If a manufacturer wishes to combine the testing to this standard with type approval testing, sequence A of Figure 1 can also be used in conjunction with IEC 61215 respectively IEC 61646 testing. Combined testing will increase the risk of failure in type approval testing, as the transportation testing will pose additional stress to the samples.

Sequence B of Figure 1 could be extended with the UV preconditioning test and then also be coordinated with IEC 61215 respectively IEC 61646.

The proposed test sequence in Figure 2 for CPV modules can also be adjusted to coordinate with IEC 62108. The sequence shall be adjusted depending on whether receivers or modules are tested. For receivers, instead of the pre-thermal cycling and humidity freeze test, the thermal cycling test according to IEC 62108:2007, 10.8 may be performed.

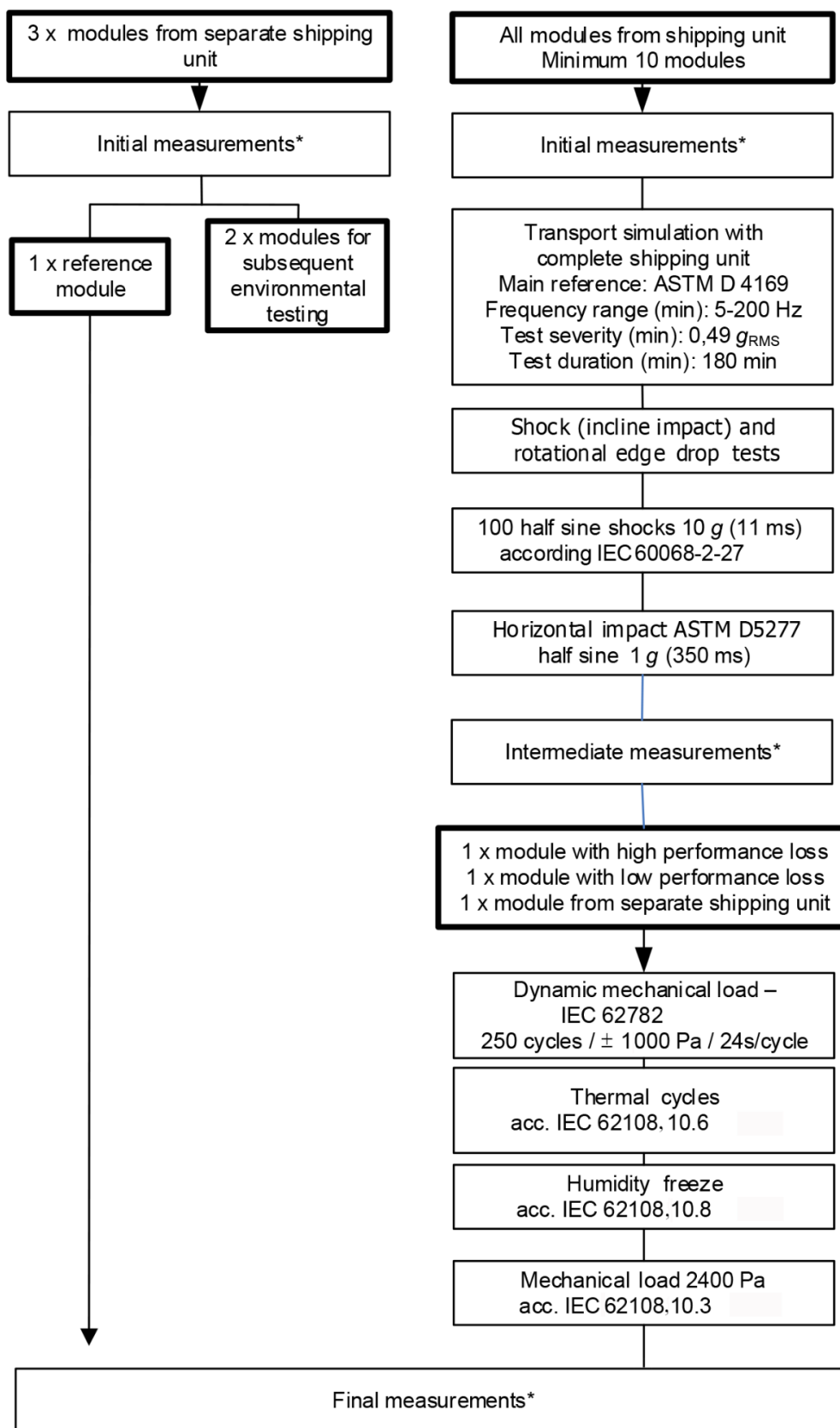
Separate modules, that have not undergone any transportation testing, are also subjected to the stress tests in sequences A and B. Failures induced by the transportation simulation and potentially worsen defects due to the environmental stress tests shall be identified in comparison to the modules tested without any transportation pre-damages.



IEC

* See 6.2 for details on measurements.

Figure 1 – Test sequences for PV modules



IEC

* See 6.2 for details on measurements.

Figure 2 – Test sequences for CPV modules

6.2 Measurements

Each initial, intermediate and final measurement shall characterize the electrical performance of the PV modules and document the influence of the stress tests. The initial, intermediate and final measurements are:

- Visual inspection according to IEC 61215:2005, IEC 61646:2008, respectively IEC 62108:2007, 10.1
- Maximum power determination according to IEC 61215:2005, IEC 61646:2008, respectively IEC 62108:2007, 10.2
- Insulation test according to IEC 61215:2005, IEC 61646:2008, 10.3 respectively IEC 62108:2007, 10.4
- Ground continuity test according to IEC 61730-2:2004, 10.4 respectively IEC 62108, 10.3
- Wet leakage current test according to IEC 61215:2005, IEC 61646:2008, 10.15 respectively IEC 62108, 10.5
- Optionally electroluminescence (only for PV modules) or infrared imaging can be used for analysing modules for cracked or broken solar cells, etc.

While the maximum power determination is only a relative measurement, some PV technologies may require preconditioning according to their respective type approval standard to arrive at meaningful data.

6.3 Transportation testing

6.3.1 General

Performing tests of random vibration and various shock tests on the complete package system of modules simulates road transportation and the related mechanical impacts on shipping units and the (C)PV modules that are contained within.

NOTE Sequence B of Figure 1 can be extended by the UV preconditioning test to be able to coordinate with IEC 61215 or IEC 61646 if desired.

While the (C)PV modules are carefully unpacked, the modules shall be marked: the original packaging situation and the module position within the package shall be adequately documented.

After the initial measurements described in 6.2, the modules shall be restored to their original packaged condition in order to perform the tests described under 6.3.2 and 6.3.3.

6.3.2 Random vibration testing

6.3.2.1 Purpose

Transportation simulation is achieved through a random vibration test. Truck transportation is considered to be the most severe method of long distance transportation for shipping goods. The truck transportation test therefore covers most other means of transportation.

6.3.2.2 Apparatus

Test equipment as described in ASTM D4728:2006, section 5 – Apparatus, shall be used.

6.3.2.3 Procedure

The transportation simulation shall be performed in accordance with ASTM D4169 with one complete stack of modules:

The applied test profile shall meet the following requirements:

- a) A frequency range of within 5 Hz to 200 Hz.
- b) A test severity not below 0,49 g_{RMS} as described in Annex A.
- c) The test duration shall last at least 180 min.
- d) Excitation axis: vertical.

Following the random vibration test, a series of shock tests shall be carried out on the shipping unit.

6.3.3 Shock testing

6.3.3.1 Vertical shock test

6.3.3.1.1 Purpose

A shock test according to IEC 60068-2-27 shall be performed. This test procedure simulates stresses as may be caused by potholes or sidewalk edges which are not covered by the random vibration test.

6.3.3.1.2 Apparatus

Test equipment as described in IEC 60068-2-27:2008, Clause 4 shall be used.

The following deviations will be tolerated, if the applied variations are explained and clearly documented in the report:

- Extension of the mounting table in order to fit larger package units in an appropriate way.

6.3.3.1.3 Procedure

100 half sinusoidal shocks with duration of 11 ms shall be applied vertically (z direction).

6.3.3.2 Incline impact test

6.3.3.2.1 Purpose

The incline impact test shall be performed to simulate stress potentially caused by forklift transportation.

6.3.3.2.2 Apparatus

Test equipment as described in ASTM D880 shall be used.

6.3.3.2.3 Procedure

The procedure as described in ISTA 3E, Test Block, 2 shall be followed.

6.3.3.3 Horizontal impact test

6.3.3.3.1 Purpose

For testing the integrity of the shipping unit regarding internal displacements or displacements of the shipping goods against the palette, an incline impact test shall be performed in accordance with ASTM D5277. This test simulates sudden deceleration and sideward acceleration in curves during truck transportation.

6.3.3.3.2 Apparatus

Test equipment as described in ASTM D5277 shall be used.

6.3.3.3.3 Procedure

A test according to ASTM D5277 – “test method for performing programmed horizontal impact using an incline impact tester” shall be performed. The difference to the incline impact test is that the shipping unit is decelerated on the transport sledge / transport vehicle.

The characteristic of this impact shall be half sinusoidal shock like. The half sine shock shall have a deceleration of 1 g and a length of 350 ms and shall be applied on each horizontal side.

It is common to start with an initial value of 0,3 g and increase the deceleration stepwise till the integrity of the shipping unit is damaged or the end value of 1 g is reached.

6.3.3.4 Rotational edge drop test

6.3.3.4.1 Purpose

A rotational edge drop test shall be performed to test the integrity of the shipping supporting units pallet.

6.3.3.4.2 Apparatus

Test equipment as described in ISTA 3E, Test Block 3, shall be used.

6.3.3.4.3 Procedure

The procedure as described in ISTA 3E, Test Block 3, shall be followed.

6.4 Environmental stress tests

6.4.1 PV modules

6.4.1.1 Path A

The transportation test is followed by a thermal cycling test in accordance with IEC 61215:2005 respectively IEC 61646:2008, 10.11 for 200 cycles. During this thermal cycle test no current flow is required unless this test protocol is combined with an IEC 61215 respectively IEC 61646 type approval. Continuity of the circuit through the module shall still be measured using a current flow of less than 0,5 % of short circuit current of the module under test.

Sample allocation for path A:

- a) 1 × module (highest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- b) 1 × module (lowest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- c) 1 × module from separate shipping unit.

NOTE The thermal cycling test represents the worst case variability of temperature in temperate climates. In general, PV modules are multilayer products. Each material (layer) has a different thermal expansion. This causes stress between the layers while thermal cycling. The cells, the joints and cell/string connectors may be especially prone to strains.

6.4.1.2 Path B

The transportation test is followed by a dynamic mechanical load test according to IEC 62782, a thermal cycling test according to IEC 61215 respectively IEC 61646, 10.11 with 50 cycles and a humidity freeze test according to IEC 61215 respectively IEC 61646, 10.12. The sequence concludes with a mechanical load test according to IEC 61215 respectively IEC 61646, 10.16.

The dynamic mechanical load test for photovoltaic modules is described in IEC 62782. The module shall be installed according to the installation manual of the manufacturer. If different mounting techniques are possible, the worst case mounting situation shall be applied.

Sample allocation for path B:

- a) 1 × module (highest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- b) 1 × module (lowest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- c) 1 × module from separate shipping unit.

6.4.2 CPV modules and receivers

The transportation test is followed by a dynamic mechanical load test acc. to IEC 62782, a pre-thermal cycle test and a humidity freeze test according to IEC 62108:2007, 10.8. The sequence concludes with a mechanical load test according to IEC 62108:2007, 10.13.

The dynamic mechanical load test for photovoltaic modules is described in IEC 62782. The CPV module shall be installed according to the installation manual of the manufacturer. If different mounting techniques are possible, the worst case mounting situation shall be applied.

Sample allocation for CPV modules and receivers

- a) 1 × module (highest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- b) 1 × module (lowest power loss relative to initial measurement after transport simulation);
- c) 1 × modules from separate shipping unit.

7 Reporting

Each test report shall include at least the following information:

- a) a title;
- b) name and address of the test laboratory and location where the tests were carried out;
- c) unique identification of the report and of each page;
- d) name and address of client, where appropriate;
- e) description and identification of the item tested;
- f) characterization and condition of the test item;
- g) date of receipt of test item and date(s) of test, where appropriate;
- h) identification of test method used;
- i) reference to sampling procedure, where relevant;
- j) the applied standard for transportation testing and the used test profile. Any deviations from, additions to or exclusions from the test method, and any other information relevant to a specific tests, such as environmental conditions;
- k) measurements, examinations and derived results supported by tables, graphs, sketches and photographs respectively electroluminescence or thermal images. Of particular importance are results indicating power loss or damages caused by the testing;
- l) camera properties of electroluminescence and thermal imaging devices as well as the used current on the PV module and the exposure time;
- 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 manufacturer for reference purposes.

Annex A (normative)

Test profiles

A.1 Overview

For informative purposes, the following PSD test profiles are shown and analyzed according to the criteria defined in Clause 6. The main reference for transport testing is the PSD profile out of the standard ASTM D4169. Other PSD profiles also fulfill the transportation testing requirements. The relevant frequency range for examination is between 5 Hz and 200 Hz. The result of the analysis is shown in Table A.1. The listed test profiles fulfill the requirements which are defined in Clause 6. The listed test profiles pass the requirements which are defined in Clause 6.

**Table A.1 – Severity of common transport test profiles:
complete and in range (5 Hz – 200 Hz)**

Name of test profile	g_{RMS} (5 Hz – 200 Hz)	g_{RMS} complete profile
Main reference: ASTM D4169 (truck medium)	0,499	0,520
ISTA 3 E	0,504	0,540
MIL STD 810G / IEC 60064-2-64	0,950	1,040
ISO 13355	0,583	0,590

The resonance of PV modules depends on the construction: including mass, size and stiffness. Tests have shown that the slowest fundamental resonance of a PV module is ~5 Hz. Most transportation test profiles have the majority of the energy between the frequencies of 5 Hz and 200 Hz. A reasonable benchmark for different transportation test profiles for PV modules should therefore only include vibrations between 5 Hz and 200 Hz.

A.2 Data points of appropriate PSD test profiles

The following Tables A.2 to A.5 identify the profile boundaries of the PSD excitation profiles analysed and shown in Table A.1 and Figure A.1.

**Table A.2 – Main reference ASTM D4169
(truck medium)**

Frequency Hz	g^2/Hz
1	0,00005
4	0,01
16	0,01
40	0,001
80	0,001
200	0,00001
0,520 g_{RMS}	

Table A.3 – Grid points ISO 13355

Frequency Hz	g^2/Hz
3	0,0005
6	0,012
18	0,012
40	0,001
200	0,0005
0,590 g_{RMS}	

**Table A.4 – IEC 60068-2-64 /
MIL STD 810G**

Frequency Hz	g^2/Hz
5	0,015
40	0,015
500	0,00015
1,040 g_{RMS}	

Table A.5 – ISTA 3E

Frequency Hz	g^2/Hz
1	0,0072
3	0,018
4	0,0018
6	0,00072
12	0,00072
16	0,0036
25	0,0036
30	0,00072
40	0,0036
80	0,0036
100	0,00036
200	0,000018
0,540 g_{RMS}	

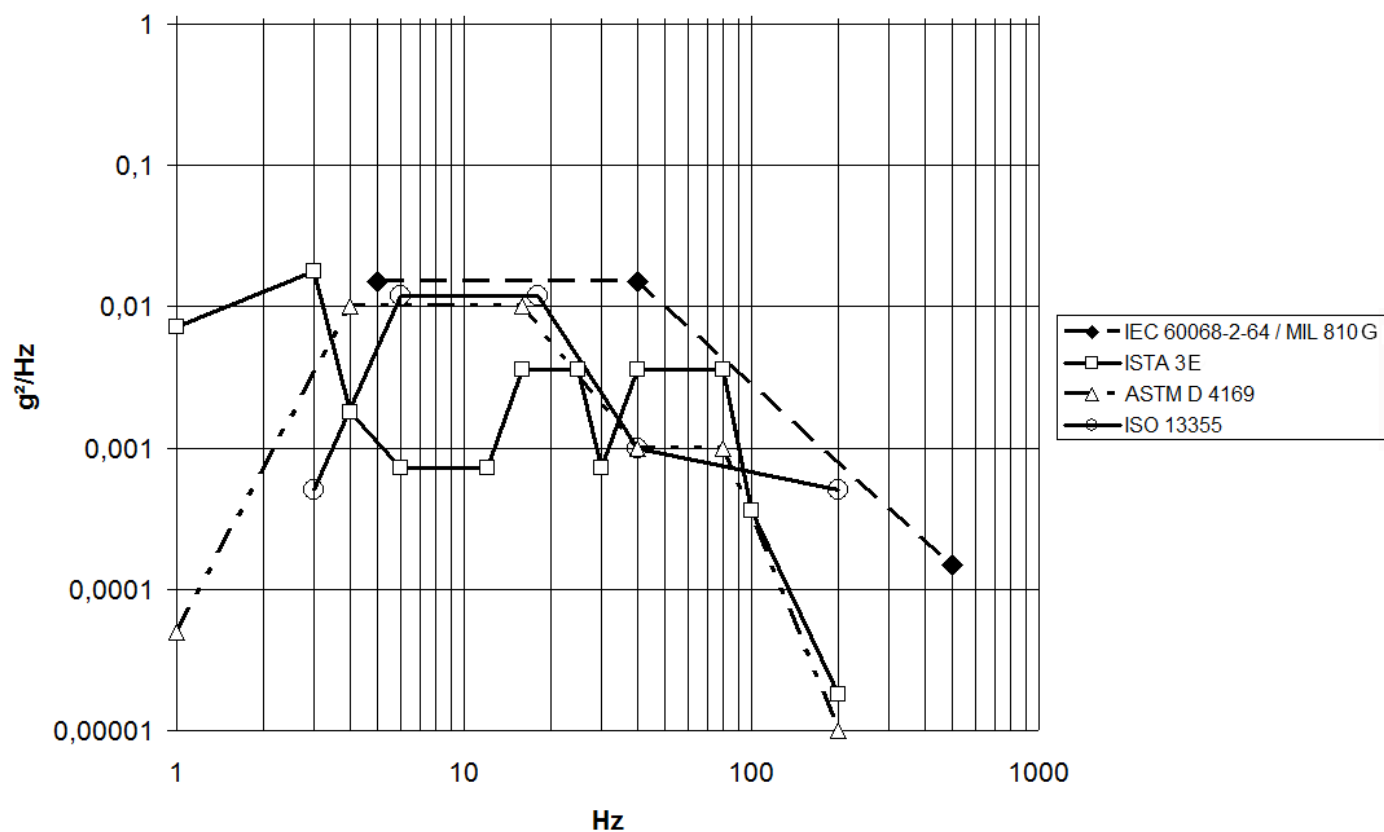


Figure A.1 – Appropriate PSD test profile

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application et objet	23
2 Références normatives	23
3 Termes et définitions	24
4 Echantillonnage	25
5 Manipulation	26
6 Procédures d'essai	26
6.1 Généralités	26
6.2 Mesures	30
6.3 Essais de transport	31
6.3.1 Généralités	31
6.3.2 Essais de vibration aléatoire	31
6.3.3 Essais de chocs	31
6.4 Essais de contrainte environnementale	33
6.4.1 Modules PV	33
6.4.2 Modules et récepteurs CPV	34
7 Rapport	34
Annexe A (normative) Profils d'essai	35
A.1 Vue d'ensemble	35
A.2 Points de données des profils d'essai PSD appropriés	35
Figure 1 – Séquences d'essai pour modules PV	28
Figure 2 – Séquences d'essai pour modules CPV	30
Figure A.1 – Profil d'essai PSD approprié	37
Tableau A.1 – Sévérité des profils d'essai de transport communs: complets et dans la plage (5 Hz – 200 Hz)	35
Tableau A.2 – Référence principale ASTM D4169 (par camion)	36
Tableau A.3 – Points de grille ISO 13355	36
Tableau A.4 – IEC 60068-2-64 / MIL STD 810G	36
Tableau A.5 – ISTA 3E	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) –
ESSAIS DE TRANSPORT –****Partie 1: Transport et expédition d'unités d'emballage de modules****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 62759-1 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 est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/962/FDIS	82/982/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62759, publiées sous le titre général *Modules photovoltaïques (PV) – Essais de transport*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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) – ESSAIS DE TRANSPORT –

Partie 1: Transport et expédition d'unités d'emballage de modules

1 Domaine d'application et objet

Les modules photovoltaïques (PV, *photovoltaic*) sont des dispositifs électriques destinés à une exposition extérieure continue pendant leur durée de vie. Les normes d'homologation existantes ne prennent pas en compte les contraintes mécaniques pouvant survenir au cours du transport vers la destination d'installation du PV.

La présente partie de l'IEC 62759 décrit les méthodes de simulation de transport de l'ensemble des unités d'emballage des modules et des impacts environnementaux résultants combinés, mais elle ne comprend pas les critères d'acceptation/de refus.

La présente norme est conçue pour que sa séquence d'essai puisse être coordonnée avec celles de l'IEC 61215 ou de l'IEC 61646, de sorte qu'un seul ensemble d'échantillons puisse être utilisé pour effectuer la simulation du transport et l'évaluation des performances de la conception d'un module photovoltaïque. La présente norme s'applique aux modules photovoltaïques à plaque plane, mais elle peut aussi être utilisée comme base pour les essais des modules et des ensembles CPV.

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).

IEC 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

IEC 60068-2-64, *Essais d'environnement – Partie 2-64: Essais – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande et guide*

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

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

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

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

IEC 62108:2007, *Modules et ensembles photovoltaïques à concentration – Qualification de la conception et homologation*

IEC 62782, *Dynamic mechanical load testing for photovoltaic (PV) modules* (disponible en anglais seulement)(à publier)

ISO 13355, *Emballages – Emballages d'expédition complets et pleins et charges unitaires – Essais de vibration verticale aléatoire*

ASTM D880-92:2008, *Standard Test Method for Impact Testing for Shipping Containers and Systems*

ASTM D4169:2008, *Standard Practice for Performance Testing of Shipping Containers and Systems*

ASTM D4728:2006, *Standard Test Method for Random Vibration Testing of Shipping Containers*

ASTM D5277:1992, *Test method for performing programmed horizontal impact using an incline impact tester*

ISTA 3E:2009, *Unitized Loads of Same Product*

MIL STD 810G, *Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC TS 61836:1999 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

largeur de bande

différence en Hz entre les limites supérieure et inférieure d'une bande de fréquences. Pour les besoins de la méthode d'essai décrite, la largeur de bande peut être considérée comme équivalente à la résolution en fréquence d'une analyse spectrale

3.2

g_{RMS} totale

racine carrée de l'intégrale de la densité spectrale de puissance sur l'ensemble de la plage de fréquences. Elle décrit la sévérité ou la rigueur de la classe des essais

3.3

valeur quadratique moyenne

r.m.s.

racine carrée de la valeur quadratique moyenne. Dans le cas d'une onde sinusoïdale uniquement, la valeur efficace (r.m.s.) représente 0,707 fois la valeur de crête

Note 1 à l'article: L'abréviation "r.m.s." est dérivée du terme anglais développé correspondant "root mean square".

3.4

vibration aléatoire

oscillation dont l'amplitude instantanée n'est pas spécifiée pour un instant donné quelconque. Les amplitudes instantanées d'une vibration aléatoire sont spécifiées par une fonction de distribution de probabilités, dont l'intégrale, dans une plage d'amplitude donnée, indique, en pourcentage, la durée probable pendant laquelle l'amplitude se situe dans cette plage. La vibration aléatoire ne contient pas de composante périodique ou quasi-périodique

3.5

emballage

matériau et technologie utilisés pour protéger les marchandises des contraintes de transport et séparer les unités individuelles les unes des autres

3.6

densité spectrale de puissance

PSD

expression de la vibration aléatoire en termes d'accélération quadratique moyenne par unité de fréquence. Les unités sont g^2/Hz ($g^2/\text{cycles/s}$). La densité spectrale de puissance est la limite de l'amplitude quadratique moyenne dans une gamme d'ondes rectangulaires donnée, divisée par la largeur de bande, la largeur de bande approchant de zéro

Note 1 à l'article: L'abréviation "PSD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "power spectral density".

3.7

modules PV de classe A

modules 100 % fonctionnels sans défaut visuel ni fonctionnel

3.8

modules PV de classe B ou inférieure

modules qui peuvent avoir des défauts visuels ou fonctionnels. Il convient qu'ils soient équivalents aux modules de classe A pour ce qui est de la masse, de la taille et du comportement mécanique

4 Echantillonnage

Une unité d'expédition de modules PV doit être prélevée de façon aléatoire dans un ou plusieurs lots de production afin de constituer les échantillons d'essai pour le transport de base et les méthodes d'essai de chocs. L'unité d'expédition doit contenir le nombre habituel de modules PV. Cependant, cette procédure d'essai est conçue pour des unités d'expédition contenant au moins 10 modules. Pour les essais supplémentaires (chemin A et B pour les modules PV), au moins six modules de classe A de l'unité d'expédition sont nécessaires.

Trois autres modules de classe A doivent être prélevés d'une unité d'expédition séparée qui n'est pas soumise à une simulation de transport.

Les modules de classe B ou inférieure peuvent être utilisés pour remplir le système d'expédition (répartition uniforme) des échantillons, pour obtenir une unité d'expédition normale. Chaque substitut individuel doit avoir la même masse, la même taille et la même résistance à la flexion que les modules à soumettre aux essais ultérieurs d'impact environnemental.

L'unité d'expédition doit contenir au moins 25 % de modules de classe A. Si l'unité d'expédition contient moins de 24 modules, elle doit contenir au moins six modules de classe A.

Dans le cas d'une expédition horizontale, le bas et le haut de l'unité d'expédition doivent contenir des modules de classe A et, dans le cas d'une expédition verticale, les modules extérieurs de l'unité d'expédition doivent contenir des modules de classe A.

Utiliser pour les modules les matériaux d'emballage d'expédition habituels, tels que commercialisés et conçus par le fabricant.

Les modules doivent avoir été fabriqués dans des matériaux et des composants spécifiés, conformément aux dessins et aux fiches de processus applicables et doivent avoir été soumis à l'examen, au contrôle de qualité et aux procédures d'acceptation de production normaux du

fabricant. Les modules doivent être complets à tous égards, y compris une indication du type, et doivent être accompagnés des instructions du fabricant concernant la manipulation, le montage, l'expédition/l'emballage et l'installation, y compris les informations concernant la tension système autorisée maximale.

L'unité d'expédition de l'éprouvette d'essai doit être conforme aux procédures normalisées utilisées pour expédier des modules aux clients.

NOTE Pour les modules CPV, le nombre d'échantillons peut varier, dans la mesure où les unités d'expédition peuvent être bien plus grandes.

5 Manipulation

Les échantillons d'essai doivent être manipulés avec les précautions appropriées avant l'application des essais décrits dans la présente norme. On doit s'assurer que les échantillons d'essai ne sont pas exposés à des impacts mécaniques supplémentaires, sous la forme de chocs, d'une manipulation brutale, de chutes, etc.

Pour le transport du fabricant au laboratoire d'essai, il convient de prendre des précautions particulières pour éviter tout dommage. Un concept d'emballage spécial peut être envisagé pour ce trajet d'expédition particulier (fabricant – site d'essai). Les essais doivent être effectués sans emballage supplémentaire.

6 Procédures d'essai

6.1 Généralités

Les mesures de performance ainsi que l'essai d'isolement et l'essai de courant de fuite en milieu humide doivent être effectués conformément à l'IEC 61215:2005 ou à l'IEC 61646:2008, 10.2, 10.3 et 10.15, comme mesures initiales relatives et de contrôle. L'électroluminescence ou les images thermiques peuvent être utilisées pour contribuer à l'évaluation des états initial et intermédiaire des échantillons (par exemple, microfissures, défauts, etc.).

L'examen initial et visuel conforme à l'IEC 61215:2005, 10.1 ou à l'IEC 61646:2008, 10.1 pour les modules PV et conforme à l'IEC 62108:2007, 10.1 pour les modules CPV doit aussi faire partie de l'évaluation.

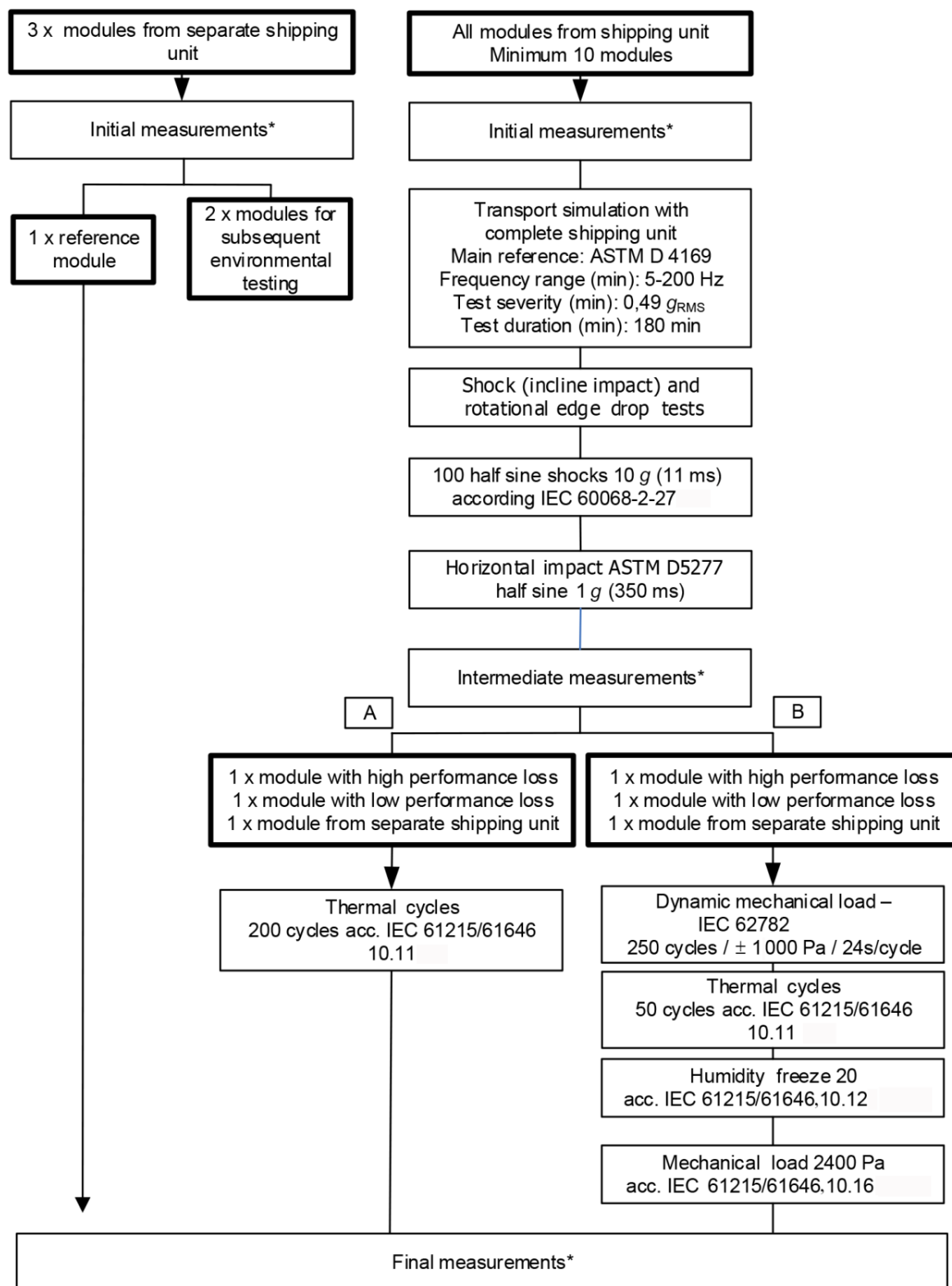
L'essai de transport réel est illustré à la Figure 1 pour les modules PV; la Figure 2 montre une séquence d'essai possible pour les modules CPV. Les séquences d'essais combinés de contraintes de transport et des effets possibles de ces impacts sur les modules PV doivent détecter les défaillances précoces par rapport aux contraintes apparaissant ultérieurement au cours de la durée de vie.

Si un fabricant souhaite combiner les essais conformes à la présente norme aux essais d'homologation, la séquence A de la Figure 1 peut aussi être utilisée avec les essais de l'IEC 61215 ou de l'IEC 61646. Les essais combinés augmenteront le risque de défaillance dans les essais d'homologation, dans la mesure où les essais de transport entraîneront des contraintes supplémentaires sur les échantillons.

On peut ajouter à la séquence B de la Figure 1 l'essai de préconditionnement UV, puis l'harmoniser avec l'IEC 61215 ou l'IEC 61646.

La séquence d'essai proposée à la Figure 2 pour les modules CPV peut également être ajustée pour s'harmoniser avec l'IEC 62108. La séquence doit être ajustée selon qu'on soumet aux essais des récepteurs ou des modules. Pour les récepteurs, au lieu de l'essai de cycle préthermique et de l'essai humidité-gel, on peut effectuer l'essai de cycle thermique conformément à l'IEC 62108:2007, 10.8.

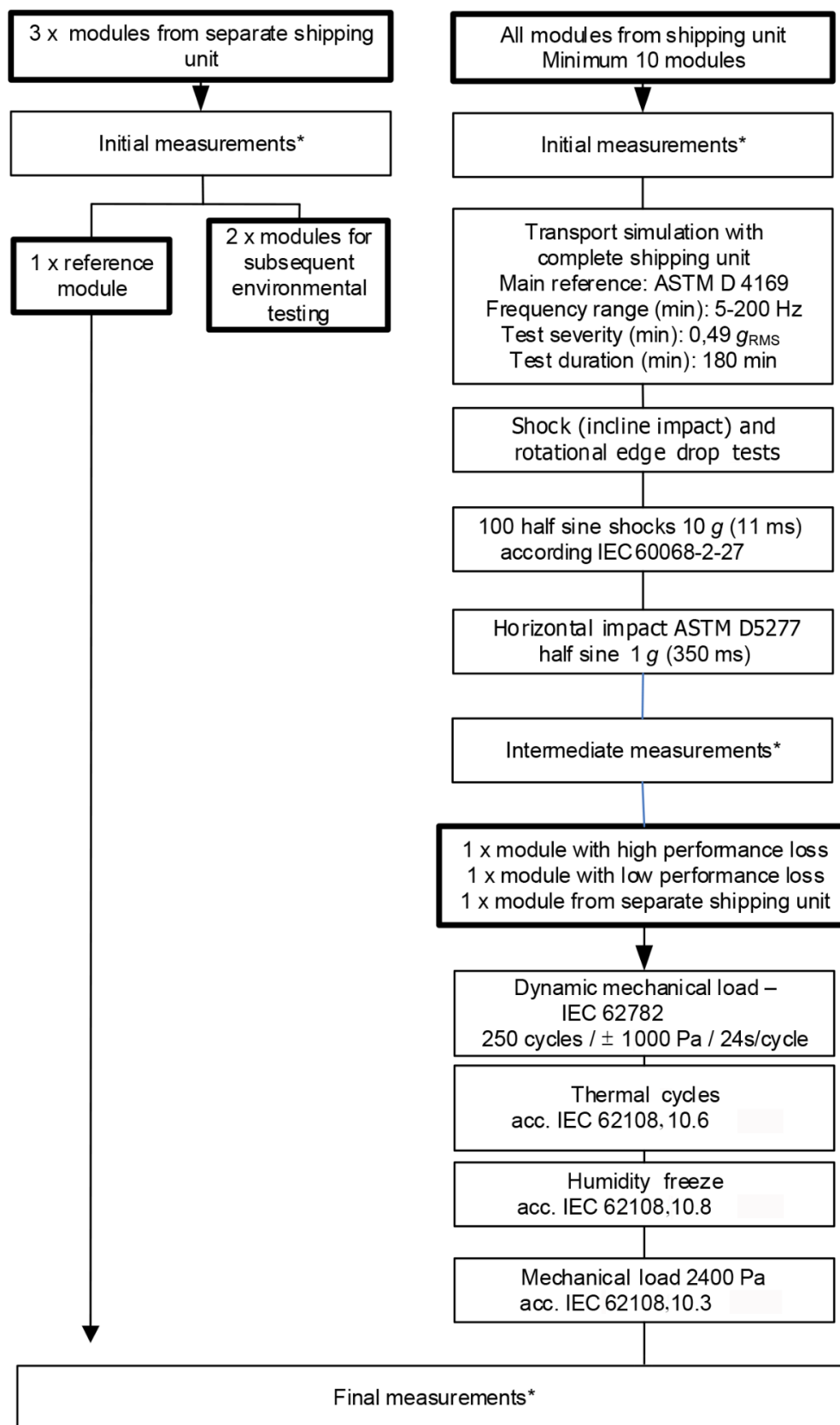
Les modules séparés, non soumis aux essais de transport, sont aussi soumis aux essais de contrainte dans les séquences A et B. Les défaillances induites par la simulation de transport et les défauts potentiellement aggravés dus aux essais de contrainte environnementale doivent être identifiés en comparaison avec les modules soumis aux essais sans avoir été endommagés au préalable par le transport.



* Voir 6.2 pour des détails sur les mesures.

Anglais	Français
3 × modules from separate shipping unit	3 modules provenant d'une unité d'expédition séparée
All modules from shipping unit Minimum 10 modules	Tous les modules de l'unité d'expédition Au moins 10 modules
Initial measurements	Mesures initiales
1 × reference module	1 module de référence
2 × modules for subsequent environmental testing	2 modules pour les essais d'environnement ultérieurs
Transport simulation with complete shipping unit Main reference: ASTM D4169 Frequency range (min): 5-200 Hz Test severity (min): 0,49 g_{RMS} Test duration (min): 180 min	Simulation de transport avec unité d'expédition complète Référence principale: ASTM D4169 Plage de fréquences (min): 5-200 Hz Sévérité de l'essai (min): 0,49 g_{RMS} Durée de l'essai (min): 180 min
Shock (incline impact) and rotational edge drop tests	Essais de chocs (sur un plan incliné) et de chute avec rotation des faces
100 half sine shocks 10 g (11 ms) according to IEC 60068-2-27	100 chocs semi-sinusoïdaux 10 g (11 ms) conformément à l'IEC 60068-2-27
Horizontal impact ASTM D5277 half sine 1 g (350 ms)	Impact horizontal ASTM D5277 semi-sinusoïdal 1 g (350 ms)
Intermediate measurements	Mesures intermédiaires
1 × module with high performance loss 1 × module with low performance loss 1 × module from separate shipping unit	1 module avec perte de performance élevée 1 module avec perte de performance faible 1 module provenant d'une unité d'expédition séparée
Thermal cycles 200 cycles acc. IEC 61215/61646,10.11	Cycles thermiques 200 cycles conformément à l'IEC 61215/61646, 10.11
Dynamic mechanical load IEC 62782 250 cycles / ± 1 000 Pa / 24 s/cycle	Charge mécanique dynamique IEC 62782 250 cycles / ± 1 000 Pa / 24 s/cycle
Thermal cycles 50 cycles acc. IEC 61215/61646,10.11	Cycles thermiques 50 cycles conformément à l'IEC 61215/61646, 10.11
Humidity freeze 20 acc. IEC 61215/61646,10.12	20 cycles humidité-gel conformément à l'IEC 61215/61646, 10.12
Mechanical load 2 400 Pa acc. IEC 61215/61646, 10.16	Charge mécanique 2 400 Pa conformément à l'IEC 61215/61646, 10.16
Final measurements	Mesures finales

Figure 1 – Séquences d'essai pour modules PV



IEC

* Voir 6.2 pour des détails sur les mesures.

Anglais	Français
3 × modules from separate shipping unit	3 modules provenant d'une unité d'expédition séparée
All modules from shipping unit Minimum 10 modules	Tous les modules de l'unité d'expédition Au moins 10 modules
Initial measurements	Mesures initiales
1 × reference module	1 module de référence
2 × modules for subsequent environmental testing	2 modules pour les essais d'environnement ultérieurs
Transport simulation with complete shipping unit Main reference: ASTM D4169 Frequency range (min): 5-200 Hz Test severity (min): 0,49 g_{RMS} Test duration (min): 180 min	Simulation de transport avec unité d'expédition complète Référence principale: ASTM D4169 Plage de fréquences (min): 5-200 Hz Sévérité de l'essai (min): 0,49 g_{RMS} Durée de l'essai (min): 180 min
Shock (incline impact) and rotational edge drop tests	Essais de chocs (sur un plan incliné) et de chute avec rotation des faces
100 half sine shocks 10 g (11 ms) according IEC 60068-2-27	100 chocs semi-sinusoïdaux 10 g (11 ms) conformément à l'IEC 60068-2-27
Horizontal impact ASTM D5277 half sine 1 g (350 ms)	Impact horizontal ASTM D5277 semi-sinusoïdal 1 g (350 ms)
Intermediate measurements	Mesures intermédiaires
1 × module with high performance loss 1 × module with low performance loss 1 × module from separate shipping unit	1 module avec perte de performance élevée 1 module avec perte de performance faible 1 module provenant d'une unité d'expédition séparée
Dynamic mechanical load IEC 62782 250 cycles / $\pm 1\ 000\ Pa$ / 24 s/cycle	Charge mécanique dynamique IEC 62782 250 cycles / $\pm 1\ 000\ Pa$ / 24 s/cycle
Thermal cycles acc. IEC 62108, 10.6	Cycles thermiques conformément à l'IEC 62108, 10.6
Humidity freeze acc. IEC 62108, 10.8	Humidité-gel conformément à l'IEC 62108, 10.8
Mechanical load 2 400 Pa acc. IEC 62108, 10.3	Charge mécanique 2 400 Pa conformément à l'IEC 62108, 10.3
Final measurements	Mesures finales

Figure 2 – Séquences d'essai pour modules CPV

6.2 Mesures

Chaque mesure initiale, intermédiaire et finale doit caractériser les performances électriques des modules PV et documenter l'influence des essais de contrainte. Les mesures initiales, intermédiaires et finales sont:

- l'examen visuel conformément à l'IEC 61215:2005, à l'IEC 61646:2008 ou à l'IEC 62108:2007, 10.1
- la détermination de la puissance maximale conformément à l'IEC 61215:2005, à l'IEC 61646:2008 ou à l'IEC 62108:2007, 10.2
- l'essai d'isolement conformément à l'IEC 61215:2005, à l'IEC 61646:2008, 10.3 ou à l'IEC 62108:2007, 10.4
- l'essai de continuité à la terre conformément à l'IEC 61730-2:2004, 10.4 ou à l'IEC 62108, 10.3
- l'essai de courant de fuite en milieu humide conformément à l'IEC 61215:2005, à l'IEC 61646:2008, 10.15 ou à l'IEC 62108, 10.5
- l'électroluminescence (uniquement pour les modules PV) ou l'imagerie infrarouge peut éventuellement être utilisée pour analyser des modules afin de détecter d'éventuelles cellules solaires fissurées ou cassées, etc.

La détermination de la puissance maximale n'est qu'une mesure relative, mais certaines technologies PV peuvent nécessiter, pour obtenir des données pertinentes, un préconditionnement conformément à la norme d'homologation correspondante.

6.3 Essais de transport

6.3.1 Généralités

Les essais de vibration aléatoire et les différents essais de chocs sur l'ensemble du système d'emballage des modules simulent le transport routier et les impacts mécaniques associés sur les unités d'expédition et les modules (C)PV qu'elles contiennent.

NOTE On peut ajouter à la séquence B de la Figure 1 l'essai de préconditionnement UV, pour pouvoir la coordonner avec l'IEC 61215 ou l'IEC 61646 si cela est souhaité.

En même temps que les modules (C)PV sont déballés avec précaution, les modules doivent être marqués: l'emballage d'origine et la position du module dans le paquet doivent être documentés de façon appropriée.

Après les mesures initiales décrites en 6.2, les modules doivent être replacés dans leur emballage d'origine afin d'effectuer les essais décrits en 6.3.2 et 6.3.3.

6.3.2 Essais de vibration aléatoire

6.3.2.1 Objectif

La simulation de transport est effectuée au moyen d'un essai de vibration aléatoire. Le transport par camion est considéré comme la méthode la plus contraignante de transport sur de longues distances pour l'expédition de marchandises. L'essai de transport par camion est donc suffisant pour la plupart des autres moyens de transport.

6.3.2.2 Equipement

Le dispositif d'essai décrit dans l'ASTM D4728:2006, section 5 – Equipement, doit être utilisé.

6.3.2.3 Procédure

La simulation de transport doit être effectuée conformément à l'ASTM D4169 avec une pile complète de modules:

Le profil d'essai appliqué doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) Une plage de fréquences comprise entre 5 Hz et 200 Hz.
- b) Une sévérité d'essai supérieure ou égale à 0,49 g_{RMS} , comme décrit en Annexe A.
- c) La durée de l'essai doit être d'au moins 180 min.
- d) Axe d'excitation: vertical.

Suite à l'essai de vibration aléatoire, une série d'essais de chocs doit être appliquée à l'unité d'expédition.

6.3.3 Essais de chocs

6.3.3.1 Essai de chocs verticaux

6.3.3.1.1 Objectif

Un essai de chocs conforme à l'IEC 60068-2-27 doit être effectué. Cette procédure d'essai simule les contraintes telles que celles pouvant être causées par des nids-de-poule ou le bord d'un trottoir, non couvertes par l'essai de vibration aléatoire.

6.3.3.1.2 Équipement

Le dispositif d'essai décrit dans l'IEC 60068-2-27:2008, Article 4 doit être utilisé.

Les écarts suivants sont tolérés, si les variations appliquées sont expliquées et clairement documentées dans le rapport:

- Extension de la table de montage pour l'ajuster de manière appropriée à des unités d'emballage plus grandes.

6.3.3.1.3 Procédure

100 chocs semi-sinusoïdaux d'une durée de 11 ms doivent être appliqués verticalement (direction z).

6.3.3.2 Essai de chocs sur un plan incliné

6.3.3.2.1 Objectif

L'essai de chocs sur un plan incliné doit être effectué pour simuler les contraintes potentiellement provoquées par le transport en chariot élévateur à fourche.

6.3.3.2.2 Équipement

Le dispositif d'essai décrit dans l'ASTM D880 doit être utilisé.

6.3.3.2.3 Procédure

La procédure décrite dans l'ISTA 3E, Bloc d'essai 2, doit être suivie.

6.3.3.3 Essai d'impact horizontal

6.3.3.3.1 Objectif

Pour vérifier par essai l'intégrité de l'unité d'expédition dans le cadre des déplacements internes ou des déplacements des marchandises d'expédition par rapport à la palette, un essai d'impact sur un plan incliné doit être effectué conformément à l'ASTM D5277. Cet essai simule les décélérations soudaines et les accélérations latérales dans les virages pendant le transport par camion.

6.3.3.3.2 Équipement

Le dispositif d'essai décrit dans l'ASTM D5277 doit être utilisé.

6.3.3.3.3 Procédure

Un essai conforme à l'ASTM D5277 – “méthode d'essai pour effectuer un impact horizontal programmé à l'aide d'un dispositif d'essai de chocs sur un plan incliné” doit être effectué. La différence avec l'essai de chocs sur un plan incliné est que l'unité d'expédition est ralentie alors qu'elle se trouve sur le traîneau de transport / véhicule de transport.

La caractéristique de cet impact doit être équivalente à un choc semi-sinusoïdal. Le choc semi-sinusoïdal doit présenter une décélération de 1 g et une longueur de 350 ms et doit être appliqué sur chaque côté horizontal.

Il est courant de commencer par une valeur initiale de 0,3 g et d'augmenter la décélération progressivement jusqu'à ce que l'intégrité de l'unité d'expédition soit endommagée ou que la valeur finale de 1 g soit atteinte.

6.3.3.4 Essai de chute avec rotation des faces

6.3.3.4.1 Objectif

Un essai de chute avec rotation des faces doit être effectué pour vérifier par essai l'intégrité des palettes de transport des unités d'expédition.

6.3.3.4.2 Equipement

Le dispositif d'essai décrit dans l'ISTA 3E, Bloc d'essai 3, doit être utilisé.

6.3.3.4.3 Procédure

La procédure décrite dans l'ISTA 3E, Bloc d'essai 3, doit être suivie.

6.4 Essais de contrainte environnementale

6.4.1 Modules PV

6.4.1.1 Chemin A

L'essai de transport est suivi d'un essai de cycle thermique conforme à l'IEC 61215:2005 ou à l'IEC 61646:2008, 10.11, pendant 200 cycles. Pendant cet essai de cycle thermique, aucun flux de courant n'est exigé, à moins que ce protocole d'essai ne soit combiné à une homologation IEC 61215 ou IEC 61646. La continuité du circuit à travers le module doit encore être mesurée à l'aide d'un flux de courant inférieur à 0,5 % du courant de court-circuit du module soumis à l'essai.

Affectation des échantillons pour le chemin A:

- a) 1 module (perte de puissance la plus élevée par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);
- b) 1 module (perte de puissance la plus faible par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);
- c) 1 module provenant d'une unité d'expédition séparée.

NOTE L'essai de cycle thermique représente le cas le plus défavorable de variabilité de la température dans des climats tempérés. Généralement, les modules PV sont des produits multicouches. Chaque matériau (couche) présente une dilatation thermique différente. Cela provoque des contraintes entre les couches pendant l'essai de cycle thermique. Les cellules, les joints et les connecteurs cellule/chaîne peuvent être particulièrement sujets aux contraintes.

6.4.1.2 Chemin B

L'essai de transport est suivi d'un essai de charge mécanique dynamique conforme à l'IEC 62782, un essai de cycle thermique conforme à l'IEC 61215 ou à l'IEC 61646, 10.11, avec 50 cycles et un essai humidité-gel conforme à l'IEC 61215 ou à l'IEC 61646, 10.12. La séquence se termine par un essai de charge mécanique conforme à l'IEC 61215 ou à l'IEC 61646, 10.16.

L'essai de charge mécanique dynamique pour les modules photovoltaïques est décrit dans l'IEC 62782. Le module doit être installé selon le manuel d'installation du fabricant. Il est possible d'utiliser différentes techniques de montage, mais on doit appliquer la situation de montage la plus défavorable.

Affectation des échantillons pour le chemin B:

- a) 1 module (perte de puissance la plus élevée par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);
- b) 1 module (perte de puissance la plus faible par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);

- c) 1 module provenant d'une unité d'expédition séparée.

6.4.2 Modules et récepteurs CPV

L'essai de transport est suivi d'un essai de charge mécanique dynamique conforme à l'IEC 62782, un essai de cycle préthermique et un essai humidité-gel conformément à l'IEC 62108:2007, 10.8. La séquence se termine par un essai de charge mécanique conforme à l'IEC 62108:2007, 10.13.

L'essai de charge mécanique dynamique pour les modules photovoltaïques est décrit dans l'IEC 62782. Le module CPV doit être installé selon le manuel d'installation du fabricant. Il est possible d'utiliser différentes techniques de montage, mais on doit appliquer la situation de montage la plus défavorable.

Affectation des échantillons pour les modules et récepteurs CPV

- a) 1 module (perte de puissance la plus élevée par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);
- b) 1 module (perte de puissance la plus faible par rapport à la mesure initiale après simulation du transport);
- c) 1 module provenant d'une unité d'expédition séparée.

7 Rapport

Chaque rapport d'essai doit comprendre au moins les informations suivantes:

- a) un titre;
- b) le nom et l'adresse du laboratoire d'essai et l'emplacement où les essais ont eu lieu;
- c) une identification unique du rapport et de chaque page;
- d) le nom et l'adresse du client, le cas échéant;
- e) la description et l'identification de l'élément soumis à l'essai;
- f) la caractérisation et l'état de l'élément soumis à l'essai;
- g) la date de réception de l'élément soumis à l'essai et la ou les dates d'essai, le cas échéant;
- h) une identification de la méthode d'essai utilisée;
- i) une référence à la procédure d'échantillonnage, le cas échéant;
- j) la norme appliquée pour les essais de transport et le profil d'essai utilisé. Tout écart, ajouts ou exclusions par rapport à la méthode d'essai, et toute autre information applicable à des essais spécifiques, comme par exemple les conditions d'environnement;
- k) les mesures, les examens et les résultats obtenus, accompagnés de tableaux, de graphiques, de dessins et de photographies, ou d'électroluminescence ou d'images thermiques. Les résultats indiquant une perte de puissance ou des dommages provoqués par les essais sont d'une importance toute particulière;
- l) les propriétés d'électroluminescence de la caméra et des dispositifs d'imagerie thermique, ainsi que le courant utilisé sur le module PV et la durée d'exposition;
- m) une indication 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 personnes acceptant la responsabilité du contenu du certificat ou du rapport, et la date d'émission;
- o) le cas échéant, une indication signalant que les résultats ne concernent que les éléments soumis à l'essai;
- p) une indication signalant que le rapport ne doit pas être reproduit autrement qu'en entier, ni sans le consentement écrit du laboratoire.

Une copie du rapport doit être conservée par le fabricant à des fins de référencement.

Annexe A (normative)

Profils d'essai

A.1 Vue d'ensemble

A des fins informatives, les profils d'essai PSD (power spectral density – densité spectrale de puissance) suivants sont indiqués et analysés selon les critères définis à l'Article 6. La référence principale pour les essais de transport est le profil PSD de la norme ASTM D4169. D'autres profils PSD satisfont aussi aux exigences d'essai de transport. La plage de fréquences applicable pour l'examen se situe entre 5 Hz et 200 Hz. Le résultat de l'analyse est indiqué dans le Tableau A.1. Les profils d'essai indiqués satisfont aux exigences définies à l'Article 6. Les profils d'essai indiqués satisfont aux exigences définies à l'Article 6.

**Tableau A.1 – Sévérité des profils d'essai de transport communs:
complets et dans la plage (5 Hz – 200 Hz)**

Nom du profil d'essai	g_{RMS} (5 Hz – 200 Hz)	g_{RMS} profil complet
Référence principale: ASTM D4169 (par camion)	0,499	0,520
ISTA 3 E	0,504	0,540
MIL STD 810G / IEC 60064-2-64	0,950	1,040
ISO 13355	0,583	0,590

La résonance de modules PV dépend de la construction: y compris la masse, la taille et la rigidité. Les essais ont montré que la résonance fondamentale la plus lente pour un module PV est ~ 5 Hz. La majorité de l'énergie de la plupart des profils d'essai de transport se situe entre les fréquences de 5 Hz et de 200 Hz. Il convient qu'une comparaison raisonnable des différents profils d'essai de transport pour les modules PV ne prenne en compte que les vibrations entre 5 Hz et 200 Hz.

A.2 Points de données des profils d'essai PSD appropriés

Les Tableaux A.2 à A.5 suivants identifient les limites de profil des profils d'excitation PSD analysés et indiqués dans le Tableau A.1 et à la Figure A.1.

**Tableau A.2 – Référence principale
ASTM D4169 (par camion)**

Fréquence Hz	g^2/Hz
1	0,00005
4	0,01
16	0,01
40	0,001
80	0,001
200	0,00001
0,520 g_{RMS}	

Tableau A.3 – Points de grille ISO 13355

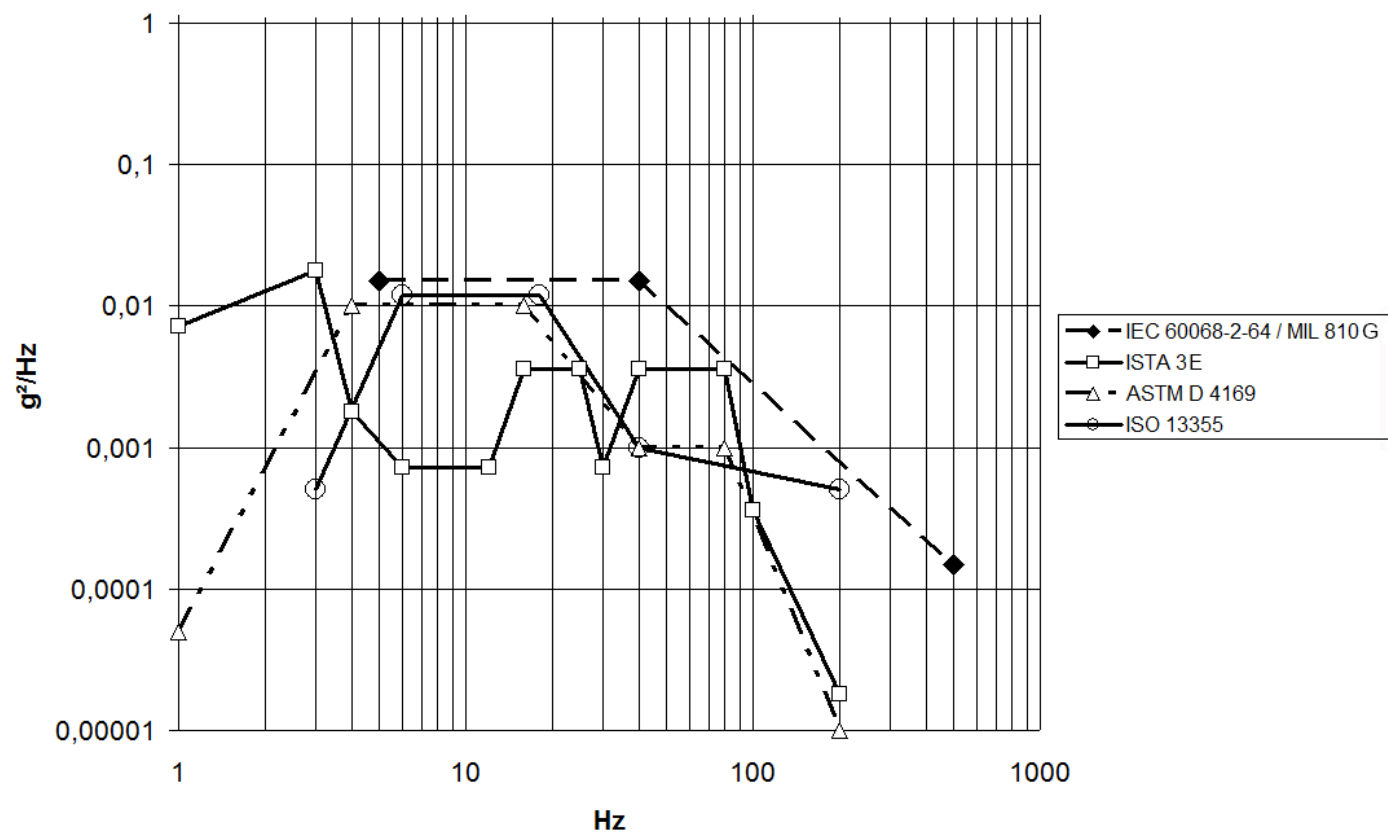
Fréquence Hz	g^2/Hz
3	0,0005
6	0,012
18	0,012
40	0,001
200	0,0005
0,590 g_{RMS}	

**Tableau A.4 – IEC 60068-2-64 /
MIL STD 810G**

Fréquence Hz	g^2/Hz
5	0,015
40	0,015
500	0,00015
1,040 g_{RMS}	

Tableau A.5 – ISTA 3E

Fréquence Hz	g^2/Hz
1	0,0072
3	0,018
4	0,0018
6	0,00072
12	0,00072
16	0,0036
25	0,0036
30	0,00072
40	0,0036
80	0,0036
100	0,00036
200	0,000018
0,540 g_{RMS}	



IEC

Figure A.1 – Profil d'essai PSD approprié

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