



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules –
Part 1-7: Encapsulants – Test procedure of optical durability**

**Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules
photovoltaïques –
Partie 1-7: Encapsulants – Procédure d’essai de la durabilité optique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-8035-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Principle	7
5 Apparatus.....	7
5.1 Spectrophotometer for transmittance measurements.....	7
5.2 Environmental chamber for weathering	7
6 Test specimens	8
6.1 Specimen components and general considerations for all material types	8
6.2 Test specimens for datasheet reporting	8
6.3 Use of alternate superstrate and substrate materials	8
6.4 Witness specimens and experimental control.....	9
7 Measurement procedure	9
8 Artificial accelerated weathering	9
9 Calculation and expression of results	9
10 Test procedure	10
11 Pass/fail criteria.....	10
12 Test report.....	11
Bibliography.....	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 1-7: Encapsulants – Test procedure of optical durability

FOREWORD

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

International Standard IEC 62788-1-7 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/1669/FDIS	82/1704/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62788 series, published under the general title *Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

IEC 61215-2 (covering module design qualification and type approval) specifies a UV preconditioning of $54 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ($15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$), which would be encountered after ~40 ideal sunny days of exposure to the AM1.5G UV spectrum in IEC 60904-3. IEC 61730-2 presently specifies 4x the same UV exposure, i.e., 5 months UV dose. The International PV Quality Assurance Task Force (PVQAT) leads global efforts to craft quality and reliability standards for solar energy technologies. These standards will allow stakeholders to quickly assess a solar photovoltaic (PV) module's performance and ability to withstand weather stresses, thereby reducing risk and adding confidence for those developing products, designing incentive programs, and determining private investments. As developed in conjunction with PVQAT, this part of IEC 62788-1 is intended to supplement module qualification, which typically covers reliability issues related to infant mortality, i.e., the first months of field use. This part of IEC 62788-1 may also facilitate the pre-qualification of encapsulation materials using coupon specimens, because long term weathering is not practical for larger module specimens. This part of IEC 62788-1 also importantly uses high fidelity UV irradiation (relative to the terrestrial solar spectrum), which is not practical to apply to module specimens (due to the lack of available commercial equipment and the anticipated cost of operation). This part of IEC 62788-1 is not presently specified for pre-qualification purposes in other standards, but may be used for that purpose by module manufacturers.

The optical performance (transmittance) of polymeric frontsheets and backsheets is not covered in this part of IEC 62788-1. These components are addressed in the IEC TS 62788-2.

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 1-7: Encapsulants – Test procedure of optical durability

1 Scope

IEC 61215-2 provides a set of qualification tests that indicate that a PV module design is likely to be free of flaws that will result in early failure. However, IEC 61215-2 does not address the long term wear-out of PV modules. This part of IEC 62788-1 is designed as a more rigorous qualification test, using accelerated UV exposure at elevated temperature to determine whether polymeric encapsulants can suffer loss of optical transmittance. IEC 61215-2 already includes a UV preconditioning test (MQT 10), however, the parameters for that test only represent a limited level of exposure (~weeks of UV dose). This test procedure is intended for representative coupon specimens, applying stress at a greater intensity (designed relative to Phoenix, AZ), using a radiation spectrum that is more similar to the terrestrial solar spectrum, and using a duration of exposure that is more relevant to the PV application (i.e., equivalent to several years of outdoor exposure). This test quantifies the degradation rate of encapsulants so that the risk of the materials losing optical transmittance during operation in the terrestrial environments can be managed. The quantitative correlation between climate (or location of use), a specific application (utility-installation, residential-installation, roof-mount, rack-mount, use of a tracker, the system electrical configuration and its operation), and the test can be established for each specific encapsulant material, but is beyond the scope of this document.

The method herein is intended to qualify encapsulants for use in a PV module. This document is intended to apply to encapsulants used in PV modules deployed under temperature conditions of normal use, as defined in IEC TS 63126. The use of this method for encapsulants in modules deployed under conditions of higher temperature is specified elsewhere, for example IEC TS 63126. The method here is intended to be used to examine a particular encapsulant and does not cover incompatibilities between the encapsulant and other packaging materials. This document covers PV technology constructed using a transparent incident surface/encapsulant/photovoltaic device construction, the relevance to other geometries where the encapsulant layer is located behind the photovoltaic device layer, is outside the scope of this document. In the case of bifacial cell technology, the module can accept light from its front and back surfaces – the transmittance of a frontsheet (if used), encapsulant, and transparent backsheet (if used) is relevant for both active surfaces. The optical durability of frontsheets and backsheets, however, is addressed separately in the IEC TS 62788-2. Thin coatings that might be added for antireflection or anti-soiling purposes are outside the scope of this document. The method in this document can be used for other purposes (e.g., research and development); many details of alternate uses of the method (e.g., alternate test durations or measurement increments) are not described here.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61215-2, *Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 2: Test procedures*

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

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

IEC 62788-1-4, *Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules. Part 1-4: Encapsulants – Measurement of optical transmittance and calculation of the solar-weighted photon transmittance, yellowness index, and UV cut-off wavelength*

IEC TS 62788-7-2, *Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 7-2: Environmental exposures – Accelerated weathering tests of polymeric materials*

IEC TS 62915, *Photovoltaic (PV) modules – Type approval, design and safety qualification – Retesting*

IEC TS 63126¹, *Guidelines for qualifying PV modules, components, and materials for operation at high temperatures*

ISO 291, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ASTM G7, *Standard practice for atmospheric environmental exposure testing of nonmetallic materials*

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/DTS 63126:2019.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives	19
3 Termes et définitions	19
4 Principe	19
5 Appareillage	20
5.1 Spectrophotomètre pour le mesurage du facteur de transmission.....	20
5.2 Chambre climatique pour l'exposition aux intempéries	20
6 Éprouvettes d'essai	20
6.1 Composants des éprouvettes et considérations générales pour tous les types de matériaux.....	20
6.2 Éprouvettes d'essai pour la consignation des informations dans les fiches techniques	20
6.3 Utilisation de matériaux alternatifs pour substrat et substrat inversé	21
6.4 Éprouvettes témoins et contrôle expérimental	21
7 Procédure de mesure	22
8 Exposition aux intempéries artificielles accélérées	22
9 Calcul et expression des résultats	22
10 Procédure d'essai.....	22
11 Critères de réussite/échec	23
12 Rapport d'essai	24
Bibliographie.....	26

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES DE MESURE DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Part 1-7: Encapsulants – Procédure d'essai de la durabilité optique

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux 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 62788-1-7 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1669/FDIS	82/1704/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62788, publiées sous le titre général *Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules photovoltaïques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC

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

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

INTRODUCTION

L'IEC 61215-2 (qui traite de la qualification de la conception et de l'homologation des modules) spécifie un préconditionnement aux UV de $54 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ ($15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$), qui serait observé après ~40 jours idéalement ensoleillés avec une exposition au spectre UV AM1.5G défini dans l'IEC 60904-3. L'IEC 61730-2 spécifie actuellement 4x cette même exposition aux UV, c'est-à-dire une dose d'UV de 5 mois. Le Groupe d'études international sur l'assurance de la qualité PV (PVQAT) coordonne au niveau mondial les efforts de développement des normes de qualité et de fiabilité pour les technologies de l'énergie solaire. Ces normes permettront aux parties prenantes d'évaluer rapidement les performances et la capacité d'un module solaire photovoltaïque (PV) à résister aux intempéries, réduisant ainsi les risques et renforçant la confiance des acteurs impliqués dans le développement des produits, la conception des programmes de soutien et la définition des investissements privés. Développée en collaboration avec le groupe PVQAT, la présente partie de l'IEC 62788-1 a pour objet de compléter la qualification des modules, qui couvre généralement les problèmes de fiabilité associés à la mortalité infantile, c'est-à-dire les premiers mois d'utilisation sur le terrain. La présente partie de l'IEC 62788-1 peut également faciliter la préqualification des matériaux d'encapsulation en utilisant des éprouvettes de coupon, l'exposition aux intempéries de longue durée n'étant pas commode en pratique pour les éprouvettes de module d'assez grande taille. La présente partie de l'IEC 62788-1 utilise également de manière significative des rayonnements UV haute fidélité (par rapport au spectre lumineux solaire terrestre), dont l'application aux éprouvettes de module n'est pas commode en pratique (en raison du manque d'équipement commercial disponible et du coût d'exploitation prévisionnel). La présente partie de l'IEC 62788-1 n'est pas actuellement mentionnée dans d'autres normes pour les besoins de préqualification, mais elle peut être utilisée à cette fin par des fabricants de modules.

La présente partie de l'IEC 62788-1 ne traite pas des performances optiques (facteur de transmission) des couches avant et arrière polymérisées. Ces composants seront traités dans la IEC TS 62788-2.

PROCÉDURES DE MESURE DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Part 1-7: Encapsulants – Procédure d'essai de la durabilité optique

1 Domaine d'application

L'IEC 61215-2 spécifie un ensemble d'essais de qualification qui indiquent que la conception d'un module PV est vraisemblablement exempte de défauts susceptibles d'occasionner une défaillance précoce. Cependant, l'IEC 61215-2 ne traite pas de l'usure à long terme des modules PV. La présente partie de l'IEC 62788-1 est conçue comme un essai de qualification plus rigoureux, qui utilise une exposition aux UV accélérée à température élevée destinée à déterminer si les encapsulants polymérisés peuvent présenter une perte de facteur de transmission optique. L'IEC 61215-2 comprend déjà un essai de préconditionnement aux UV (MQT 10), toutefois, les paramètres de cet essai ne représentent qu'un niveau limité d'exposition (~semaines de dose d'UV). La présente procédure d'essai concerne les éprouvettes de coupon représentatives et applique des contraintes d'une plus grande intensité (conçues par rapport à Phoenix, AZ), en utilisant un spectre de rayonnement qui est plus proche du spectre lumineux solaire terrestre et une durée d'exposition plus pertinente pour l'application PV (c'est à dire équivalente à plusieurs années d'exposition en extérieur). Cet essai quantifie la vitesse de dégradation des encapsulants de manière à pouvoir gérer le risque de perte de facteur de transmission optique des matériaux au cours du fonctionnement dans l'environnement terrestre. La corrélation quantitative entre le climat (ou le lieu d'utilisation), une application spécifique (installation de service public, installation résidentielle, montage sur toit, montage sur châssis, utilisation d'un traqueur, configuration électrique du système et son fonctionnement) et l'essai peut être établie pour chaque matériau d'encapsulation spécifique mais n'entre pas dans le domaine d'application du présent document.

La méthode présentée ici a pour objet de qualifier des encapsulants en vue de leur utilisation dans un module PV. Le présent document est destiné à couvrir les encapsulants utilisés dans les modules PV déployés dans des conditions de température d'une utilisation normale, comme cela est défini dans l'IEC TS 63126. L'utilisation de la présente méthode pour les encapsulants dans des modules déployés dans des conditions de température plus élevée est spécifiée dans d'autres documents, par exemple dans l'IEC TS 63126. La présente méthode est destinée à être utilisée pour examiner un encapsulant particulier et ne couvre pas les incompatibilités entre l'encapsulant et d'autres matériaux d'habillage. Le présent document couvre la technologie PV qui utilise un dispositif photovoltaïque constitué d'une surface incidente transparente et d'un encapsulant. La pertinence pour d'autres configurations dans lesquelles la couche d'encapsulant est placée derrière la couche du dispositif photovoltaïque, ne relève pas du domaine d'application du présent document. Dans le cas de la technologie des cellules bifaciales, le module peut accepter la lumière provenant de ses surfaces avant et arrière – le facteur de transmission d'une couche avant (le cas échéant), l'encapsulant et la couche arrière transparente (le cas échéant) sont pertinents pour les deux surfaces actives. La durabilité optique des surfaces avant et arrière est toutefois traitée séparément dans la IEC TS 62788-2. Les revêtements de faible épaisseur qui pourraient être ajoutés pour leurs caractéristiques antireflet ou antisalissure ne relèvent pas du domaine d'application du présent document. La méthode du présent document peut être utilisée à d'autres fins (par exemple, recherche et développement); de nombreuses informations détaillées concernant les utilisations alternatives de la méthode (par exemple, durées d'essai ou incréments de mesure alternatifs) ne sont pas décrites ici.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61215-2, *Modules photovoltaïques (PV) pour applications terrestres – Qualification de la conception et homologation – Partie 2: Procédures d'essai*

IEC 61730-1, *Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1: Exigences pour la construction*

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

IEC 62788-1-4, *Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules photovoltaïques. Partie 1-4: Encapsulants – Mesurage du facteur de transmission optique et calcul du facteur de transmission photonique à pondération solaire, de l'indice de jaunissement et de la fréquence de coupure des UV*

IEC TS 62788-7-2, *Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 7-2: Environmental exposures – Accelerated weathering tests of polymeric materials* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 62915, *Photovoltaic (PV) modules – Type approval, design and safety qualification – Retesting* (disponible en anglais seulement)

IEC TS 63126¹, *Guidelines for qualifying PV modules, components, and materials for operation at high temperatures* (disponible en anglais seulement)

ISO 291, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ASTM G7, *Standard practice for atmospheric environmental exposure testing of nonmetallic materials*

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC/DTS 63726:2019.