IEC 62788-1-4

Edition 1.1 2020-10
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-8968-6

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

IEC 62788-1-4

Edition 1.1 2020-10
CONSOLIDATED VERSION

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE

colour inside

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

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 62788-1-4:2016-09+AMD1:2020-10 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 6
4 Principle 7
5 Apparatus 7
6 Test specimens 7
6.1 Nominal (and unweathered) transmittance to the cell 7
6.2 Weathering studies 8
6.3 Glass for superstrates/substrates 9
6.4 Number of specimens 9
6.5 ~~Preconditioning~~ Conditioning of specimens 9
7 Measurement procedure 9
7.1 General 9
7.2 Specimen preparation 10
7.3 Instrument calibration (baseline measurements) 10
7.4 Specimen measurements 10
7.5 Witness measurements 10
7.5.1 Witness specimen(s) 11
7.5.2 Procedure for the witness specimen prior to the test specimen(s) 11
7.5.3 Measurement of the test specimen(s) 11
7.5.4 Procedure for the witness specimen after the test specimen(s) 11
8 Calculation and expression of results 11
8.1 Post-processing of data 11
8.2 Calculation of weighted transmittance 12
8.3 Calculation of the Yellowness Index (YI) 12
8.4 Calculation of the UV cut-off wavelength 12
9 Uncertainty of measurements 13
10 Test report 13
Annex A (informative) Advanced analysis of transmittance (absorption coefficients) 15
Annex B (informative) Applying the quantum efficiency of a specific cell technology 17
Bibliography 19

Table 1 – Details of the solar weight transmittance parameters 12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

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

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62788-1-4 edition 1.1 contains the first edition (2016-09) [documents 82/1148/FDIS and 82/1165/RVD] and its amendment 1 (2020-10) [documents 82/1767/FDIS and 82/1791/RVD].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62788-1-4 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

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

1 Scope

This part of IEC 62788 provides a method for measurement of the optical transmittance of encapsulation materials used in photovoltaic (PV) modules. The standardized measurements in this procedure quantify the expected transmittance of the encapsulation to the PV cell. Subsequent calculation of solar-weighted transmittance allows for comparison between different materials. The results for unweathered material may be used in an encapsulation manufacturer's datasheets, in manufacturer's material or process development, in manufacturing quality control (material acceptance), or applied in the analysis of module performance.

This measurement method can also be used to monitor the performance of encapsulation materials after weathering, to help assess their durability. The standardized measurements are intended to examine an interior region within a PV module, e.g., without the effects of oxygen diffusion ~~around the edges~~ at the periphery of the cells. Subsequent calculation of yellowness index allows for quantification of durability and consideration of appearance. The change in transmittance, yellowness index, and ultraviolet (UV) cut-off wavelength may be used by encapsulation or module manufacturers to compare the durability of different materials.

2 Normative references

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

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

ISO 291:2008, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 11664-1:2007, *Colorimetry – Part 1: CIE standard colorimetric observers*

ISO 11664-2:2007, *Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants*

ISO 13468-2:1999, *Plastics – Determination of the total luminous transmittance of transparent materials – Part 2: Double-beam instrument*

ISO 17223:2014, *Plastics – Determination of yellowness index and change in yellowness index*

ASTM E424-71:2007, *Standard test methods for solar energy transmittance and reflectance (Terrestrial) of sheet material*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 23
1 Domaine d'application 25
2 Références normatives 25
3 Termes et définitions 26
4 Principe 27
5 Appareillage 27
6 Éprouvettes d'essai 27
6.1 Facteur de transmission nominal (et sans exposition aux intempéries) de la cellule 27
6.2 Études sur l'exposition aux intempéries 28
6.3 Verre pour substrats inversés/substrats 29
6.4 Nombre d'éprouvettes 30
6.5 ~~Préconditionnement~~ Conditionnement des éprouvettes 30
7 Procédure de mesure 30
7.1 Généralités 30
7.2 Préparation des éprouvettes 30
7.3 Étalonnage de l'instrument (mesurages de base) 30
7.4 Mesurages des éprouvettes 31
7.5 Mesurages témoins 31
7.5.1 Éprouvettes témoins 31
7.5.2 Procédure relative à l'éprouvette témoin avant les éprouvettes d'essai 31
7.5.3 Mesurages des éprouvettes d'essai 32
7.5.4 Procédure relative à l'éprouvette témoin après les éprouvettes d'essai 32
8 Calcul et expression des résultats 32
8.1 Post-traitement des données 32
8.2 Calcul du facteur de transmission pondéré 32
8.3 Calcul de l'indice de jaunissement (YI) 33
8.4 Calcul de la longueur d'onde de coupure des UV 33
9 Incertitude de mesure 33
10 Rapport d'essai 34
Annexe A (informative) Analyse avancée du facteur de transmission (coefficients d'absorption) 36
Annexe B (informative) Application du rendement quantique d'une technologie de cellule spécifique 38
Bibliographie 40

Tableau 1 – Détails des paramètres de facteur de transmission à pondération solaire 33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62788-1-4 édition 1.1 contient la première édition (2016-09) [documents 82/1148/FDIS et 82/1165/RVD] et son amendement 1 (2020-10) [documents 82/1767/FDIS et 82/1791/RVD].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62788-1-4 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

IMPORTANT – Le logo *"colour inside"* qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62788 fournit une méthode de mesure du facteur de transmission optique des matériaux d'encapsulation utilisés dans les modules photovoltaïques (PV). Les mesurages normalisés de cette procédure permettent de quantifier le facteur de transmission prévu de l'encapsulation vers la cellule PV. Le calcul ultérieur du facteur de transmission à pondération solaire permet de comparer les différents matériaux. Les résultats concernant les matériaux non exposés aux intempéries peuvent être utilisés dans les fiches techniques d'un fabricant d'encapsulation, dans le développement des matériaux ou du procédé du fabricant, dans le contrôle de la qualité de fabrication (acceptation du matériau) ou être appliqués dans l'analyse des performances du module.

Cette méthode de mesure peut également être utilisée pour contrôler les performances des matériaux d'encapsulation après exposition aux intempéries, afin d'évaluer leur durabilité. Les mesurages normalisés sont destinés à examiner une zone intérieure d'un module PV, par exemple, sans les effets de diffusion d'oxygène ~~autour des bords~~ à la périphérie des cellules. Le calcul ultérieur de l'indice de jaunissement permet de quantifier la durabilité et de prendre en compte l'aspect. La variation du facteur de transmission, de l'indice de jaunissement et de la fréquence de coupure des ultraviolets (UV) peut être utilisée par les fabricants d'encapsulation ou de module pour comparer la durabilité des différents matériaux.

2 Références normatives

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

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

ISO 291:2008, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 11664-1:2007, *Colorimétrie – Partie 1: Observateurs CIE de référence pour la colorimétrie*

ISO 11664-2:2007, *Colorimétrie – Partie 2: Illuminants CIE normalisés*

ISO 13468-2:1999, *Plastiques – Détermination du facteur de transmission du flux lumineux total des matériaux transparents – Partie 2: Instrument à double faisceau*

ISO 17223:2014, *Plastics – Determination of yellowness index and change in yellowness index* (disponible en anglais seulement)

ASTM E424-71:2007, *Standard test methods for solar energy transmittance and reflectance (Terrestrial) of sheet material*

IEC 62788-1-4

Edition 1.1 2020-10
CONSOLIDATED VERSION

FINAL VERSION

VERSION FINALE

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

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 62788-1-4:2016-09+AMD1:2020-10 CSV(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 6
4 Principle 7
5 Apparatus 7
6 Test specimens 7
6.1 Nominal (and unweathered) transmittance to the cell 7
6.2 Weathering studies 8
6.3 Glass for superstrates/substrates 9
6.4 Number of specimens 9
6.5 Conditioning of specimens 9
7 Measurement procedure 9
7.1 General 9
7.2 Specimen preparation 10
7.3 Instrument calibration (baseline measurements) 10
7.4 Specimen measurements 10
7.5 Witness measurements 10
7.5.1 Witness specimen(s) 11
7.5.2 Procedure for the witness specimen prior to the test specimen(s) 11
7.5.3 Measurement of the test specimen(s) 11
7.5.4 Procedure for the witness specimen after the test specimen(s) 11
8 Calculation and expression of results 11
8.1 Post-processing of data 11
8.2 Calculation of weighted transmittance 12
8.3 Calculation of the Yellowness Index (YI) 12
8.4 Calculation of the UV cut-off wavelength 12
9 Uncertainty of measurements 13
10 Test report 13
Annex A (informative) Advanced analysis of transmittance (absorption coefficients) 15
Annex B (informative) Applying the quantum efficiency of a specific cell technology 17
Bibliography 19

Table 1 – Details of the solar weight transmittance parameters 12

© IEC 2020

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

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

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62788-1-4 edition 1.1 contains the first edition (2016-09) [documents 82/1148/FDIS and 82/1165/RVD] and its amendment 1 (2020-10) [documents 82/1767/FDIS and 82/1791/RVD].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62788-1-4 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

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

1 Scope

This part of IEC 62788 provides a method for measurement of the optical transmittance of encapsulation materials used in photovoltaic (PV) modules. The standardized measurements in this procedure quantify the expected transmittance of the encapsulation to the PV cell. Subsequent calculation of solar-weighted transmittance allows for comparison between different materials. The results for unweathered material may be used in an encapsulation manufacturer's datasheets, in manufacturer's material or process development, in manufacturing quality control (material acceptance), or applied in the analysis of module performance.

This measurement method can also be used to monitor the performance of encapsulation materials after weathering, to help assess their durability. The standardized measurements are intended to examine an interior region within a PV module, e.g., without the effects of oxygen diffusion at the periphery of the cells. Subsequent calculation of yellowness index allows for quantification of durability and consideration of appearance. The change in transmittance, yellowness index, and ultraviolet (UV) cut-off wavelength may be used by encapsulation or module manufacturers to compare the durability of different materials.

2 Normative references

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

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

ISO 291:2008, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 11664-1:2007, *Colorimetry – Part 1: CIE standard colorimetric observers*

ISO 11664-2:2007, *Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants*

ISO 13468-2:1999, *Plastics – Determination of the total luminous transmittance of transparent materials – Part 2: Double-beam instrument*

ISO 17223:2014, *Plastics – Determination of yellowness index and change in yellowness index*

ASTM E424-71:2007, *Standard test methods for solar energy transmittance and reflectance (Terrestrial) of sheet material*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 23
1 Domaine d'application 25
2 Références normatives 25
3 Termes et définitions 26
4 Principe 27
5 Appareillage 27
6 Éprouvettes d'essai 27
6.1 Facteur de transmission nominal (et sans exposition aux intempéries) de la cellule 27
6.2 Études sur l'exposition aux intempéries 28
6.3 Verre pour substrats inversés/substrats 29
6.4 Nombre d'éprouvettes 30
6.5 Conditionnement des éprouvettes 30
7 Procédure de mesure 30
7.1 Généralités 30
7.2 Préparation des éprouvettes 30
7.3 Étalonnage de l'instrument (mesurages de base) 30
7.4 Mesurages des éprouvettes 31
7.5 Mesurages témoins 31
7.5.1 Éprouvettes témoins 31
7.5.2 Procédure relative à l'éprouvette témoin avant les éprouvettes d'essai 31
7.5.3 Mesurages des éprouvettes d'essai 32
7.5.4 Procédure relative à l'éprouvette témoin après les éprouvettes d'essai 32
8 Calcul et expression des résultats 32
8.1 Post-traitement des données 32
8.2 Calcul du facteur de transmission pondéré 32
8.3 Calcul de l'indice de jaunissement (YI) 33
8.4 Calcul de la longueur d'onde de coupure des UV 33
9 Incertitude de mesure 33
10 Rapport d'essai 34
Annexe A (informative) Analyse avancée du facteur de transmission (coefficients d'absorption) 36
Annexe B (informative) Application du rendement quantique d'une technologie de cellule spécifique 38
Bibliographie 40

Tableau 1 – Détails des paramètres de facteur de transmission à pondération solaire 33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62788-1-4 édition 1.1 contient la première édition (2016-09) [documents 82/1148/FDIS et 82/1165/RVD] et son amendement 1 (2020-10) [documents 82/1767/FDIS et 82/1791/RVD].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62788-1-4 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement 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.

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62788 fournit une méthode de mesure du facteur de transmission optique des matériaux d'encapsulation utilisés dans les modules photovoltaïques (PV). Les mesurages normalisés de cette procédure permettent de quantifier le facteur de transmission prévu de l'encapsulation vers la cellule PV. Le calcul ultérieur du facteur de transmission à pondération solaire permet de comparer les différents matériaux. Les résultats concernant les matériaux non exposés aux intempéries peuvent être utilisés dans les fiches techniques d'un fabricant d'encapsulation, dans le développement des matériaux ou du procédé du fabricant, dans le contrôle de la qualité de fabrication (acceptation du matériau) ou être appliqués dans l'analyse des performances du module.

Cette méthode de mesure peut également être utilisée pour contrôler les performances des matériaux d'encapsulation après exposition aux intempéries, afin d'évaluer leur durabilité. Les mesurages normalisés sont destinés à examiner une zone intérieure d'un module PV, par exemple, sans les effets de diffusion d'oxygène à la périphérie des cellules. Le calcul ultérieur de l'indice de jaunissement permet de quantifier la durabilité et de prendre en compte l'aspect. La variation du facteur de transmission, de l'indice de jaunissement et de la fréquence de coupure des ultraviolets (UV) peut être utilisée par les fabricants d'encapsulation ou de module pour comparer la durabilité des différents matériaux.

2 Références normatives

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

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

ISO 291:2008, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 11664-1:2007, *Colorimétrie – Partie 1: Observateurs CIE de référence pour la colorimétrie*

ISO 11664-2:2007, *Colorimétrie – Partie 2: Illuminants CIE normalisés*

ISO 13468-2:1999, *Plastiques – Détermination du facteur de transmission du flux lumineux total des matériaux transparents – Partie 2: Instrument à double faisceau*

ISO 17223:2014, *Plastics – Determination of yellowness index and change in yellowness index* (disponible en anglais seulement)

ASTM E424-71:2007, *Standard test methods for solar energy transmittance and reflectance (Terrestrial) of sheet material*