

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and definitions clause of IEC publications issued between 2002 and 2015. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et définitions des publications IEC parues entre 2002 et 2015. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

AMENDMENT 1 AMENDEMENT 1

**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 978-2-8322-8874-0

**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.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
82/1767/FDIS	82/1791/RVD

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

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

1 Scope

In the second sentence of the second paragraph, replace:

around the edges

by:

at the periphery

4 Principle

In the last sentence, replace:

concentration

by:

optical concentration

6.1 Nominal (and unweathered) transmittance to the cell

In the fifth paragraph, replace:

The nominal thickness of the encapsulation specimens

by:

The nominal thickness of the encapsulant specimens

6.2 Weathering studies

Replace the existing third paragraph by the following:

The minimum size of 7,5 cm × 7,5 cm is recommended for weathering specimens based on previous examinations of poly (ethylene-co-vinyl acetate).

In the eighth paragraph, replace:

The nominal thickness of the encapsulation specimens

by:

The nominal thickness of the encapsulant specimens

6.3 Glass for superstrates/substrates

Replace the existing second paragraph by the following:

The solar-weighted transmittance of photon irradiance of silica glass, which may be used to verify that the composition of the glass is appropriate, is approximately $(93 \pm 1) \%$ between 280 nm and 2 500 nm, because the reduction in transmittance comes from reflections at the surfaces. The UV cut-off wavelength for silica should be less than 225 nm. As in [1] and [12], the transmittance of the glass should be greater than 90 % at 280 nm.

Replace the existing fourth paragraph by the following:

Subsequent examination beyond that intended for the encapsulation material datasheet (including performance and weathering), such as for the purpose of quality control for production monitoring, may be performed according to this procedure using other superstrate and/or substrate materials that can incorporate other optical features, e.g., antireflective coatings, surface texture, and untempered soda-lime PV glass.

Add, at the end of the subclause, the following:

The process of solarization, where a redox reaction of trace impurities affects the UV cut-off wavelength and corresponding range of transmittance, can occur if glass other than silica is used [14]. It is therefore advised for weathering studies to UV condition substrate and superstrate materials, other than silica, prior to lamination.

NOTE Silica glass is more durable than soda-lime glass and will better resist glass corrosion in accelerated tests.

6.5 Preconditioning of specimens

In the title of the subclause, replace:

preconditioning

by

conditioning

In the first sentence, replace:

(23 ± 2) °C, (50 ± 5) % RH for at least 24 h, as recommended in ISO 291, prior to optical measurement.

by:

(23 ± 2) °C, (50 ± 10) % RH for at least 24 h, as specified per Class 2 in ISO 291, prior to optical measurement.

7.2 Specimen preparation

Replace the first sentence by the following:

Prior to measurement, specimens should be free of dust, grease or other contaminants. Specimens may be wiped with a solution of deionized water and mild soap for cleaning prior to measurement using a cleanroom wipe or lint free cloth.

7.4 Specimen measurements

In the first sentence of the fourth paragraph, replace:

durability

by:

weathering durability

7.5 Witness measurements

Add the following new subclause:

7.5.1 Witness specimen(s)

The witness specimens may include a traceable standard specimen, laboratory working witness specimen, or the silica superstrate/substrate material. Witness specimen(s) for control measurements may also include a non-weathered glass working witness specimen of the same construction used in module representative test specimen(s) or reference (glass or polymeric superstrate) specimen(s). When not being used for control measurements, a working witness specimen shall be stored in the dark at 23 °C and 50 % humidity as specified per Class 2 in ISO 291.

7.5.2 Procedure for the witness specimen prior to the test specimen(s)

After instrument equilibration and baselining, perform the transmittance measurements on a witness specimen at the beginning of each measurement session to ensure proper operation of the instrument and minimize the measurement error. Perform the transmittance measurements of the witness specimen using the same procedure that will be applied to the test specimen(s).

The verification wavelengths for the working reference shall be ± 50 nm from the instrument transitions for the source, detector, and gratings. Because of the limitations of measurement, including noise from scattering at short wavelengths, the verification wavelengths shall not extend below 225 nm. In the case of many commercial instruments where the source, detector, and grating transitions occur at 350 nm, 800 nm, and 800 nm, respectively, the verification wavelengths should include the ranges 250 nm to 300 nm, 400 nm to 750 nm and 850 nm to 2500 nm (in the case of standard measurements) or 225 nm to 300 nm, 400 nm to 750 nm and 850 nm to 2 500 nm (in the case of measurements of weathered specimens).

The transmittance at each of the verification wavelengths should be within 0,25 % of the known transmittance (or laboratory running average) for the witness specimen. If the transmittance at each verification wavelength is not within 0,25 % of the known transmittance, the instrument baseline shall be performed again (including as many as three times) and the witness specimen shall be remeasured. If the transmittance at each wavelength continues to be greater than 0,25 % of the known transmittance, the instrument should be maintained or repaired.

7.5.3 Measurement of the test specimen(s)

After the witness specimen has been verified, the test specimen(s) shall be measured.

7.5.4 Procedure for the witness specimen after the test specimen(s)

After the test specimen(s) have been measured, perform the transmittance measurements on a witness specimen at the end of each measurement session to ensure proper operation of the instrument through the measurement session. Perform the transmittance measurements of the witness specimen using the same procedure that will be applied to the test specimen(s). The transmittance at each of the verification wavelengths should be within 0,25 % of the known transmittance (or laboratory running average) for the witness specimen. If the transmittance at each verification wavelength is not within 0,25 % of the known transmittance, the measured data for the test specimen(s) shall be considered invalid and the test specimen(s) shall be measured again in a subsequent session.

8.1 Post-processing of data

Replace the last sentence by the following:

The variability shall be reported for each characteristic (weighted transmittance, yellowness index, and UV cut-off wavelength) as the range (difference of the maximum and minimum measurements) for the three specimens.

8.4 Calculation of the UV cut-off wavelength

In the first sentence, replace:

(to the nearest nm)

by:

(linearly interpolated to the nearest tenth of a nm)

10 Test report

Item f)

Replace:

characterization and condition

by:

characterization and state

and replace:

preconditioning

by:

conditioning

Item j)

Replace:

preconditioning

by:

conditioning

Bibliography

Replace:

- [14] C.G. Reid, J.G. Bokria, J.T. Woods, UV aging and outdoor exposure correlation for EVA PV encapsulants, Proc. SPIE, 8825, 2013

by:

- [14] W. Thiemsorn, K. Keowkamnerd, S. Phanichphant, P. Suwannathada, H. Hessenkemper, "Influence of glass basicity on redox interactions of iron-manganese-copper ion pairs in soda-lime-silica glass", *Glass Phys. Chem.*, 34 (2008), 19-29

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62788-1-4:2016/AMD1:2020

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1767/FDIS	82/1791/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base 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. À cette date, la publication sera

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

1 Domaine d'application

Dans la deuxième phrase du deuxième alinéa, remplacer:

autour des bords

par:

à la périphérie

4 Principe

Dans la dernière phrase, remplacer:

concentration

par:

concentration optique

6.1 Facteur de transmission nominal (et sans exposition aux intempéries) de la cellule

Dans le cinquième alinéa, remplacer:

L'épaisseur nominale des éprouvettes d'encapsulation

par:

L'épaisseur nominale des éprouvettes d'encapsulant

6.2 Études sur l'exposition aux intempéries

Remplacer le troisième alinéa existant par le suivant:

La taille minimale de 7,5 cm x 7,5 cm est recommandée pour les éprouvettes exposées aux intempéries sur la base d'examen antérieurs de poly(éthylène-coacétate de vinyle).

Dans le huitième alinéa, remplacer:

L'épaisseur nominale des éprouvettes d'encapsulation

par:

L'épaisseur nominale des éprouvettes d'encapsulant

6.3 Verre pour substrats inversés/substrats

Remplacer le deuxième alinéa existant par le suivant:

Le facteur de transmission à pondération solaire de l'éclairement photonique du verre de silice, qui peut être utilisé pour vérifier que la composition du verre est appropriée, est d'environ $(93 \pm 1) \%$ entre 280 nm et 2 500 nm, la réduction du facteur de transmission provenant des réflexions sur les surfaces. Il convient que la longueur d'onde de coupure des UV pour la silice soit inférieure à 225 nm. Comme dans les documents [1] et [12], il convient que le facteur de transmission du verre soit supérieur à 90 % à 280 nm.

Remplacer le quatrième alinéa existant par le suivant:

Un examen ultérieur allant au-delà de ce qui est prévu pour la fiche technique du matériau d'encapsulation (y compris en matière de performance et d'exposition aux intempéries), par exemple à des fins de contrôle de la qualité en vue du contrôle de la production, peut être réalisé conformément à cette procédure à l'aide d'autres matériaux de substrat inversé et/ou substrat qui peuvent présenter d'autres caractéristiques optiques (revêtements antiréfléchissants, texture superficielle et verre de PV sodocalcique non trempé, par exemple).

Ajouter, à la fin du paragraphe, ce qui suit:

Le processus de solarisation, au cours duquel une réaction d'oxydoréduction des traces d'impureté affecte la longueur d'onde de coupure des UV et la plage correspondante du facteur de transmission, peut se produire si le verre utilisé n'est pas un verre de silice [14]. Il est par conséquent conseillé, pour les études sur l'exposition aux intempéries, de procéder à un

conditionnement aux UV des matériaux qui constituent les substrats et les substrats inversés, autres que la silice, avant la stratification.

NOTE Le verre de silice présente une plus grande durabilité que le verre sodocalcique et il résiste mieux à la corrosion lorsqu'il est soumis à des essais accélérés.

6.5 Préconditionnement des éprouvettes

Dans le titre du paragraphe, remplacer:

préconditionnement

par

conditionnement

Dans la première phrase, remplacer:

Avant de procéder au mesurage optique, et conformément à l'ISO 291, les éprouvettes utilisées pour la consignation sur les fiches techniques doivent être maintenues à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 5) \%$ d'humidité relative pendant au moins 24 h.

par:

Avant de procéder au mesurage optique, et comme spécifié pour la Classe 2 selon l'ISO 291, les éprouvettes utilisées pour la consignation sur les fiches techniques doivent être maintenues à $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 10) \%$ d'humidité relative pendant au moins 24 h.

7.2 Préparation des éprouvettes

Remplacer la première phrase par le texte suivant:

Avant de procéder au mesurage, il convient de débarrasser les éprouvettes de la poussière, de la graisse ou d'autres contaminants. Les éprouvettes peuvent être essuyées à l'aide d'une lingette pour salle propre ou d'un chiffon non pelucheux en utilisant une solution d'eau déminéralisée et de savon doux pour les nettoyer avant le mesurage.

7.4 Mesurage des éprouvettes

Dans la première phrase du quatrième alinéa, remplacer:

durabilité

par:

durabilité aux intempéries

7.5 Mesurages témoins

Ajouter le nouveau paragraphe suivant:

7.5.1 Éprouvettes témoins

L'éprouvette témoin peut être une éprouvette étalon traçable, une éprouvette témoin de laboratoire ou le matériau de substrat inversé/substrat de silice. Parmi les éprouvettes témoins pour les mesurages de contrôle, il peut aussi y avoir une éprouvette témoin de travail en verre n'ayant pas été exposée aux intempéries et de construction identique à celle utilisée dans les éprouvettes d'essai représentatives d'un module ou dans les éprouvettes de référence (substrat inversé en verre ou polymérisé). Lorsqu'elle n'est pas utilisée pour des mesurages de contrôle, une éprouvette témoin de travail doit être stockée à l'abri de la lumière à 23 °C et 50 % d'humidité, comme spécifié pour la Classe 2 dans l'ISO 291.

7.5.2 Procédure relative à l'éprouvette témoin avant les éprouvettes d'essai

Après la mise en équilibre de l'instrument et l'ajustement de la ligne de base, procéder aux mesurages du facteur de transmission sur une éprouvette témoin au début de chaque session de mesure, afin d'assurer le bon fonctionnement de l'instrument et de réduire le plus possible les erreurs de mesure. Procéder aux mesurages du facteur de transmission de l'éprouvette témoin en utilisant la même procédure que celle prévue pour être appliquée aux éprouvettes d'essai.

Les longueurs d'onde de vérification pour la référence de travail doivent être à ± 50 nm des transitions de l'instrument pour la source, le détecteur et les réseaux. En raison des limites de mesure, notamment du bruit lié à la diffusion aux courtes longueurs d'onde, les longueurs d'onde de vérification ne doivent pas être inférieures à 225 nm. Dans le cas des nombreux instruments du commerce dont les transitions pour la source, le détecteur et le réseau se produisent respectivement à 350 nm, 800 nm, et 800 nm, il convient que les longueurs d'onde de vérification incluent les plages de 250 nm à 300 nm, 400 nm à 750 nm et 850 nm à 2 500 nm (dans le cas de mesurages normalisés) ou 225 nm à 300 nm, 400 nm à 750 nm et 850 nm à 2 500 nm (dans le cas de mesurages d'échantillons exposés aux intempéries).

Il convient que le facteur de transmission à chacune des longueurs d'onde de vérification se situe à 0,25 % du facteur de transmission connu (ou de la moyenne glissante de laboratoire) pour l'éprouvette témoin. Si le facteur de transmission à chacune des longueurs d'onde de vérification ne se situe pas à 0,25 % du facteur de transmission connu, la ligne de base de l'instrument doit être de nouveau établie (jusqu'à trois fois) et l'éprouvette témoin doit être de nouveau mesurée. Si le facteur de transmission à chaque longueur d'onde reste supérieur à 0,25 % du facteur de transmission connu, il convient de soumettre l'instrument à une maintenance ou à une réparation.

7.5.3 Mesurages des éprouvettes d'essai

Après vérification de l'éprouvette témoin, les éprouvettes d'essai doivent être mesurées.

7.5.4 Procédure relative à l'éprouvette témoin après les éprouvettes d'essai

Après avoir mesuré les éprouvettes d'essai, procéder aux mesurages du facteur de transmission sur une éprouvette témoin à la fin de chaque session de mesure, afin de garantir le bon fonctionnement de l'instrument au cours de la session de mesure. Procéder aux mesurages du facteur de transmission de l'éprouvette témoin en utilisant la même procédure que celle prévue pour être appliquée aux éprouvettes d'essai. Il convient que le facteur de transmission à chacune des longueurs d'onde de vérification se situe à 0,25 % du facteur de transmission connu (ou de la moyenne glissante de laboratoire) pour l'éprouvette témoin. Si le facteur de transmission à chaque longueur d'onde de vérification ne se situe pas à 0,25 % du facteur de transmission connu, les données mesurées concernant les éprouvettes d'essai doivent être considérées comme non valables et ces dernières doivent être mesurées de nouveau lors d'une session ultérieure.

8.1 Post-traitement des données

Remplacer la dernière phrase par ce qui suit:

La variabilité doit être consignée pour chaque caractéristique (facteur de transmission pondéré, indice de jaunissement et longueur d'onde de coupure des UV) comme la plage (différence entre la mesure minimale et la mesure maximale) pour les trois éprouvettes.

8.4 Calcul de la longueur d'onde de coupure des UV

Dans la première phrase, remplacer:

(au nm près)

par:

(Interpolation linéaire au dixième de nm près)

10 Rapport d'essai

Point f)

Remplacer:

la caractérisation et l'état

par:

la caractérisation et l'état (ne concerne que la version anglaise)

et remplacer:

préconditionnement

par:

conditionnement

Point j)

Remplacer:

préconditionnement

par:

conditionnement