



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules –
Part 1-2: Encapsulants – Measurement of volume resistivity of photovoltaic
encapsulants and other polymeric materials**

**Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules
photovoltaïques –
Partie 1-2: Encapsulants – Mesurage de la résistivité transversale des
encapsulants photovoltaïques et autres matériaux polymères**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-3349-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references.....	6
3 Sampling.....	6
4 Apparatus.....	6
5 Procedure.....	7
5.1 Preconditioning.....	7
5.2 Test conditions.....	8
5.2.1 Room temperature.....	8
5.2.2 Elevated temperatures.....	8
5.3 Measurement voltage.....	8
5.3.1 Method A voltage.....	8
5.3.2 Method B voltage.....	9
5.4 Measurement cycle.....	9
5.4.1 Method A cycle.....	9
5.4.2 Method B cycle.....	9
5.5 Results.....	9
6 Test report.....	10
Annex A (informative) Historical studies of the volume resistivity of encapsulation materials.....	12
Annex B (informative) Example data.....	13
Bibliography.....	14
Figure 1 – Schematic of electrode apparatus for resistivity measurements.....	7
Figure B.1 – Example data showing current and voltage as a function of time for Method A measurement.....	13
Table B.1 – End of cycle current measurements and values used for calculation of volume resistivity according to Method A.....	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 1-2: Encapsulants – Measurement of volume resistivity of photovoltaic encapsulants and other polymeric materials

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 62788-1-2 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
82/1085/FDIS	82/1105/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 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 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.

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 1-2: Encapsulants – Measurement of volume resistivity of photovoltaic encapsulants and other polymeric materials

1 Scope

This part of IEC 62788 provides a method and guidelines for measuring the volume resistivity of materials used as encapsulation, edge seals, front-sheets, backsheets, or any other insulating material in a photovoltaic (PV) module. The test is performed on dry, humid or wet preconditioned samples. In the case of front sheets and backsheets comprised of multiple layers, the measured resistivity is an effective value. This test is designed for room temperature measurement, but can also be utilized at higher temperatures.

Degradation of PV modules is known to occur in part by electrochemical corrosion, and other potential induced degradation processes. These processes may be dependent upon the resistivity of a polymeric component. Therefore, the DC resistivity of polymeric components is relevant to module design and durability in the field. The resistivity may depend on cure state, temperature, water content, and voltage history. A number of options are included to allow the measurement to be performed in a manner consistent with representative fielded module conditions.

Most resistivity measurement methods and equipment typically become inaccurate and variable for materials with volume resistivity above $10^{16} \Omega\cdot\text{cm}$ [5]¹. Therefore, this standard is used for measurements less than $1\cdot 10^{17} \Omega\cdot\text{cm}$.

Both monolithic and multilayer materials (e.g. front sheets and backsheets) are suitable for measurement. Methods are described for room temperature measurement, with guidelines included for testing at elevated temperatures.

Results will vary with moisture content, therefore materials should be tested in a manner anticipatory of usage. Preconditioning procedures for dry, humid and wet environments are included.

Depending on the material, voltage history will affect the measured result. The rate of change of current, and time to equilibrium varies with material often taking hours or days to come to a static level. For this reason, long and short duration methods are included (Methods A and B). The specified short-duration alternating polarity Method B is intended for qualitative comparison. Method A, long-duration on/off polarity, is recommended for characterization with regard to PID resistance.

Measurements obtained using either method may be used by material manufacturers for the purpose of quality control of their electrical insulating material as well as for reporting in product datasheets. PV module manufacturers may use these methods for the purpose of material acceptance, material selection, process development, design analysis, or failure analysis.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

This measurement method can also be utilized to monitor the performance of electrical insulating materials after weathering, to assess their durability.

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 61340-2-3:2000, *Electrostatics – Part 2-3: Methods for test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation*

IEC 62631-3-2:2015, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity*

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

ASTM D 257-14, *Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	17
1 Domaine d'application.....	19
2 Références normatives	20
3 Échantillonnage.....	20
4 Appareillage	21
5 Procédure	22
5.1 Préconditionnement	22
5.2 Conditions d'essai.....	22
5.2.1 Température ambiante	22
5.2.2 Températures élevées.....	23
5.3 Tension de mesure.....	23
5.3.1 Tension pour la méthode A.....	23
5.3.2 Tension pour la méthode B.....	23
5.4 Cycle de mesure	23
5.4.1 Cycle pour la méthode A	23
5.4.2 Cycle pour la méthode B	23
5.5 Résultats	24
6 Rapport d'essai	25
Annexe A (informative) Études menées sur la résistivité transversale des matériaux d'encapsulation.....	27
Annexe B (informative) Exemple de données.....	28
Bibliographie	29
Figure 1 – Schéma de l'appareillage d'électrodes pour les mesurages de la résistivité	21
Figure B.1 – Exemple de données indiquant le courant et la tension en fonction du temps pour la méthode A de mesure	28
Tableau B.1 – Mesurages et valeurs du courant de fin de cycle utilisés pour le calcul de la résistivité transversale conformément à la méthode A	28

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES DE MESURE DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 1-2: Encapsulants – Mesurage de la résistivité transversale des encapsulants photovoltaïques et autres matériaux polymères

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. 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 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 62788-1-2 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
82/1085/FDIS	82/1105/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 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 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. À 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 1-2: Encapsulants – Mesurage de la résistivité transversale des encapsulants photovoltaïques et autres matériaux polymères

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62788 fournit une méthode et des lignes directrices pour la mesure de la résistivité transversale des matériaux utilisés comme matériaux d'encapsulation, joints d'étanchéité périphériques, couches avant et couches arrière, ou tout autre matériau isolant dans un module photovoltaïque (PV). L'essai est effectué sur des échantillons préconditionnés secs, humides ou mouillés. Dans le cas des couches avant et des couches arrière qui comprennent plusieurs couches, la résistivité mesurée est une valeur efficace. Cet essai est conçu pour un mesurage à la température ambiante, mais il peut également être utilisé à des températures plus élevées.

Il est admis que la dégradation des modules photovoltaïques est due partiellement à une corrosion électrochimique et à d'autres procédés de dégradation induite par des potentiels. Ces procédés peuvent dépendre de la résistivité d'un composant polymère. Par conséquent, la résistivité en courant continu des composants polymères est significative par rapport à la conception du module et à sa durabilité sur le terrain. La résistivité peut dépendre du degré de durcissement, de la température, de la teneur en eau et de l'historique de tension. Plusieurs options sont introduites qui permettent de réaliser un mesurage dans une configuration similaire d'utilisation d'un module dans des conditions pratiques représentatives.

Dans la plupart des cas, les méthodes et les équipements de mesure de la résistivité ne donnent généralement plus des résultats exacts et stables lorsqu'ils s'appliquent à des matériaux dont la résistivité transversale est supérieure à $10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ [5]¹. Par conséquent, la présente norme est utilisée pour les mesurages de moins de $1 \cdot 10^{17} \Omega \cdot \text{cm}$.

Le mesurage s'applique aux matériaux aussi bien monolithiques que multicouches (par exemple les couches avant et les couches arrière). Les méthodes décrites concernent le mesurage à température ambiante, mais comportent également des lignes directrices pour les essais effectués à des températures élevées.

Les résultats varient selon la teneur en eau, il convient par conséquent de soumettre les matériaux à l'essai avant leur utilisation. Des procédures de préconditionnement sont spécifiées pour les environnements secs, humides et mouillés.

Selon le matériau, l'historique de tension peut affecter la mesure obtenue. Le taux de variation du courant et le temps pour atteindre l'équilibre varient en fonction du matériau ce qui peut souvent durer des heures ou des jours pour parvenir à un niveau stable. C'est la raison pour laquelle deux méthodes sont spécifiées: la méthode A de longue durée et la méthode B de courte durée. La méthode B, indiquée pour les polarités alternatives de courte durée, est destinée aux comparaisons qualitatives. La méthode A, adaptée aux polarités sous tension/hors tension de longue durée, est recommandée pour la caractérisation concernant la résistance PID.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Les mesurages réalisés avec l'une ou l'autre méthode peuvent être utilisés par les fabricants de matériaux pour contrôler la qualité de leur matériau isolant électrique et pour renseigner les fiches techniques des produits. Les fabricants de modules photovoltaïques peuvent utiliser ces méthodes à des fins d'acceptation et de sélection de matériaux, d'élaboration de procédés, d'analyse de conception ou d'analyse de défaillance.

Cette méthode de mesure peut également servir à contrôler les performances des matériaux isolants électriques après exposition aux intempéries afin d'évaluer leur durabilité.

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 61340-2-3:2000, *Électrostatique – Partie 2-3: Méthodes d'essais pour la détermination de la résistance et de la résistivité des matériaux plans solides destinés à éviter les charges électrostatiques*

IEC 62631-3-2:2015, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle*

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

ASTM D 257-14, *Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials*