



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules –
Part 6-2: General tests – Moisture permeation testing of polymeric materials**

**Procédures de mesure des matériaux utilisés dans les modules
photovoltaïques –
Partie 6-2: Essais génériques – Essais de perméation à l'humidité des matériaux
polymères**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-7921-2

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and symbols.....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Symbols.....	7
4 Apparatus.....	8
5 Test specimens	8
6 Procedure.....	9
7 Calculations.....	10
7.1 Determination of diffusivity and solubility of moisture	10
7.2 Determination of breakthrough constant.....	11
7.3 Variable temperature measurement	12
7.4 Variable relative humidity measurement.....	13
8 Test report.....	13
Annex A (informative) Example data	15
A.1 Example of Fickian diffusion	15
A.2 Example of failed measurement of Fickian diffusion	16
A.3 Example of non-Fickian diffusion	17
Bibliography.....	19
Figure 1 – Diagram of a diffusion cell.....	9
Figure A.1 – Example of Fickian diffusion in EVA at 85 °C and 100 % RH with a 2,84 mm thick film	16
Figure A.2 – Example of a failed data set for Fickian diffusion in polyethylene terephthalate at 22 °C and 100 % RH	17
Figure A.3 – Example of non-Fickian diffusion in a desiccant filled polyisobutylene material used as an edge seal	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 6-2: General tests – Moisture permeation testing of 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 62788-6-2 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
82/1659/FDIS	82/1690/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.

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.

INTRODUCTION

This part of IEC 62788 describes methods to measure the permeation properties of polymeric materials. The degradation of PV modules is known to go through many different corrosion processes. These degradation processes may depend upon moisture ingress into the encapsulant, edge seal, frontsheet, or backsheet materials. Typical polymeric materials used include (amongst other polymers) ethylene-vinyl acetate (EVA) and polyolefins for encapsulants, polyisobutylene (PIB) for edge seals, and polyethylene terephthalate (PET), polyvinyl fluoride (PVF), or polyvinylidene fluoride (PVDF) for backsheets. Therefore, knowing the moisture permeation characteristics of polymeric materials is relevant for module design. These properties can be determined as a function of temperature and relative humidity. With these parameters, simple scaling rules for time and distance can be used to extrapolate to the use environments.

MEASUREMENT PROCEDURES FOR MATERIALS USED IN PHOTOVOLTAIC MODULES –

Part 6-2: General tests – Moisture permeation testing of polymeric materials

1 Scope

This document provides methods for measuring the steady-state water vapour transmission rate (WVTR), water vapour permeability (P), diffusivity (D), solubility (S), and moisture breakthrough time (T_{10}) (defined as the time to reach 10 % of the steady state WVTR) for polymeric materials such as encapsulants, edge seals, frontsheets and backsheets. These measurements can be made at selected temperatures and humidity levels as deemed appropriate for evaluation of their performance in PV modules. Measurement is accomplished by inspection of the transient WVTR curve and by fitting it to a theoretical Fickian model. This document is best applied to monolithic films. If multilayer films are used, the D and S values are only apparent values, but the steady-state values can still be measured.

This document was written for the measurement of water permeation, but it can equally be used for other permeants such as O_2 . In this case the same diffusion equations, fitting procedures, and scaling arguments are used.

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

ISO 2528, *Sheet materials – Determination of water vapour transmission rate (WVTR) – Gravimetric (dish) method*

ISO 9932, *Paper and board – Determination of water vapour transmission rate of sheet materials – Dynamic sweep and static gas methods*

ISO 15106-1, *Plastics – Film and sheeting – Determination of water vapour transmission Rate – Part 1: Humidity detection sensor method*

ISO 15106-2, *Plastics – Film and sheeting – Determination of water vapour transmission Rate – Part 2: Infrared detection sensor method*

ISO 15106-3, *Plastics – Film and sheeting – Determination of water vapour transmission Rate – Part 3: Electrolytic detection sensor method*

ISO 15106-4, *Plastics – Film and sheeting – Determination of water vapour transmission Rate – Part 4: Gas-chromatographic detection sensor method*

ASTM F1249-06, *Standard test method for water vapour transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes, définitions et symboles	25
3.1 Termes et définitions	25
3.2 Symboles.....	25
4 Appareillage	26
5 Éprouvettes d'essai	26
6 Procédure.....	27
7 Calculs	29
7.1 Détermination de la diffusivité et de la solubilité de l'humidité.....	29
7.2 Détermination de la constante de traversée	30
7.3 Mesurage des températures variables.....	30
7.4 Mesurage de l'humidité relative variable	31
8 Rapport d'essai	32
Annexe A (informative) Exemples de données	34
A.1 Exemple de diffusion fickienne.....	34
A.2 Exemple d'échec de mesurage d'une diffusion fickienne	35
A.3 Exemple de diffusion non fickienne	36
Bibliographie.....	38
Figure 1 – Schéma d'une cellule de diffusion	28
Figure A.1 – Exemple de diffusion fickienne dans l'EVA à 85 °C et une humidité relative de 100 % avec un film d'une épaisseur de 2,84 mm	35
Figure A.2 – Exemple d'ensemble de données d'échec pour une diffusion fickienne en polyéthylène téréphtalate à 22 °C et une humidité relative de 100 %	36
Figure A.3 – Exemple de diffusion non fickienne dans un matériau en polyisobutylène rempli de déshydratant utilisé comme joint d'étanchéité périphérique	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES DE MESURE DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 6-2: Essais génériques – Essais de perméation à l'humidité des 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 62788-6-2 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 internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1659/FDIS	82/1690/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.

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.

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 62788 décrit des méthodes de mesure des propriétés de perméation des matériaux polymères. La dégradation des modules PV est réputée passer par de nombreux processus différents de corrosion. Ces processus de dégradation peuvent dépendre de l'infiltration d'humidité dans l'encapsulant, le joint d'étanchéité périphérique et les matériaux de couche avant ou arrière. Les matériaux polymères types utilisés comprennent (entre autres) l'éthylène-acétate de vinyle (EVA – *ethylene–vinyl acetate*) et les polyoléfines pour les encapsulants, le polyisobutylène (PIB) pour les joints d'étanchéité périphériques, et le polyéthylène téréphtalate (PET), le fluorure de polyvinyle (PVF– *polyvinyl fluoride*) ou le polyfluorure de vinylidène (PVDF) pour les couches arrière. Par conséquent, la connaissance des caractéristiques de perméation à l'humidité des matériaux polymères est pertinente pour la conception des modules. Ces propriétés peuvent être déterminées en fonction de la température et de l'humidité relative. Ces paramètres permettent d'utiliser des règles simples de mise à l'échelle de temps et de distance pour extrapoler les environnements d'utilisation.

PROCÉDURES DE MESURE DES MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 6-2: Essais génériques – Essais de perméation à l'humidité des matériaux polymères

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des méthodes de mesure du coefficient de transmission de la vapeur d'eau (WVTR – *water vapour transmission rate*) en régime établi, de la perméabilité de la vapeur d'eau (P), de la diffusivité (D), de la solubilité (S) et du temps d'infiltration de l'humidité (T_{10}) (défini comme étant le temps permettant d'atteindre 10 % du WVTR en régime établi) pour les matériaux polymères tels que les encapsulants, les joints d'étanchéité périphériques et les couches avant et arrière. Ces mesurages peuvent être effectués à des températures et niveaux d'humidité choisis jugés appropriés pour l'évaluation de leurs performances dans les modules PV. Le mesurage est effectué par l'examen de la courbe du WVTR transitoire et par l'ajustement de cette courbe au modèle fickien théorique. Le présent document présente la meilleure application aux films monolithiques. Si des films multicouches sont utilisés, les valeurs de D et S sont uniquement des valeurs apparentes, mais les valeurs en régime établi peuvent tout de même être mesurées.

Le présent document a été élaboré pour traiter du mesurage de la perméation à l'eau, mais il peut également être utilisé pour d'autres perméants tels que l' O_2 . Dans ce cas, les mêmes équations de diffusion, procédures d'ajustement et motifs de mise à l'échelle sont utilisés.

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

ISO 2528, *Matériaux en feuilles – Détermination du coefficient de transmission de la vapeur d'eau – Méthode (de la capsule) par gravimétrie*

ISO 9932, *Papier et carton – Détermination du coefficient de transmission de la vapeur d'eau des matériaux en feuille – Méthode dynamique par balayage de gaz et méthode statique*

ISO 15106-1, *Plastiques – Film et feuille – Détermination du coefficient de transmission de vapeur d'eau – Partie 1: Méthode utilisant un détecteur d'humidité*

ISO 15106-2, *Plastiques – Film et feuille – Détermination du coefficient de transmission de vapeur d'eau – Partie 2: Méthode utilisant un détecteur infrarouge*

ISO 15106-3, *Plastiques – Film et feuille – Détermination du coefficient de transmission de vapeur d'eau – Partie 3: Méthode utilisant un détecteur électrolytique*

ISO 15106-4, *Plastiques – Film et feuille – Détermination du coefficient de transmission de vapeur d'eau – Partie 4: Méthode utilisant un détecteur à chromatographie en phase gazeuse*

ASTM F1249-06, *Standard test method for water vapour transmission rate through plastic film and sheeting using a modulated infrared sensor*