

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Photovoltaic devices –  
Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of  
photovoltaic devices**

**Dispositifs photovoltaïques –  
Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans  
les mesures de dispositifs photovoltaïques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-7219-0

**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.**

## CONTENTS

FOREWORD .....	3
1 Scope .....	5
2 Normative references .....	5
3 Terms and definitions .....	6
4 Description of method .....	6
5 Determination of spectral responsivity .....	8
6 Determination of test spectrum .....	8
7 Determination of the spectral mismatch factor .....	8
7.1 General .....	8
7.2 Simplified formula for a thermopile detector (pyranometer) .....	10
8 Report .....	10

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC DEVICES –****Part 7: Computation of the spectral mismatch correction  
for measurements of photovoltaic devices**

## 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 60904-7 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2008. It constitutes a technical revision.

The main technical changes with respect to the previous edition are as follows:

- For better compatibility and less redundancy, the clause “Determination of test spectrum” refers to IEC 60904-9.
- The spectral mismatch factor is called *SMM* instead of *MM* to enable differentiation to the angular mismatch factor *AMM* and spectral angular mismatch factor *SAMM*.
- Formulae for the derivation and application of the spectral mismatch factor *SMM* are added.
- Links to new standards are given, e.g. concerning multi-junction devices.

- Corrected wording (responsivity instead of response and irradiance instead of intensity).

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

FDIS	Report on voting
82/1590/FDIS	82/1605/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 of IEC 60904 series, published under the general title *Photovoltaic devices*, 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.

## PHOTOVOLTAIC DEVICES –

### Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices

#### 1 Scope

This part of IEC 60904 describes the procedure for correcting the spectral mismatch error introduced in the testing of a photovoltaic device, caused by the mismatch between the test spectrum and the reference spectrum (e.g. AM1.5 spectrum) and by the mismatch between the spectral responsivities (SR) of the reference device and of the device under test and therewith reduce the systematic uncertainty. This procedure is valid for single-junction devices but the principle may be extended to cover multi-junction devices.

The purpose of this document is to give guidelines for the correction of the spectral mismatch error, should there be a spectral mismatch between the test spectrum and the reference spectrum as well as between the reference device SR and the device under test SR. The calculated spectral mismatch correction is only valid for the specific combination of test and reference devices measured with a particular test spectrum.

Since a PV device has a wavelength-dependent spectral responsivity, its performance is significantly affected by the spectral distribution of the incident radiation, which in natural sunlight varies with several factors such as location, weather, time of year, time of day, orientation of the receiving surface, etc., and with a solar simulator varies with its type and conditions. If the irradiance is measured with a thermopile-type radiometer (that is not spectrally selective) or with a PV reference device (IEC 60904-2), the spectral irradiance distribution of the incoming light must be known to make the necessary corrections to obtain the performance of the PV device under the reference spectral irradiance distribution defined in IEC 60904-3.

If a reference PV device or a thermopile type detector is used to measure the irradiance, then, following the procedure given in this document, it is possible to calculate the spectral mismatch correction necessary to obtain the short-circuit current of the device under test under the reference spectral irradiance distribution in IEC 60904-3 or any other reference spectrum. If the reference PV device has the same relative spectral responsivity as the device under test then the reference device automatically takes into account deviations of the measured spectral irradiance distribution from the reference spectral irradiance distribution, and no further correction of spectral mismatch errors is necessary. In this case, location and weather conditions are not critical when the reference device method is used for performance measurements under natural sunlight. Also, for identical relative SRs, the spectral classification of the simulator is not critical for measurements with solar simulators.

If the performance of a PV device is measured using a known spectral irradiance distribution, its short-circuit current at any other spectral irradiance distribution can be computed using the spectral responsivity of the PV device under test.

#### 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 60891, *Photovoltaic devices – Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics*

IEC 60904-1, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC 60904-1-1, *Photovoltaic devices – Part 1-1: Measurement of current-voltage characteristics of multi-junction photovoltaic (PV) devices*

IEC 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices*

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

IEC 60904-8, *Photovoltaic devices – Part 8: Measurement of spectral responsivity of a photovoltaic (PV) device*

IEC 60904-8-1, *Photovoltaic devices – Part 8-1: Measurement of spectral responsivity of multi-junction photovoltaic (PV) devices*

IEC 60904-9, *Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements*

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

ISO 9288:1989, *Thermal insulation – Heat transfer by radiation – Physical quantities and definitions*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	13
1 Domaine d'application .....	15
2 Références normatives .....	16
3 Termes et définitions .....	16
4 Description de la méthode .....	17
5 Détermination de la sensibilité spectrale.....	18
6 Détermination du spectre pour l'essai .....	18
7 Détermination du facteur de désadaptation des réponses spectrales .....	18
7.1 Généralités .....	18
7.2 Formule simplifiée pour un détecteur thermopile (pyranomètre) .....	20
8 Rapport .....	21

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

**Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques**

## 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.

La Norme internationale IEC 60904-7 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications techniques principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- pour davantage de compatibilité et moins de redondance, l'article "Détermination du spectre pour l'essai" fait référence à l'IEC 60904-9;
- le facteur de désadaptation des réponses spectrales est appelé *SMM* plutôt que *MM* afin de permettre la différenciation avec le facteur de désadaptation angulaire *AMM* et le facteur de désadaptation angulaire spectral *SAMM*;



- les formules correspondant à la dérivée et à l'application du facteur de désadaptation spectral *SMM* sont ajoutées;
- des références à de nouvelles normes sont données, par exemple concernant les dispositifs multijonctions;
- des formulations ont été corrigées ("sensibilité" remplace "réponse" et "éclairage" remplace "intensité").

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

FDIS	Rapport de vote
82/1590/FDIS	82/1605/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.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60904, publiées sous le titre général *Dispositifs 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. A cette date, le document sera

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

## DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

### Partie 7: Calcul de la correction de désadaptation des réponses spectrales dans les mesures de dispositifs photovoltaïques

#### 1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 60904 décrit la procédure pour corriger l'erreur de mesure spectrale introduite dans l'essai d'un dispositif photovoltaïque, due d'une part à la désadaptation du spectre pour l'essai et du spectre de référence (par exemple, spectre AM1.5), et d'autre part à la désadaptation entre les sensibilités spectrales (SS) du dispositif de référence et du dispositif soumis à essai, et ainsi réduire l'incertitude systématique. Cette procédure est valable pour les dispositifs à jonction unique, mais le principe peut être étendu aux dispositifs multijonctions.

Le but du présent document est de donner des lignes directrices pour la correction de l'erreur de mesure spectrale se traduisant par une désadaptation à la fois du spectre pour l'essai et du spectre de référence, ainsi que des sensibilités spectrales (SS) du dispositif de référence et celles du dispositif soumis à essai. La correction calculée de désadaptation des réponses spectrales n'est valable que pour la combinaison spécifique des dispositifs d'essai et de référence mesurés à l'aide d'un spectre d'essai particulier.

Comme la sensibilité spectrale d'un dispositif PV est liée à la longueur d'onde, ses performances sont influencées de manière significative par la distribution spectrale du rayonnement incident, qui, dans le cas d'un éclairage solaire naturel, varie selon plusieurs facteurs tels que l'emplacement, les conditions météorologiques, le moment de l'année ou de la journée, l'orientation de la surface de réception, etc., et qui, avec un simulateur solaire, varie selon son type et les conditions correspondantes. Si l'éclairage est mesuré avec un radiomètre à thermopile (qui n'est pas spectralement sélectif) ou avec un dispositif PV de référence (IEC 60904-2), la distribution spectrale de l'éclairage de la lumière entrante doit être connue de façon à appliquer les corrections nécessaires pour obtenir les performances du dispositif PV avec la distribution spectrale de l'éclairage de référence définie dans l'IEC 60904-3.

Si un dispositif PV de référence ou un détecteur de type thermopile est utilisé pour mesurer l'éclairage, alors, en suivant la procédure donnée dans le présent document, il est possible de calculer la correction de désadaptation des sensibilités spectrales nécessaire à la détermination du courant de court-circuit du dispositif soumis à essai avec une distribution spectrale de l'éclairage de référence donnée dans l'IEC 60904-3 ou avec tout autre spectre de référence. Si le dispositif PV de référence a la même sensibilité spectrale relative que le dispositif soumis à essai alors le dispositif de référence prend automatiquement en compte les écarts de la distribution spectrale de l'éclairage mesurée par rapport à la distribution spectrale de l'éclairage de référence, et aucune correction supplémentaire des erreurs de mesure spectrales n'est nécessaire. Dans ce cas, l'emplacement et les conditions atmosphériques ne sont pas critiques lorsque la méthode employant un dispositif de référence est utilisée pour des mesures de performance sous éclairage solaire naturel. De plus, pour des sensibilités spectrales relatives identiques, la classification spectrale du simulateur n'est pas critique pour des mesures avec des simulateurs solaires.

Si la performance d'un dispositif PV est mesurée en utilisant une distribution spectrale de l'éclairage connue, son courant de court-circuit avec toute autre distribution spectrale de l'éclairage peut être calculé en utilisant la sensibilité spectrale du dispositif PV soumis à essai.

## 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 60891, *Dispositifs photovoltaïques – Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées*

IEC 60904-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-1-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 1-1: Mesurage des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques (PV) multijonctions*

IEC 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences applicables aux dispositifs photovoltaïques de référence*

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 – Dispositifs photovoltaïques*

IEC 60904-8, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8: Mesure de la sensibilité spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)*

IEC 60904-8-1, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 8-1: Mesurage de la sensibilité spectrale des dispositifs photovoltaïques (PV) multijonctions*

IEC 60904-9, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 9: Exigences pour le fonctionnement des simulateurs solaires*

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

ISO 9288:1989, *Isolation thermique – Transfert de chaleur par rayonnement – Grandeurs physiques et définitions*