



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Photovoltaic devices –
Part 4: Reference solar devices – Procedures for establishing calibration
traceability**

**Dispositifs photovoltaïques –
Partie 4: Dispositifs solaires de référence – Procédures pour établir la traçabilité
de l'étalonnage**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope and object.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Requirements for traceable calibration procedures of PV reference solar devices	7
5 Uncertainty analysis	8
6 Calibration report.....	8
7 Marking	8
Annex A (informative) Examples of validated calibration procedures.....	10
Bibliography.....	24
Figure 1 – Schematic of most common reference instruments and transfer methods used in the traceability chains for solar irradiance detectors.	7
Figure A.1 – Block diagram of differential spectral responsivity calibration superimposing chopped monochromatic radiation $DE(l)$ and DC bias radiation E_b	18
Figure A.2 – Optical arrangement of differential spectral responsivity calibration.	19
Figure A.3 – Schematic apparatus of the solar simulator method.	21
Table 1 – Examples of reference instruments, used in a traceability chain of time and solar irradiance.....	7
Table A.1 – Typical uncertainty components ($k = 2$) of global sunlight method	15
Table A.2 – Typical uncertainty components ($k = 2$) of a differential spectral responsivity calibration	18
Table A.3 – Example of uncertainty components ($k = 2$) of a solar simulator method calibration.....	21
Table A.4 – Typical uncertainty components ($k = 2$) of a solar simulator method calibration when WRR traceable cavity radiometer is used	21
Table A.5 – Typical uncertainty components ($k = 2$) of a direct sunlight method	23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

**Part 4: Reference solar devices –
Procedures for establishing calibration traceability**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60904-4 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

CDV	Report on voting
82/533/CDV	82/561/RVC

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 of IEC 60904 series, under the general title *Photovoltaic devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 4: Reference solar devices – Procedures for establishing calibration traceability

1 Scope and object

This part of IEC 60904 sets the requirements for calibration procedures intended to establish the traceability of photovoltaic reference solar devices to SI units as required by IEC 60904-2.

This standard applies to photovoltaic (PV) reference solar devices that are used to measure the irradiance of natural or simulated sunlight for the purpose of quantifying the performance of PV devices. The use of a PV reference solar device is required in the application of IEC 60904-1 and IEC 60904-3.

This standard has been written with single junction PV reference solar devices in mind, in particular crystalline Silicon. However, the main part of the standard is sufficiently general to include other technologies. The methods described in Annex A, however, are limited to single junction technologies.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60904-2, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar devices*

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

ISO 9059, *Solar energy – Calibration of field pyrheliometers by comparison to a reference pyrheliometer*

ISO 9846, *Solar energy – Calibration of a pyranometer using a pyrheliometer*

ISO/IEC Guide 98-3: 2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	27
1 Domaine d'application et objet.....	29
2 Références normatives.....	29
3 Termes et définitions.....	29
4 Exigences relatives aux procédures d'étalonnage traçables des dispositifs solaires PV de référence.....	31
5 Analyse de l'incertitude.....	32
6 Rapport d'étalonnage.....	32
7 Marquage.....	33
Annexe A (informative) Exemples de procédures d'étalonnage validées.....	34
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Schéma des appareils de référence les plus courants et méthodes habituelles de transfert utilisées dans les chaînes de traçabilité, pour les détecteurs d'éclairement solaire.....	31
Figure A.1 – Schéma synoptique de l'étalonnage par sensibilité spectrale différentielle avec superposition d'un rayonnement monochromatique haché $DE(l)$ et d'un rayonnement de polarisation E_p	43
Figure A.2 – Montage optique pour étalonnage par sensibilité spectrale différentielle.....	44
Figure A.3 – Appareillage schématique relatif à la méthode du simulateur solaire.....	47
Tableau 1 – Exemples d'appareils de référence utilisés dans une chaîne de traçabilité du temps et de l'éclairement énergétique solaire.....	31
Tableau A.1 – Composantes types de l'incertitude ($k = 2$) relatives à la méthode sous lumière solaire globale.....	39
Tableau A.2 – Composantes types de l'incertitude ($k = 2$) d'un étalonnage par sensibilité spectrale différentielle.....	43
Tableau A.3 – Exemple de composantes de l'incertitude ($k = 2$) relatives à un étalonnage par la méthode du simulateur solaire.....	46
Tableau A.4 – Composantes types de l'incertitude ($k = 2$) relatives à un étalonnage par la méthode du simulateur solaire, en utilisant un radiomètre à cavité traçable par rapport à la WRR.....	46
Tableau A.5 – Composantes types de l'incertitude ($k = 2$) relatives à la méthode de la lumière solaire directe.....	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 4: Dispositifs solaires de référence – Procédures pour établir la traçabilité de l'étalonnage

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60904-4 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
82/533/CDV	82/561/RVC

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/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60904, présentées sous le titre général *Dispositifs photovoltaïques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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.

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 4: Dispositifs solaires de référence – Procédures pour établir la traçabilité de l'étalonnage

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60904 fixe les exigences relatives aux procédures d'étalonnage, dans le but d'établir la traçabilité des dispositifs solaires photovoltaïques de référence en unités SI, comme cela est stipulé par la CEI 60904-2.

La présente norme s'applique aux dispositifs solaires photovoltaïques (PV) de référence utilisés pour mesurer l'éclairement énergétique de la lumière solaire naturelle ou simulée, afin de quantifier les performances des dispositifs PV. L'utilisation d'un dispositif solaire PV de référence est requise lors de l'application des CEI 60904-1 et CEI 60904-3.

La présente norme a été écrite en faisant l'hypothèse de dispositifs solaires PV de référence à jonction unique, en particulier au silicium cristallin. Cependant, la majeure partie de la norme est suffisamment générale pour inclure d'autres technologies. Toutefois, les méthodes décrites en Annexe A sont limitées aux technologies à jonction unique.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60904-2, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 2: Exigences relatives aux dispositifs solaires de référence*

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

ISO 9059, *Energie solaire – Etalonnage des pyréliomètres de terrain par comparaison à un pyréliomètre de référence*

ISO 9846, *Energie solaire – Etalonnage d'un pyranomètre utilisant un pyréliomètre*

Guide ISO/CEI 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)* (disponible en anglais seulement)