

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**904-1**

Première édition  
First edition  
1987-12

---

---

**Dispositifs photovoltaïques**

**Première partie:  
Mesure des caractéristiques courant-tension  
des dispositifs photovoltaïques**

**Photovoltaic devices**

**Part 1:  
Measurement of photovoltaic current-voltage  
characteristics**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 904-1: 1987

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI\***
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**904-1**

Première édition  
First edition  
1987-12

---

---

**Dispositifs photovoltaïques**

**Première partie:  
Mesure des caractéristiques courant-tension  
des dispositifs photovoltaïques**

**Photovoltaic devices**

**Part 1:  
Measurement of photovoltaic current-voltage  
characteristics**

© IEC 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**E**

Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES

### Première partie: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques

#### PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

#### PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 82: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 82(BC)4            | 82(BC)8         |

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PHOTOVOLTAIC DEVICES****Part 1: Measurement of photovoltaic  
current-voltage characteristics****FOREWORD**

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

**PREFACE**

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 82: Solar Photovoltaic Energy Systems.

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

| Six Months' Rule | Report on Voting |
|------------------|------------------|
| 82(CO)4          | 82(CO)8          |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Report indicated in the above table.

## DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES

### Première partie: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques

#### 1. Domaine d'application

La présente norme décrit les procédures de mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin sous éclairement solaire naturel ou simulé. Ces procédures sont applicables aux cellules solaires individuelles, aux assemblages de cellules solaires et aux modules plans.

*Notes 1.* — Le terme «le spécimen» est utilisé pour désigner l'un quelconque de ces dispositifs.

2. — Ces procédures sont destinées aux dispositifs linéaires uniquement.

#### 2. Conditions générales de mesures

- 2.1 Les mesures d'éclairement devront être effectuées par comparaison avec un dispositif de référence étalonné conformément aux prescriptions de la future publication correspondante de la C E I.
- 2.2 Le dispositif de référence doit avoir fondamentalement la même réponse spectrale relative que le spécimen et devra être choisi et étalonné en accord avec la future publication correspondante de la CEI.
- 2.3 Les températures du dispositif de référence et du spécimen doivent être mesurées avec une précision de  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Si la température du dispositif de référence diffère de plus de  $2^\circ\text{C}$  de la température pour laquelle il a été étalonné, la valeur d'étalonnage doit être corrigée pour tenir compte de la température mesurée.
- 2.4 La surface active du spécimen doit être coplanaire dans une limite de  $\pm 5^\circ$  avec la surface active du dispositif de référence. Aucun collimateur ne doit être utilisé.
- 2.5 Les connexions pour l'essai sont indiquées sur la figure 1, page 10.
- 2.6 Les tensions et les courants doivent être mesurés avec une précision de  $\pm 0,5\%$ , au moyen de conducteurs autres que les connexions du spécimen.
- 2.7 Les courants de court-circuit doivent être mesurés pour une tension nulle en utilisant une tension variable (de préférence électronique) pour compenser la chute de tension apparaissant aux bornes de la résistance en série externe. En variante, ils peuvent être déterminés par la mesure de la chute de tension apparaissant aux bornes d'une résistance fixe de précision (4 bornes), en s'assurant que la mesure est effectuée avec une tension au plus égale à 3% de la tension en circuit ouvert du dispositif, à l'intérieur de la gamme pour laquelle la relation entre le courant et la tension est linéaire, et la courbe est prolongée jusqu'à une tension zéro.
- 2.8 Les voltmètres doivent avoir une résistance interne d'au moins  $20\text{ k}\Omega/\text{V}$ .
- 2.9 L'étalonnage de tous les appareils doit être vérifié de manière à être en conformité avec la précision requise au moment de la mesure.

## PHOTOVOLTAIC DEVICES

### Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics

---

#### 1. Scope

This standard describes measurement procedures for current-voltage characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices in natural or simulated sunlight. These procedures are applicable to a single solar cell, a sub-assembly of solar cells, or a flat module.

*Notes 1.* — The term “specimen” is used to denote any of these devices.

*2.* — These procedures are limited to linear devices.

#### 2. General measurement requirements

- 2.1 The irradiance measurements shall be made using a calibrated reference device as specified in the relevant future IEC publication.
- 2.2 The reference device shall have essentially the same relative spectral response as the specimen and shall be selected and calibrated in accordance with the relevant future IEC publication.
- 2.3 The temperature of the reference device and specimen shall be measured to an accuracy of  $\pm 1^\circ\text{C}$ . If the temperature of the reference device differs by more than  $2^\circ\text{C}$  from the temperature at which it was calibrated, the calibration value shall be adjusted to the measured temperature.
- 2.4 The active surface of the specimen shall be coplanar within  $\pm 5^\circ$  with the active surface of the reference device. No collimators shall be used.
- 2.5 Test connections are shown in Figure 1, page 10.
- 2.6 Voltages and currents shall be measured to an accuracy of  $\pm 0.5\%$  using independent leads from the terminals of the specimen.
- 2.7 Short-circuit currents shall be measured at zero voltage, using a variable bias (preferably electronic) to offset the voltage drop across the external series resistance. Alternatively, they may be determined by measuring the voltage drop across a precision 4-terminal fixed resistor provided that a measurement is made at a voltage not higher than 3% of the device open-circuit voltage, within the range where there is a linear relationship between current and voltage, and the curve is extrapolated to zero voltage.
- 2.8 Voltmeters shall have an internal resistance of at least  $20\text{ k}\Omega/\text{V}$ .
- 2.9 The calibration of all instruments shall be certified to be within the required accuracy at the time of measurement.

- 2.10 La précision des procédures de correction de l'éclairement et de la température doit être vérifiée périodiquement en mesurant les performances d'un spécimen à des niveaux choisis et en comparant les résultats avec les valeurs extrapolées correspondantes.

### 3. Mesures sous éclairement solaire naturel

Les mesures sous éclairement solaire naturel doivent être faites seulement lorsque l'éclairement total (soleil + ciel) ne fluctue pas de plus de  $\pm 1\%$  pendant la mesure. Quand les mesures doivent servir de référence aux conditions normales d'essais, l'éclairement doit être d'au moins  $800 \text{ Wm}^{-2}$ .

*La procédure d'essai est la suivante:*

- 3.1 Monter le dispositif de référence aussi près que possible du spécimen et de façon coplanaire avec celle-ci. Les deux éléments doivent être perpendiculaires au rayonnement solaire à  $\pm 10^\circ$  près.
- 3.2 Relever la caractéristique courant-tension et la température du spécimen en même temps que le courant de court-circuit et la température du dispositif de référence. Si le contrôle de la température ne peut se faire de façon pratique, masquer le spécimen ou le dispositif pour le protéger du rayonnement solaire et du vent jusqu'à ce que sa température atteigne celle de l'air ambiant. Faire les mesures immédiatement après avoir enlevé le cache.

*Note.* — Dans la plupart des cas, l'inertie thermique du spécimen ou du dispositif limitera l'augmentation de température durant les toutes premières secondes à moins de  $2^\circ\text{C}$ , et la température du spécimen restera sensiblement uniforme.

- 3.3 Corriger la caractéristique courant-tension mesurée en fonction des conditions d'éclairement et de température souhaitées en accord avec la future publication correspondante de la CEI.

### 4. Mesures sous éclairement solaire simulé continu

La simulation de l'éclairement continu pour les mesures des performances photovoltaïques devra être conforme aux prescriptions de la future publication correspondante de la CEI.

*La procédure d'essai est la suivante:*

- 4.1 Monter le dispositif de référence de manière telle que sa surface active soit dans le plan d'essai et que la normale au dispositif soit parallèle à l'axe principal de rayonnement à  $\pm 5^\circ$ .
- 4.2 Ajuster l'éclairement au niveau du plan d'essai de telle sorte que le dispositif de référence produise le courant de court-circuit de référence au niveau désiré.
- 4.3 Enlever le dispositif de référence et monter le spécimen conformément au paragraphe 4.1.

*Note.* — Si le rayonnement est suffisamment large et uniforme, le spécimen et le dispositif de référence peuvent être installés côte à côte.

- 4.4 Sans changer le réglage du simulateur, relever la caractéristique courant-tension et la température du spécimen. Lorsqu'il n'est pas pratique de contrôler la température, masquer le spécimen ou le dispositif pour le protéger du rayonnement du simulateur jusqu'à ce que la température du dispositif soit uniforme et atteigne la température de l'air ambiant à  $\pm 2^\circ\text{C}$  près. Faire la mesure immédiatement après avoir enlevé le cache (voir note du paragraphe 3.2).

- 2.10 The accuracy of the correction procedures for irradiance and temperature shall be verified periodically by measuring the performance of a specimen at selected levels and comparing the results with corresponding extrapolated data.

### 3. Measurements in natural sunlight

Measurements in natural sunlight shall be made only when the total irradiance (sun + sky) is not fluctuating by more than  $\pm 1\%$  during a measurement. When the measurements are intended for reference to standard test conditions the irradiance shall be at least  $800 \text{ Wm}^{-2}$ .

*The test procedure is as follows:*

- 3.1 Mount the reference device as near as possible to, and coplanar with, the specimen. Both shall be normal to the direct solar beam within  $\pm 10^\circ$ .
- 3.2 Record the current-voltage characteristic and temperature of the specimen concurrently with recording the short-circuit current and temperature of the reference device. If it is not practical to control the temperature, shade the specimen and/or device from the sun and wind until its temperature is uniform with the ambient air temperature. Make the measurements immediately after removing the shade.

*Note.* — In most cases, the thermal inertia of the specimen or device will limit the temperature rise during the first few seconds to less than  $2^\circ\text{C}$  and its temperature will remain reasonably uniform.

- 3.3 Correct the measured current-voltage characteristic to the desired irradiance and temperature conditions in accordance with the relevant future IEC publication.

### 4. Measurement in steady-state simulated sunlight

Steady-state sunlight simulation for photovoltaic performance measurements shall meet the requirements of the relevant future IEC publication.

*The test procedure is as follows:*

- 4.1 Mount the reference device with its active surface in the test plane so that the normal of the device is parallel within  $\pm 5^\circ$  to the centre line of the beam.
- 4.2 Set the irradiance at the test plane so that the reference device produces its calibrated short-circuit current at the desired level.
- 4.3 Remove the reference device and mount the specimen as described in Sub-clause 4.1.

*Note.* — If the beam is sufficiently wide and uniform the specimen can be mounted beside the reference device.

- 4.4 Without changing the simulator setting, record the current-voltage characteristic and temperature of the specimen. Where it is not practical to control the temperature, shade the specimen and/or the device from the simulator beam until the device temperature is uniform within  $\pm 2^\circ\text{C}$  at ambient air temperature. Make the measurement immediately after removing the shade (see applicable note in Sub-clause 3.2).

- 4.5 Si la température du spécimen n'est pas la température désirée, corriger la caractéristique courant-tension mesurée à cette température en utilisant la procédure de la future publication correspondante de la CEI.

## 5. Mesure sous éclairage solaire simulé en impulsions

La simulation de l'éclairage en impulsions pour les mesures des performances photovoltaïques doit être conforme aux prescriptions de la future publication correspondante de la CEI.

*La procédure d'essai est la suivante:*

- 5.1 Monter le spécimen aussi près que possible du dispositif de référence, de manière telle que les surfaces actives soient dans le plan d'essai. Les normales au spécimen et au dispositif de référence doivent être parallèles à l'axe principal du rayonnement, à  $\pm 5^\circ$ .
- 5.2 Ajuster l'éclairage au niveau du plan d'essai de telle sorte que le dispositif de référence produise le courant de court-circuit de référence au niveau désiré.

*Note.* — Pour certains simulateurs à impulsions, l'impulsion est déclenchée par une cellule photovoltaïque séparée quand l'éclairage atteint un niveau qui a été préalablement réglé avec un dispositif de référence.

- 5.3 Enregistrer la caractéristique courant-tension et la température du spécimen (ou la température ambiante si elle est identique). L'intervalle de temps entre les points de mesure doit être suffisamment long pour s'assurer que le temps de réponse de l'éprouvette et la vitesse de saisie de l'information n'introduisent pas d'erreurs.
- 5.4 Corriger la caractéristique courant-tension mesurée à la fois pour la température et l'éclairage désirés conformément à la future publication correspondante de la CEI.

## 6. Rapport d'essai

Quand un rapport d'essai est demandé, il doit contenir les données suivantes:

- description et identification des spécimens (cellules solaires, assemblage de cellules solaires ou modules);
- conditions d'environnement de l'essai (éclairage solaire ou simulé et, dans ce dernier cas, brève description et classe du simulateur);
- niveau d'éclairage;
- températures du spécimen et du dispositif de référence;
- description et identification des dispositifs de référence primaire ou secondaire (cellules ou modules);
- références de l'étalonnage (date et lieu, valeurs);
- dérogations par rapport aux procédures normalisées d'essai;
- résultats d'essai.

- 4.5 If the temperature of the specimen is not the desired temperature, correct the measured current-voltage characteristic to this desired temperature using the procedure in accordance with the relevant future IEC publication.

## 5. Measurement in pulsed simulated sunlight

Pulsed sunlight simulation for photovoltaic performance measurements shall meet the requirements of the relevant future IEC publication.

*The test procedure is as follows:*

- 5.1 Mount the specimen as near as possible to the reference device with their active surfaces in the test plane. The normal of the specimen and the reference device shall be parallel within  $\pm 5^\circ$  to the centre-line of the beam.
- 5.2 Set the irradiance at the test plane so that the reference device produces its calibrated short-circuit current at the desired level.
- Note.* — In some pulse simulators the pulse is triggered by a separate photovoltaic cell when the irradiance reaches a level which has been previously set with a reference device.
- 5.3 Record the current-voltage characteristic and temperature of the specimen (or ambient temperature, if it is the same). The time interval between the data points shall be sufficiently long to ensure that the response time of the test specimen and the rate of data collection will not introduce errors.
- 5.4 Correct the measured current-voltage characteristic to both the desired temperature and irradiance in accordance with the relevant future IEC publication.

## 6. Test report

When a test report is required it shall contain the following data:

- a description and identification of the specimen (solar cell, sub-assembly of solar cells or module);
- test environment (natural or simulated sunlight and, in the latter case, brief description and class of simulator);
- irradiance level;
- temperatures of the specimen and reference device;
- description and identification of primary and/or secondary reference device (cell or module);
- calibration data (where and when calibrated, calibration value);
- deviations from standard test procedures;
- test results.