

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1829**

Première édition
First edition
1995-03

**Champ de modules photovoltaïques (PV)
au silicium cristallin –
Mesure sur site des caractéristiques I-V**

**Crystalline silicon photovoltaic (PV) array –
On-site measurement of I-V characteristics**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1829: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

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 (VEI)*.

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 60000 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
1829**

Première édition
First edition
1995-03

**Champ de modules photovoltaïques (PV)
au silicium cristallin –
Mesure sur site des caractéristiques I-V**

**Crystalline silicon photovoltaic (PV) array –
On-site measurement of I-V characteristics**

© CEI 1995 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet	6
2 Références normatives	6
3 Procédures de mesure (méthodes A et B)	8
4 Equipement	8
4.1 Equipements communs aux méthodes A et B	8
4.2 Equipements complémentaires pour la méthode A	8
4.3 Equipements complémentaires pour la méthode B	10
5 Procédure	10
5.1 Méthode A	10
5.2 Méthode B	14
6 Précision	14
Figure	17
Annexe A – Glossaire	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative references	7
3 Measurement procedures (methods A and B)	9
4 Equipment	9
4.1 Equipment common to methods A and B	9
4.2 Additional equipment needed for method A	9
4.3 Additional equipment needed for method B	11
5 Procedure	11
5.1 Method A	11
5.2 Method B	15
6 Accuracy	15
Figure	17
Annex A – Glossary	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV)
AU SILICIUM CRISTALLIN -
MESURE SUR SITE DES CARACTÉRISTIQUES I-V**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 1829 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:

DIS	Rapport de vote
82(BC)36	82(BC)61

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAY –
ON-SITE MEASUREMENT OF I-V CHARACTERISTICS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 1829 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

DIS	Report on voting
82(CO)36	82(CO)61

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

Annex A is for information only.

CHAMP DE MODULES PHOTOVOLTAÏQUES (PV) AU SILICIUM CRISTALLIN – MESURE SUR SITE DES CARACTÉRISTIQUES I-V

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale décrit les procédures relatives à la mesure sur site des caractéristiques d'un champ de modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin et à l'extrapolation des résultats à des conditions normalisées d'essais (STC) ou à d'autres valeurs sélectionnées de température et d'éclairement.

Les mesures de la caractéristique I-V d'un champ de modules photovoltaïques dans les conditions réelles sur site et leur extrapolation à des conditions d'essais d'acceptation (ATC) peuvent conduire à (voir annexe A et QC 001002):

- des données relatives à la puissance nominale;
- la vérification des performances de la puissance installée du champ de modules par rapport aux spécifications de conception;
- la détection des différences possibles entre les mesures des caractéristiques sur site des modules et celles obtenues par le laboratoire d'un fabricant;
- la détection des dégradations possibles des performances des modules et du champ de modules par rapport aux données initiales sur site.

Pour un module particulier, les mesures sur site extrapolées aux conditions normalisées d'essais (STC) peuvent être directement comparées avec les résultats obtenus antérieurement dans le laboratoire du fabricant pour ce module, pourvu que pour les deux mesures le dispositif de référence ait la même réponse spectrale et spatiale telle que celles décrite dans la CEI 904.

Les données des mesures sur site d'un champ de modules incluent les pertes dues aux diodes, câbles et à la désaccommodation. Par conséquent, les résultats ne sont pas directement comparables à la somme des données des modules respectifs.

Si un champ de modules photovoltaïques est constitué de sous-champs de modules de différentes inclinaisons, orientations, technologies et configurations électriques, les procédures décrites ici seront appliquées à chaque sous-champ de modules.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 891: 1987, *Procédures pour les corrections en fonction de la température et de l'éclairement à appliquer aux caractéristiques I-V mesurées des dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin*

Amendement 1 (1992)

CRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC (PV) ARRAY – ON-SITE MEASUREMENT OF I-V CHARACTERISTICS

1 Scope and object

This International Standard describes procedures for on-site measurement of crystalline silicon photovoltaic (PV) array characteristics and for extrapolating these data to Standard Test Conditions (STC) or other selected temperatures and irradiance values.

Measurements of PV array I-V characteristics under actual on-site conditions and their extrapolation to Acceptance Test Conditions (ATC) can provide (see annex A and QC 001002):

- data on power rating;
- verification of installed array power performance relative to design specifications;
- detection of possible differences between on-site module characteristics and laboratory or factory measurements;
- detection of possible performance degradation of modules and arrays with respect to on-site initial data.

For a particular module on-site measurements extrapolated to Standard Test Conditions (STC) can be directly compared with results previously obtained in laboratory or factory for that module, provided that in both measurements the reference devices have the same spectral and spatial response as described in the relevant IEC 904.

Data from on-site array measurements contain diode, cable and mismatch losses. Therefore, they are not directly comparable to the sum of the respective module data.

If a PV array is formed with sub-arrays of different tilt, orientation, technology or electrical configuration, the procedure described here will be applied to each unique PV sub-array.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 891: 1987, *Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic devices*
Amendment 1 (1992)

CEI 904-1: 1987, *Dispositifs photovoltaïques – Première partie: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

CEI 904-2: 1989, *Dispositifs photovoltaïques – Deuxième partie: Exigences relatives aux cellules solaires de référence*

CEI 904-3: 1989, *Dispositifs photovoltaïques – Troisième partie: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

CEI 904-6: 1994, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 6: Exigences relatives aux modules solaires de référence*

QC 001002: 1986, *Règles de procédure du système CEI d'assurance de la qualité des composants électroniques (IECQ)*

Amendement 1 (1992)

3 Procédures de mesure (méthodes A et B)

Deux procédures de mesure sur site en vue de la réception sont décrites dans ce document; les deux méthodes utilisent les procédures données dans la CEI 891 pour les corrections de température et d'éclairement des mesures des caractéristiques I-V:

- la méthode A détermine la température de jonction effective T_j du champ de modules à partir des mesures directes de température;
- la méthode B permet de déduire T_j des données enregistrées à différents niveaux d'éclairement du V_{OC} du sous-champ de modules.

4 Equipement

4.1 Equipements communs aux méthodes A et B:

- un dispositif PV de référence qui a été sélectionné et étalonné selon la CEI 904-2 ou la CEI 904-6;
- des moyens appropriés pour vérifier que le dispositif de référence et les modules sont coplanaires avec une précision de $\pm 2^\circ$;
- une instrumentation de mesure de courant et de tension conforme à la CEI 904-1;
- une charge variable adaptée à la gamme de puissance considérée: pour les faibles puissances (inférieures à: 1 kW à 2 kW) des rhéostats ou des champs électroniques peuvent être utilisés; pour les fortes puissances, des charges capacitatives sont préférables;
- pour l'enregistrement en continu de la courbe I-V, une table traçante ou un oscilloscope à mémoire ou tout autre équipement similaire;
- deux radiomètres pour vérifier l'uniformité de l'éclairement dans le plan des modules.

4.2 Equipements complémentaires pour la méthode A:

- un dispositif de mesure de la température de la face arrière du module ayant une précision meilleure que $\pm 1^\circ\text{C}$;
- un système de commutation permettant de mesurer la tension en circuit ouvert ainsi que le courant de court-circuit des dispositifs PV de référence.

IEC 904-1: 1987, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurements of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC 904-2: 1989, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar cells*

IEC 904-3: 1989, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurements principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 904-6: 1994, *Photovoltaic devices – Part 6: Requirements for reference solar modules*

QC 001002: 1986, *Rules of Procedure of the IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)*
Amendment 1 (1992)

3 Measurement procedures (methods A and B)

Two acceptable on-site measurement procedures are presented here. Both methods use the procedures given in IEC 891 for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics:

- method A determines effective array junction temperature T_j from direct temperature measurements;
- method B derives T_j from data of sub-array V_{oc} recorded at different irradiance levels.

4 Equipment

4.1 Equipment common to methods A and B:

- a reference PV device that has been selected and calibrated in accordance with IEC 904-2 or IEC 904-6;
- a suitable means to check that the reference device and the modules are coplanar within $\pm 2^\circ$ accuracy;
- voltage and current measurement instrumentation in conformity with IEC 904-1;
- a variable load fitted to the considered power range: for low power (less than 1 kW to 2 kW) rheostats or electronic loads may be suitable; for higher power, capacitive loads are preferred;
- for a continuous tracing of the I-V curve: a tracing table or a memory scope or any other similar equipment;
- two radiometers to check the uniformity of the in-plane radiance.

4.2 Additional equipment needed for method A:

- a device, with an accuracy of better than $\pm 1^\circ\text{C}$ for measuring module back surface temperature;
- a commutation system which allows measuring the open-circuit voltage as well as the short-circuit current of the reference PV devices.

4.3 Equipements complémentaires pour la méthode B:

- un dispositif de mesure de la température de l'air ambiant ayant une précision de $\pm 1^\circ\text{C}$.

5 Procédure

- a) Cette procédure suppose que la surface des modules est propre. Si la surface est salie, des décisions appropriées telles qu'un lavage (si réalisable) et/ou une mention de l'état, doivent être prises.
- b) Vérifier que les conditions d'environnement satisfont aux exigences de la CEI 904-1 à l'exception des suivantes:
 - il convient que la précision des mesures de tension et de courant soit dans les limites de 1 %;
 - pour les mesures devant être extrapolées à STC, l'éclairement total dans le plan des modules doit être au moins de $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ et les rayons du soleil doivent être dans un cône de 45° d'ouverture autour de la normale au module.
- c) En utilisant un radiomètre approprié, vérifier l'uniformité de l'éclairement dans le plan des modules sur la surface à essayer et sélectionner un module sur lequel le rayonnement est typique.
- d) Le champ de modules à mesurer doit être déconnecté de toute charge telle que batteries et/ou équipement de conditionnement de puissance.
- e) Déterminer la température de jonction et les caractéristiques I-V soit par la méthode A ou par la méthode B, décrites en 5.1 ou 5.2.

5.1 Méthode A

- a) Mesurer la température au centre de la surface arrière des modules centraux sélectionnés. Le choix de ces modules sera basé sur les principes et les exemples fournis dans la figure 1.
- b) Calculer la température moyenne T_{SA} de tous les modules sélectionnés du champ de modules et la différence dT entre cette valeur et la température du module central sélectionné T_{SM} :

$$dT = T_{SA} - T_{SM}$$

- c) Mesurer le V_{OC} du dispositif PV de référence et déterminer sa température de jonction T_{JRO} par

$$T_{JRO} = (V_{OC} - k \cdot V_{OC, STC})/\beta + 25^\circ\text{C}$$

où

β est le coefficient de température de la tension du dispositif PV de référence, en $\text{V} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;

k est un coefficient qui tient compte de l'écart d'éclairement entre les conditions de mesure et $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$:

$k = 1,000$ pour un éclairement de $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,

$k = 0,996$ pour un éclairement de $900 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,

$k = 0,989$ pour un éclairement de $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,

$k = 0,983$ pour un éclairement de $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

4.3 Additional equipment needed for method B:

- a device for measuring ambient air temperature with an accuracy of $\pm 1^\circ\text{C}$.

5 Procedure

- This procedure assumes clean module surfaces. If soiled surface conditions exist, appropriate action such as cleaning (if practical) and/or reporting the conditions shall be taken.
- Verify that the environmental conditions meet the requirements of IEC 904-1, except for the following:
 - voltage and current should be measured within 1 %;
 - for measurements to be extrapolated to STC, the total in-plane irradiance must be at least $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ and the incident sun beam must be within a cone of 45° angular aperture around the module normal.
- Using a suitable radiometer, check the uniformity of the in-plane irradiance over the area to be tested and select a module on which the irradiance is typical.
- The array to be measured must be disconnected from any load such as battery and/or power conditioning equipment.
- Determine the junction temperature and the I-V characteristics by either method A or method B as described in 5.1 or 5.2.

5.1 Method A

- Measure the temperature at the centre of the back surface of the selected central module(s). The choice of these selected modules will be based on the principles and examples indicated in figure 1.
- Calculate the mean temperature T_{SA} from all selected modules in the array and the difference dT between this value and the temperature of the central selected module T_{SM} :

$$dT = T_{SA} - T_{SM}$$

- Measure the V_{OC} of the reference PV device and determine its junction temperature T_{JRO} , by:

$$T_{JRO} = (V_{OC} - k \cdot V_{OC, STC})/\beta + 25^\circ\text{C}$$

where

β is the voltage temperature coefficient of the referenced PV device, $\text{V} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$;

k is a coefficient taking into account the irradiant deviation between measurement conditions and $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$:

$k = 1,000$ for $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ irradiance,

$k = 0,996$ for $900 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ irradiance,

$k = 0,989$ for $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ irradiance,

$k = 0,983$ for $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ irradiance.

d) Mesurer la température T_{SR} de la face arrière au centre du dispositif PV de référence. Les mesures de T_{SR} , V_{OC} et une nouvelle mesure de T_{SM} (désignée par T_{SM}') doivent être faites dans un laps de temps court (par exemple 1 min).

e) Calculer la température de jonction corrigée du champ de modules:

$$T_O = T_{SM}' + dT + T_{JRO} - T_{SR}$$

f) Connecter la charge variable au champ de modules PV. Noter le point de connexion.

g) Si un balayage (manuel) lent de la charge variable est utilisé, enregistrer le V_{OC} du dispositif de référence immédiatement avant le balayage de I-V.

h) Tracer la courbe I-V en faisant varier la charge de telle sorte qu'il y ait un nombre suffisant de points pour définir une caractéristique I-V lissée. Si un balayage (manuel) lent de la charge est utilisé (par exemple en utilisant un rhéostat comme charge), le courant de court-circuit du dispositif de référence doit être déterminé simultanément avec chaque point de I-V de telle sorte que l'on soit capable d'obtenir l'éclairement H correspondant à chaque point. Il convient que la variation totale de l'éclairement sur tout le balayage soit inférieure à 10 %. Dans le cas contraire, il convient de répéter les mesures à partir de 5.1 g). Si un balayage rapide de la charge tel que celui obtenu à partir d'une charge capacitive (temps de balayage total inférieur à 0,1 s) est utilisé, il est suffisant d'enregistrer le courant du dispositif de référence au début du balayage.

i) Si un balayage (manuel) lent est utilisé, mesurer à nouveau le V_{OC} du dispositif de référence. Si la valeur diffère de plus de 2 % de celle obtenue en 5.1 g), répéter la mesure à partir de là.

j) Calculer la température de jonction corrigée du champ de module pendant la mesure:

$$T_1 = T_O + (T_{JR1} - T_{JRO})$$

k) Procédures de correction pour le cas où la température du dispositif de référence pendant les mesures est différente de la température normalisée pour laquelle la valeur de l'étalonnage est donnée.

Dans ce cas, remplacer I_{SR} par I_{SRO} et I_{MR} par $I_{MR3} + \alpha_R (T_{RO} - T_3)$

où

T_{RO} est la température normalisée pour l'étalonnage de référence;

T_3 est la température mesurée du dispositif de référence;

I_{SRO} est le courant de court-circuit du dispositif de référence pour l'éclairement normalisé ou un autre éclairement choisi et à la température normalisée T_{RO} ;

I_{MR3} est le courant de court-circuit mesuré du dispositif de référence à la température mesurée T_3 .

α_R est le coefficient de température du courant du dispositif de référence pour l'éclairement normalisé ou tout autre éclairement choisi et dans la gamme de températures concernée.

l) Extrapoler les données des mesures de I-V aux conditions requises pour les essais d'acceptation par la méthode décrite dans la CEI 891. La valeur de R_s doit être soit donnée par le fournisseur, soit déterminée selon la CEI 891.

d) Measure the temperature T_{SR} of the back surface at the centre of the reference PV device. Measurements of T_{SR} , V_{OC} and a new measurement of T_{SM} (which is called T_{SM}') shall be made within a short period of time (i.e. within 1 min).

e) Calculate the corrected junction temperature of the module array:

$$T_O = T_{SM}' + dT + T_{JRO} - T_{SR}$$

f) Connect the variable load to the PV array. Report the point of connection.

g) If slow (manual) load scanning is used, record V_{OC} of the reference device immediately prior to the I-V scan.

h) Scan the I-V curve by varying the load such that there will be a sufficient number of points to define a smooth I-V characteristic. If slow (manual) load scanning is used (e.g. using a rheostat as load), the short-circuit current of the reference device must be determined simultaneously with each I-V point to obtain the irradiance H corresponding to that point. The total variation in radiance over the whole scan should be less than 10 %. If not, repeat 5.1 g). If a fast load scanning device such as a capacitor load (total scan time less than 0,1 s) is used, it is sufficient to record the current of the reference device at the start of the scan.

i) If slow (manual) scanning is used, remeasure the V_{OC} of the reference device. If this value differs by more than 2 % from the one obtained in 5.1 g), repeat the measurement from there.

j) Calculate the corrected junction temperature of the module array during the measurement as

$$T_1 = T_O + (T_{JRT} - T_{JRO})$$

k) Correction procedures when the reference device temperature measurements are not the same as the standard temperature for which its calibration value is given.

In this case, replace I_{SR} by I_{SRO} and I_{MR} by $I_{MR3} + \alpha_R (T_{RO} - T_3)$

where

T_{RO} is the standard temperature of the reference device for which its calibration value is given;

T_3 is the measured temperature of the reference device;

I_{SRO} is the short-circuit current of the reference device at the standard or other desired irradiance, and at the standard temperature T_{RO} ;

I_{MR3} is the measured short-circuit current of the reference device at the measured temperature T_3 ;

α_R is the current temperature coefficient of the reference device in the standard or other desired irradiance and within the temperature range of interest;

l) Extrapolate the measured I-V data to the required Acceptance Test Conditions by the method described in IEC 891. The R_s value will either be given by the supplier or determined by measurement as in IEC 891.

5.2 Méthode B

a) Pendant une journée, réaliser des mesures répétées de V_{OC} du champ de modules, y compris à des niveaux d'éclairement faibles ($100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ à $300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) là où aucun balayage de I-V ne peut être réalisé; relever aussi les lectures de la température ambiante T_A et de l'éclairement G (tel que déduit du courant de court-circuit du dispositif de référence, en utilisant la courbe d'étalonnage). Déterminer la valeur moyenne (V) et l'erreur normale des valeurs du $V_{OC, STC}$ extrapolées correspondant à chaque champ de module, les valeurs de $V_{OC, STC}$ extrapolées sont calculées en utilisant la formule:

$$V_{OC, STC} = V_{OC} + N_S \times [A \times \ln(1000/H) + B \times G + \beta \times (25 - T_A)]$$

où

N_S est le nombre de cellules en série dans le champ de modules;

A est le produit de la tension (environ 25 mV/cellule) et du facteur non-idéal (environ 1,5 tel que A est environ 38 mV/cellule),

β est le coefficient de température de la tension (environ 2,2 mV/K/cellule),

$B = \beta \times dT_j / dG$ (où dT_j / dG est environ $0,03 \text{ K/W} \cdot \text{m}^{-2}$ pour des champs de module montés sur support indépendant correspondant à un NOCT de 45°C). Dans le cas de montages spéciaux (c'est-à-dire de montage sur toit), le coefficient B doit être déterminé par une analyse de régression (loi des moindres carrés) à partir des données du V_{OC} .

Si nécessaire, l'analyse de régression peut aussi être utilisée pour améliorer la précision des autres coefficients.

b) Lorsqu'un balayage lent (manuel) de la charge est utilisé, enregistrer V_{OC} immédiatement avant le balayage de I-V.

c) Tracer la courbe I-V en faisant varier la charge de telle sorte qu'il y ait un nombre suffisant de points pour définir une caractéristique lissée I-V. Lorsqu'un balayage lent (manuel) est utilisé (par exemple en choisissant un rhéostat comme charge), le courant de sortie du dispositif de référence doit être déterminé en même temps que chaque point de I-V pour obtenir l'éclairement G correspondant à chaque point. La variation totale de l'éclairement pour tout le balayage devrait être inférieure à 10 %. Dans le cas contraire, la mesure devrait être reprise à partir de 5.2 b). Lorsqu'un dispositif de balayage rapide de la charge tel qu'une charge capacitive (durée totale du balayage inférieure à 0,1 s) est utilisé, il suffit de noter le courant du dispositif de référence au début du balayage.

d) Lorsqu'un balayage lent (manuel) est utilisé, comparer le V_{OC} obtenu à la fin du tracé de I-V avec la mesure faite en 5.2 b).

e) Si ces deux valeurs diffèrent de plus de 2 % répéter la mesure à partir de 5.2 b).

f) Calculer la température de jonction corrigée du champ de modules pendant la mesure:

$$T_1 = 25 + [(V - V_{OC})/N_S - B \times G - A \times \ln(1000/H)]/\beta$$

g) Extrapoler les données des mesures de I-V aux conditions requises pour les essais d'acceptation par la méthode décrite dans la CEI 891. La valeur de R_S sera soit obtenue auprès du fournisseur, soit mesurée selon la CEI 891.

6 Précision

Il convient d'utiliser toute technique pouvant améliorer la précision. Cependant, dans l'état actuel, il est difficile d'assurer une précision meilleure que $\pm 5 \%$ pour la détermination de la puissance extrapolée.

5.2 Method B

a) During the day make repeated V_{OC} array measurements, in particular at low irradiance levels ($100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ to $300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) where no I-V scans can be performed, together with readings of ambient temperature T_A and of irradiance G (as determined from the short-circuit current of the reference device, using its calibration curve). Determine the mean value (V) and standard error of the corresponding extrapolated $V_{OC,STC}$ values for each array. The extrapolated $V_{OC,STC}$ values are computed using the following formula:

$$V_{OC,STC} = V_{OC} + N_S \times [A \times \ln(1000/H) + B \times G + \beta \times (25 - T_A)]$$

where

N_S is the number of cells in series in the array;

A is the product of the thermal voltage (about 25 mV/cell) and the non-ideality factor (about 1,5, so that A is about 38 mV/cell);

β is the cell voltage temperature coefficient (ca 2,2 mV/K/cell);

$B = \beta \times dT_j / dG$ (where dT_j / dG is about $0,03 \text{ K/W} \cdot \text{m}^{-2}$ for free-standing arrays, corresponding to NOCT of 45°C .) In cases of special mountings, i.e. roof mounting, the coefficient B shall be determined by regression analysis (least square fit) of the V_{OC} data.

If necessary, regression analysis can be used to improve the accuracy of the other coefficients.

b) If slow (manual) load scanning is used, record V_{OC} immediately prior to the I-V scan.

c) Scan the I-V curve by varying the load such that there will be a sufficient number of points to define a smooth I-V characteristic. If slow (manual) load scanning is used (e.g. using a rheostat as load), the current output from the reference device must be determined simultaneously with each I-V point to obtain the irradiance G corresponding to that point. The total variation in irradiance over the whole scan should be less than 10 %. If not, the measurement should be repeated from 5.2 b). If a fast load scanning device such as a capacitor load (total scan time less than 0,1 s) is used, it is sufficient to record the current of the reference device at the start of the scan.

d) If slow (manual) scanning is used, compare the V_{OC} obtained at the end of the I-V scan with that measured in 5.2 b).

e) If these values differ by more than 2 %, repeat the measurement from there.

f) Calculate the corrected junction temperature of the array during the measurement as:

$$T_1 = 25 + [(V - V_{OC})/N_S - B \times G - A \times \ln(1000/H)]/\beta$$

g) Extrapolate the measured I-V data to the required Acceptance Test Conditions by the method described in IEC 891. The R_S value will either be given by the supplier or determined by measurement as in IEC 891.

6 Accuracy

All techniques which improve accuracy should be used. At the present time it is difficult to assure an overall accuracy for the termination of the extrapolated power to better than $\pm 5\%$.