

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

904-3

Première édition
First edition
1989-03

Dispositifs photovoltaïques

**Troisième partie:
Principes de mesure des dispositifs solaires
photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant
les données de l'éclairement spectral de référence**

Photovoltaic devices

**Part 3:
Measurement principles for terrestrial
photovoltaic (PV) solar devices with reference
spectral irradiance data**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 904-3: 1989

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* (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 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**

904-3

Première édition
First edition
1989-03

Dispositifs photovoltaïques

Troisième partie:

**Principes de mesure des dispositifs solaires
photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant
les données de l'éclairement spectral de référence**

Photovoltaic devices

Part 3:

**Measurement principles for terrestrial
photovoltaic (PV) solar devices with reference
spectral irradiance data**

© IEC 1989 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

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Principes de mesure	6
4. Répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence	8
5. Caractéristiques courant-tension	14
ANNEXE A – Terminologie	16

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60904-3:1989

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Measurement principles	7
4. Reference solar spectral irradiance distribution	9
5. Current-voltage characteristics	15
APPENDIX A – Terminology	17

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES

Troisième partie: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI 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 de la CEI: 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	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
82(BC)5	82(BC)9	82(BC)10	82(BC)13

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES**Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV)
solar devices with reference spectral irradiance data**

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 on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
82(CO)5	82(CO)9	82(CO)10	82(CO)13

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

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES

Troisième partie: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable aux dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin pour les applications terrestres suivantes:

- a) cellules solaires individuelles avec ou sans protecteur
- b) assemblages de cellules solaires
- c) modules plans

Note. – Le terme «spécimen en essai» est utilisé pour désigner chacun de ces dispositifs.

Cette norme n'est pas applicable aux cellules solaires conçues pour fonctionner en lumière solaire concentrée, aux modules intégrant des concentrateurs ni aux collecteurs hybrides qui, en plus de la génération d'électricité, transfèrent la chaleur à des fluides pour l'utilisation dans les systèmes thermiques.

Cette norme décrit les principes de mesure et spécifie la répartition de l'éclairement spectral de référence.

Les caractéristiques courant-tension et les paramètres dérivés sont décrits.

2. Objet

Cette norme spécifie des principes de mesure pour la détermination des performances électriques des dispositifs solaires à effet photovoltaïque pour les applications terrestres, définies dans le domaine d'application. Ces méthodes comprennent les mesures effectuées sous éclairement solaire naturel ou simulé.

3. Principes de mesure

En pratique, les performances photoélectriques d'une cellule ou d'un module solaire sont obtenues en l'exposant, sa température étant connue, à un rayonnement solaire stable, naturel ou simulé, et en traçant sa caractéristique courant-tension, tandis qu'on mesure l'amplitude de l'éclairement incident. Les performances mesurées sont alors corrigées par rapport aux conditions normalisées de mesure ou par rapport à d'autres conditions d'éclairement et de température. La puissance de sortie corrigée à la tension nominale et aux conditions normalisées de mesure est généralement désignée comme étant la puissance nominale.

Comme la réponse d'une cellule solaire est liée à la longueur d'onde, ses performances sont influencées de manière significative par la répartition spectrale du rayonnement incident, qui, dans le cas d'un éclairement solaire naturel, varie avec l'emplacement, le temps, le moment de l'année ou du jour, et qui, avec un simulateur, varie selon son type et les conditions. Si l'éclairement est mesuré avec un radiomètre à thermopile, qui n'est pas spectralement sélectif, les rendements de conversion mesurés peuvent varier de plusieurs centièmes en raison des variations de la répartition spectrale.

PHOTOVOLTAIC DEVICES

Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data

1. Scope

This standard applies to the following crystalline silicon photovoltaic devices for terrestrial applications:

- a) single solar cells with or without a protective cover
- b) sub-assemblies of solar cells
- c) flat modules

Note. – The term “test specimen” is used to denote any of these devices.

This standard is not applicable to solar cells designed for operation in concentrated sunlight, to modules embodying concentrators, nor to hybrid collectors which in addition to generating electricity, transfer heat to fluids for use in thermal systems.

This standard describes measurement principles and specifies the reference spectral irradiance distribution.

Current-voltage characteristics and the derived parameters are explained.

2. Object

This standard specifies measurement principles for determining the electrical performance of the terrestrial photovoltaic solar devices defined in the scope. These principles cover testing in both natural and simulated sunlight.

3. Measurement principles

In current practice the photovoltaic performance of a solar cell or module is determined by exposing it at a known temperature to stable sunlight, natural or simulated, and tracing its current-voltage characteristic while measuring the magnitude of the incident irradiance. The measured performance is then corrected to Standard Test Conditions (STC) or other desired conditions of irradiance and temperature. The corrected power output at the rated voltage and STC is commonly referred to as the rated power.

Since a solar cell has a wavelength-dependent response, its performance is significantly affected by the spectral distribution of the incident radiation, which in natural sunlight varies with location, weather, time of year and time of day, and with a simulator varies with its type and conditions. If the irradiance is measured with a thermopile-type radiometer that is not spectrally selective, the measured conversion efficiencies can vary by several per cent due to spectral distribution changes.

Les principes indiqués dans cette norme sont prévus pour réduire de telles divergences en reliant les performances à la répartition spectrale de référence de l'éclairement solaire terrestre.

Cela est réalisé en mesurant l'éclairement avec un dispositif de référence ayant essentiellement la même réponse spectrale relative que le spécimen en essai, qui a été étalonné en termes de courant de court-circuit par unité d'éclairement (AW^{-1}m^2) avec la répartition spectrale de référence.

Le dispositif de référence tient compte automatiquement des variations de répartition spectrale. Pour cette raison, l'emplacement et les conditions atmosphériques ne sont pas critiques lorsque la méthode utilisant un dispositif de référence est utilisée pour des mesures de performances à l'extérieur. Pour les mesures à l'intérieur, le type de simulateur utilisé n'est pas critique. De plus, comme les constantes de temps du dispositif de référence et du spécimen en essai sont similaires, des fluctuations de l'intensité solaire peuvent être tolérées pourvu qu'elles ne se produisent pas pendant une mesure.

Si les performances d'une cellule ou d'un module sont reliées à un éclairement de répartition spectrale connue, il est possible à un utilisateur ou à un concepteur de systèmes, connaissant la réponse spectrale des cellules, de calculer, avec une tolérance acceptable, leurs performances sous un éclairement de n'importe quelle autre répartition spectrale.

4. Répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence

La répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence pour les besoins de cette norme est donnée dans le tableau I et la figure 1. C'est une répartition de l'éclairement solaire total (direct + diffus), correspondant à un éclairement de 1000 W m^{-2} à AM 1,5, sur une surface plane inclinée de 37° par rapport à l'horizontale, avec un facteur de réflexion du sol de 0,2 et dans les conditions météorologiques suivantes:

- teneur en vapeur d'eau précipitable: 1,42 cm
- teneur en ozone: 0,34 cm
- turbidité: 0,27 à 0,5 μm

The principles given in this standard are designed to reduce such discrepancies by relating the performance rating to a reference terrestrial solar spectral irradiance distribution.

This is done by measuring the irradiance with a reference device that has essentially the same relative spectral response as the test specimen, and has been calibrated in terms of short-circuit current per unit of irradiance (AW^{-1}m^2) with the reference spectral distribution.

The reference device automatically takes into account variations in the spectral distribution. Because of this, location and weather conditions are not critical when the reference device method is used for outdoor performance measurements. The type of simulator is not critical for indoor measurements. Moreover, since the time constants of both the reference device and the test specimen are similar, fluctuations in solar intensity can be accepted provided they do not occur during a measurement.

If the performance of a cell or module is related to a known spectral irradiance distribution, it is possible for a user or array designer, using the spectral response of the cells, to compute within a reasonable tolerance its performance when exposed to light of any other known spectral irradiance distribution.

4. Reference solar spectral irradiance distribution

The reference solar spectral irradiance distribution for the purposes of this standard is given in Table I and Figure 1. This is a total distribution (direct + diffuse) sunlight, corresponding to an irradiance of 1000 W m^{-2} at AM 1.5, on a plane surface tilted at 37° to the horizontal, with 0.2 ground reflectance albedo, under the following meteorological conditions:

- atmospheric water content: 1.42 cm
- atmosphere ozone content: 0.34 cm
- turbidity: 0.27 at $0.5 \mu\text{m}$

TABLEAU I
TABLE

Répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence
Reference solar spectral irradiance distribution

Longueur d'onde Wavelength μm	Eclairement spectral Spectral irradiance $\text{W m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	Eclairement spectral photonique Spectral photon irradiance $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	Eclairement cumulatif intégré Cumulative integrated irradiance W m^{-2}
0,3050	9,5	1,459 E + 015	0,06
0,3100	42,3	6,602 E + 015	0,19
0,3150	107,8	1,710 E + 016	0,57
0,3200	181,0	2,916 E + 016	1,29
0,3250	246,8	4,038 E + 016	2,36
0,3300	395,3	6,567 E + 016	3,97
0,3350	390,1	6,579 E + 016	5,93
0,3400	435,3	7,451 E + 016	7,99
0,3450	438,9	7,623 E + 016	10,18
0,3500	483,7	8,523 E + 016	12,49
0,3600	520,3	9,430 E + 016	17,51
0,3700	666,2	1,241 E + 017	23,44
0,3800	712,5	1,363 E + 017	30,33
0,3900	720,7	1,415 E + 017	37,50
0,4000	1013,1	2,040 E + 017	46,17
0,4100	1158,2	2,391 E + 017	57,02
0,4200	1184,0	2,504 E + 017	68,74
0,4300	1071,9	2,320 E + 017	80,01
0,4400	1302,0	2,884 E + 017	91,88
0,4500	1526,0	3,457 E + 017	106,02
0,4600	1599,6	3,704 E + 017	121,65
0,4700	1581,0	3,741 E + 017	137,55
0,4800	1628,3	3,935 E + 017	153,60
0,4900	1539,2	3,797 E + 017	169,44
0,5000	1548,7	3,898 E + 017	184,88
0,5100	1586,5	4,074 E + 017	200,55
0,5200	1484,9	3,887 E + 017	215,91
0,5300	1572,4	4,196 E + 017	231,20
0,5400	1550,7	4,216 E + 017	246,81
0,5500	1561,5	4,324 E + 017	262,38
0,5700	1501,5	4,309 E + 017	293,01
0,5900	1395,5	4,145 E + 017	321,98
0,6100	1485,3	4,561 E + 017	350,78
0,6300	1434,1	4,549 E + 017	379,98
0,6500	1419,9	4,647 E + 017	408,52
0,6700	1392,3	4,696 E + 017	436,64
0,6900	1130,0	3,925 E + 017	461,86
0,7100	1316,7	4,707 E + 017	486,33
0,7180	1010,3	3,652 E + 017	495,64
0,7244	1043,2	3,805 E + 017	502,21
0,7400	1211,2	4,512 E + 017	519,79
0,7523	1193,9	4,523 E + 017	534,82
0,7575	1175,5	4,483 E + 017	540,75
0,7625	643,1	2,469 E + 017	545,29
0,7675	1030,7	3,983 E + 017	549,48
0,7800	1131,1	4,442 E + 017	562,99
0,8000	1081,6	4,356 E + 017	585,12
0,8160	849,2	3,489 E + 017	600,56
0,8237	785,0	3,255 E + 017	606,85
0,8315	916,4	3,836 E + 017	613,49
0,8400	959,9	4,059 E + 017	621,46
0,8600	978,9	4,238 E + 017	640,85
0,8800	933,2	4,134 E + 017	659,97
0,9050	748,5	3,410 E + 017	680,99
0,9150	667,5	3,075 E + 017	688,07
0,9250	690,3	3,215 E + 017	694,86
0,9300	403,6	1,890 E + 017	697,60
0,9370	258,3	1,218 E + 017	699,91

Longueur d'onde Wavelength	Eclairement spectral Spectral irradiance	Eclairement spectral photonique Spectral photon irradiance	Eclairement cumulatif intégré Cumulative integrated irradiance
μm	$\text{W m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	$\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$	W m^{-2}
0,9480	313,6	1,497 E + 017	703,06
0,9650	526,8	2,559 E + 017	710,20
0,9800	646,4	3,189 E + 017	719,00
0,9935	746,8	3,735 E + 017	728,41
1,0400	690,5	3,615 E + 017	761,82
1,0700	637,5	3,434 E + 017	781,74
1,1000	412,6	2,285 E + 017	797,49
1,1200	108,9	6,140 E + 016	802,71
1,1300	189,1	1,076 E + 017	804,20
1,1370	132,2	7,567 E + 016	805,32
1,1610	339,0	1,981 E + 017	810,98
1,1800	460,0	2,733 E + 017	818,57
1,2000	423,6	2,559 E + 017	827,40
1,2350	480,5	2,988 E + 017	843,22
1,2900	413,1	2,683 E + 017	867,80
1,3200	250,2	1,663 E + 017	877,75
1,3500	32,5	2,209 E + 016	881,99
1,3950	1,6	1,124 E + 015	882,75
1,4425	55,7	4,045 E + 016	884,11
1,4625	105,1	7,738 E + 016	885,72
1,4770	105,5	7,845 E + 016	887,25
1,4970	182,1	1,372 E + 017	890,12
1,5200	262,6	2,010 E + 017	895,24
1,5390	274,2	2,125 E + 017	900,34
1,5580	275,0	2,157 E + 017	905,56
1,5780	244,6	1,943 E + 017	910,75
1,5920	247,4	1,983 E + 017	914,19
1,6100	228,7	1,854 E + 017	918,48
1,6300	244,5	2,006 E + 017	923,21
1,6460	234,8	1,946 E + 017	927,05
1,6780	220,5	1,863 E + 017	934,33
1,7400	171,5	1,502 E + 017	946,48
1,8000	30,7	2,782 E + 016	952,55
1,8600	2,0	1,873 E + 015	953,53
1,9200	1,2	1,160 E + 015	953,63
1,9600	21,2	2,092 E + 016	954,07
1,9850	91,1	9,104 E + 016	955,48
2,0050	26,8	2,705 E + 016	956,66
2,0350	99,5	1,019 E + 017	958,55
2,0650	60,4	6,279 E + 016	960,95
2,1000	89,1	9,420 E + 016	963,57
2,1480	82,2	8,889 E + 016	967,68
2,1980	71,5	7,912 E + 016	971,52
2,2700	70,2	8,023 E + 016	976,62
2,3600	62,0	7,367 E + 016	982,57
2,4500	21,2	2,615 E + 016	986,32
2,4940	18,5	2,323 E + 016	987,19
2,5370	3,2	4,087 E + 015	987,66
2,9410	4,4	6,515 E + 015	989,19
2,9730	7,6	1,138 E + 016	989,38
3,0050	6,5	9,834 E + 015	989,60
3,0560	3,2	4,923 E + 015	989,85
3,1320	5,4	8,515 E + 015	990,18
3,1560	19,4	3,082 E + 016	990,48
3,2040	1,3	2,097 E + 015	990,98
3,2450	3,2	5,228 E + 015	991,07
3,3170	13,1	2,188 E + 016	991,66
3,3440	3,2	5,387 E + 015	991,88
3,4500	13,3	2,310 E + 016	992,75
3,5730	11,9	2,141 E + 016	994,30
3,7650	9,8	1,858 E + 016	996,38
4,0450	7,5	1,527 E + 016	998,79
∞			1000,00

Note. – Les valeurs de l'éclairement cumulatif intégré ont été obtenues à l'aide de la technique de l'intégration trapézoïdale modifiée.

The cumulative integrated irradiance values were obtained by means of the modified trapezoidal integration technique.

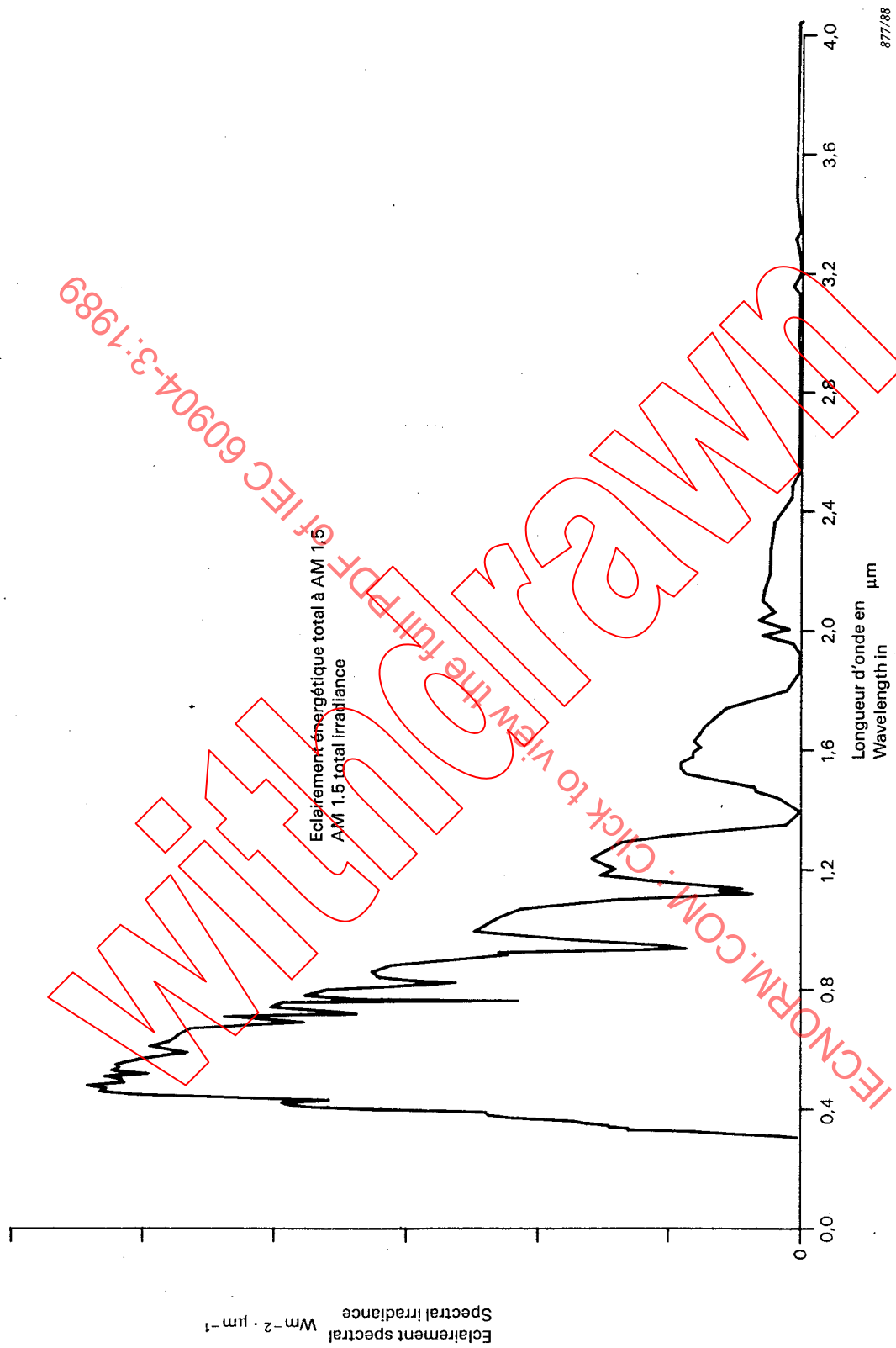


FIG. 1. – Répartition spectrale de l'éclairement solaire de référence.
Reference solar spectral irradiance distribution.

Page blanche
Blank page

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60904-3:1989

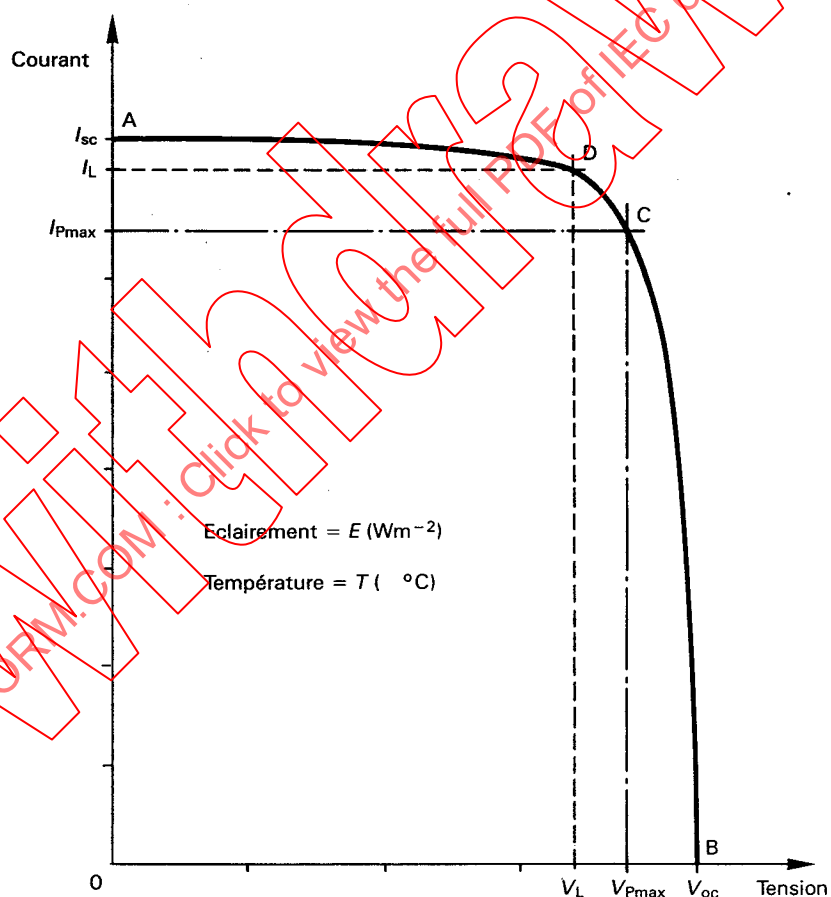
Withd2Wn

5. Caractéristiques courant-tension

Un exemple de courbe courant-tension ($I-V$) pour un éclairement et une température fixes est donné à la figure 2. Les courants sont en ordonnée, les tensions en abscisse.

Les caractéristiques électriques qui peuvent être déduites de la courbe $I-V$ sont:

- a) courant de court-circuit (I_{sc}) Point A
La valeur du courant où la courbe $I-V$ coupe l'axe des courants pour $V = 0$;
- b) tension en circuit ouvert (V_{oc}): Point B
La valeur de la tension où la courbe $I-V$ coupe l'axe des tensions pour $I = 0$;
- c) puissance maximale (P_{max}): Point C
La puissance pour le point de la courbe $I-V$ où le produit du courant et de la tension est maximal;
- d) courant de charge (I_L): Point D
Le courant mesuré pour une tension de charge spécifiée, V_L .



878/88

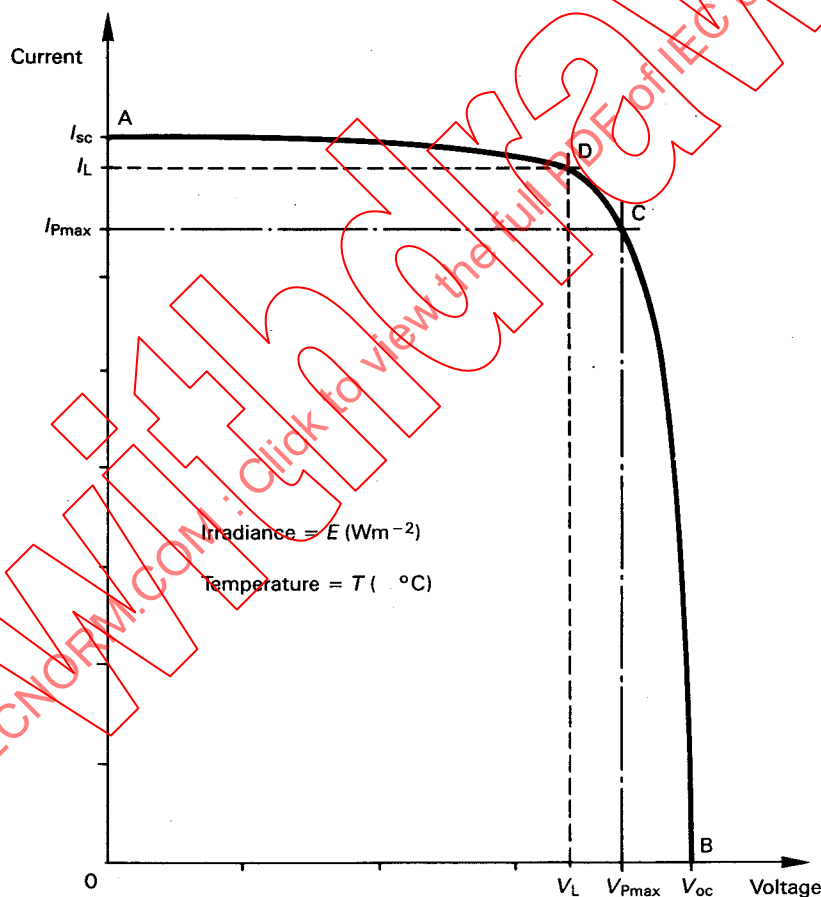
FIG. 2. – Courbe typique courant-tension ($I-V$).

5. Current-voltage characteristics

One example of a current-voltage (I - V) curve measured at a fixed irradiance and temperature is shown in figure 2. The current is plotted along the ordinate, the voltage along the abscissa.

The electrical characteristics which may be derived from the I - V curve are:

- a) short-circuit current (I_{sc}): *Point A*
The current value where the I - V curve crosses the current axis at $V = 0$;
- b) open-circuit voltage (V_{oc}): *Point B*
The voltage value where the I - V curve crosses the voltage axis at $I = 0$;
- c) maximum power (P_{max}): *Point C*
The power at the point on the I - V curve where the product of current and voltage is maximum;
- d) load current (I_L): *Point D*
The measured current at a specified load voltage, V_L .



878/88

FIG. 2. – Example of current-voltage (I - V) curve.

ANNEXE A

TERMINOLOGIE

A 1. Terminologie météorologique

Élévation solaire (θ)

Angle entre le rayonnement solaire direct et le plan horizontal (degrés).

Masse d'air (AM)

Longueur du parcours à travers l'atmosphère terrestre traversée par le rayonnement solaire direct, exprimé comme un multiple du parcours traversé à un point au niveau de la mer avec le soleil directement à l'aplomb.

La valeur de la masse d'air (AM) est égale à 1 au niveau de la mer avec un ciel sans nuages quand le soleil est à l'aplomb et la pression de l'air $P = 1,013$ bar (760 mm Hg).

A chaque point, la valeur de la masse d'air est donnée par:

$$AM = \frac{P}{P_0} \times \frac{1}{\sin \theta} \text{ avec } P = \text{pression de l'air locale en bar}$$

$$P_0 = 1,013 \text{ bar}$$

θ = élévation solaire

Eclairement

Puissance rayonnée incidente sur une unité de surface (Wm^{-2}).

Eclairement direct

Puissance rayonnée par le disque solaire et la région circumsolaire du ciel dans un angle solide de 5° , incidente sur une unité de surface (Wm^{-2}).

Eclairement diffus

Puissance rayonnée par le ciel, sans prendre en compte celle qui contribue à l'éclairement direct, incidente sur une unité de surface (Wm^{-2}).

Eclairement global

Puissance totale rayonnée incidente sur une unité de surface d'un plan horizontal (Wm^{-2}) = Eclairement direct (horizontal) + Eclairement diffus (horizontal).

Eclairement total

Puissance totale rayonnée incidente sur une unité de surface d'un plan incliné (Wm^{-2}).

Eclairement spectral (E_λ)

Eclairement par unité de bande passante à une longueur d'onde particulière ($\text{Wm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

Eclairement spectral photonique ($E_{p\lambda}$)

Densité de flux photonique à une longueur d'onde particulière ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

$$E_{p\lambda} = 5,035 \times 10^{14} \lambda E_\lambda (\lambda \text{ en } \mu\text{m})$$

APPENDIX A

TERMINOLOGY

A 1. Meteorological terminology

Solar elevation (θ)

Angle between the direct solar beam and the horizontal plane (degrees).

Air Mass (AM)

The length of path through the earth's atmosphere traversed by the direct solar beam, expressed as a multiple of the path traversed to a point at sea level with the sun directly overhead.

The value of "Air Mass" is 1 at sea level with cloudless sky when the sun is directly overhead and the air pressure $P = 1.013$ bar (760 mm Hg).

At any point, the value of the air-mass is given by:

$$AM = \frac{P}{P_0} \times \frac{1}{\sin \theta} \text{ with } P = \text{local air pressure in bar}$$

$$P_0 = 1.013 \text{ bar}$$

θ = solar elevation angle

Irradiance

Radiant power incident upon unit area of surface (Wm^{-2}).

Direct irradiance (direct insolation)

The radiant power from the sun's disk and from the circumsolar region of the sky within a subtended angle of 5° incident upon unit area (Wm^{-2}).

Diffuse irradiance

The radiant power from the whole of the sky, incident upon unit area (Wm^{-2}) except that contributing to the direct solar irradiance.

Global irradiance

Total radiant power incident upon unit area of a horizontal surface (Wm^{-2}) = direct irradiance (horizontal) + diffuse irradiance (horizontal).

Total irradiance

Total radiant power incident upon unit area of an inclined surface (Wm^{-2}).

Spectral irradiance (E_λ)

Irradiance per unit bandwidth at a particular wavelength ($\text{Wm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

Spectral photon irradiance ($E_{p\lambda}$)

Photon flux density at a particular wavelength ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

$$E_{p\lambda} = 5.035 \times 10^{14} \lambda E_\lambda \text{ (}\lambda \text{ in } \mu\text{m)}$$

Répartition spectrale de l'éclairement

Eclairement spectral tracé comme une fonction de la longueur d'onde ($\text{Wm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

Exposition énergétique

Intégration de l'éclairement énergétique sur un intervalle de temps donné (MJm^{-2} par heure, jour, semaine, mois, année, suivant le cas).

Exposition énergétique directe

Intégration de l'éclairement direct sur un intervalle de temps donné (MJm^{-2} par heure, jour, etc., selon le cas).

Exposition énergétique diffuse

Intégration de l'éclairement diffus sur un intervalle de temps donné (MJm^{-2} par heure, jour, etc., selon le cas).

Exposition énergétique totale

Intégration de l'éclairement total sur un intervalle de temps donné (MJm^{-2} par jour, semaine, etc., selon le cas), sur une surface inclinée.

Exposition énergétique globale

Intégration de l'éclairement global sur un intervalle de temps donné (MJm^{-2} par heure, jour, etc., selon le cas).

Pyranomètre

Radiomètre normalement utilisé pour mesurer l'éclairement global (ou, au moyen d'un écran en anneau ou un disque, l'éclairement diffus) sur un plan horizontal. Peut aussi être utilisé selon un angle pour mesurer l'éclairement total sur un plan incliné, ce qui, dans ce cas, inclut un facteur dû au rayonnement réfléchi par le premier plan.

Pyrhéliomètre (quelquefois appelé «pyrhéliomètre à incidence normale» ou NIP)

Radiomètre complété par un collimateur, utilisé pour mesurer l'éclairement direct.

Turbidité ($a_{D, \lambda}$)

Transparence réduite de l'atmosphère causée par l'absorption et par la dispersion du rayonnement par des particules solides ou liquides autres que des nuages, maintenues en suspension. Comme définie par Ångström, la turbidité de l'atmosphère est reliée à t , le coefficient d'extinction à une longueur d'onde de 1000 nm et à ε , l'exposant de la longueur d'onde dans l'expression de la fonction d'extinction d'aérosol:

$$a_{D, \lambda} = t \cdot \lambda^{-\varepsilon}$$

Les valeurs de t plus petites que 0,10 sont le signe de conditions très claires, tandis que des valeurs plus grandes que 0,20 indiquent des conditions de brouillard. La valeur moyenne de ε , qui est fonction de la répartition des tailles des particules, fut estimée par Ångström approximativement à 1,3.

Teneur en vapeur d'eau précipitable

Volume de vapeur d'eau précipitable (cm^3) dans une colonne verticale d'atmosphère de 1 cm^2 de section, exprimée comme la hauteur de la colonne verticale d'eau correspondante (cm).

Teneur en ozone

Volume d'ozone (cm^3) aux températures et pression normalisées dans une colonne verticale d'atmosphère de 1 cm^2 de section.

Spectral irradiance distribution

Spectral irradiance plotted as a function of wavelength ($\text{Wm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$).

Irradiation

Integration of irradiance over a specified period of time (MJm^{-2} per hour, day, week, month, year as the case may be).

Direct irradiation

Integrated direct irradiance over a specified time period (MJm^{-2} per hour, per day, etc., as the case may be).

Diffuse irradiation

Integrated diffuse irradiance over a specified time interval (MJm^{-2} per hour, per day, etc., as the case may be).

Total irradiation

The integrated total irradiance over a specified time interval on a tilted surface (MJm^{-2} per day, week, etc., as the case may be).

Global irradiation

Integrated global irradiance over a specified time period (MJm^{-2} per hour, per day, etc., as the case may be).

Pyranometer

A radiometer normally used to measure global irradiance (or, with a shade ring or disc, diffuse irradiance) on a horizontal plane. Can also be used at an angle to measure the total irradiance on an inclined plane, which in this case includes an element due to radiation reflected from the foreground.

Pyrheliometer (sometimes called "Normal Incidence Pyrheliometer" or NIP)

A radiometer, completed with a collimator, used to measure direct irradiance.

Turbidity ($a_{D, \lambda}$)

The reduced transparency of the atmosphere, caused by absorption and scattering of radiation by solid or liquid particles, other than clouds, held in suspension. As defined by Ångström, the turbidity of the atmosphere is related to t , the extinction coefficient at a wavelength of 1 000 nm and to ϵ , the wavelength exponent in the expression for the aerosol extinction function:

$$a_{D, \lambda} = t \cdot \lambda^{-\epsilon}$$

t values less than 0.10 indicate a very clear condition, whereas values greater than 0.20 indicate a distinctly hazy condition. The average value of ϵ , which is dependent on the particle size distribution, was assumed by Ångström to be approximately 1.3.

Precipitable water vapour content

The volume of precipitable water vapour (cm^3) in a vertical column of the atmosphere 1 cm^2 in cross section expressed as the height of the corresponding vertical column of water (cm).

Ozone content

The volume of ozone (cm^3) at standard temperature and pressure in a vertical column of the atmosphere 1 cm^2 in cross section.

A 2. Terminologie des paramètres physiques photovoltaïques

Cellule solaire

Dispositif photovoltaïque de base qui génère de l'électricité lorsqu'il est exposé au rayonnement solaire.

Module

Le plus petit assemblage de cellules solaires interconnectées complètement, protégé de l'environnement.

A 3. Terminologie de la conversion photovoltaïque

Effet photovoltaïque

Conversion directe de l'énergie rayonnée en énergie électrique.

Rendement de conversion

Rapport de la puissance électrique maximale de sortie et du produit de la surface du générateur et de l'éclairement incident mesuré dans des conditions d'essais définies et exprimé sous forme de pourcentage.

Réponse spectrale ($S(\lambda)$)*

Densité de courant de court-circuit produit par unité d'éclairement à une longueur d'onde particulière (AW^{-1}) tracée en fonction de la longueur d'onde.

Réponse spectrale relative ($S(\lambda)_{\text{rel}}$)*

Réponse spectrale ramenée à l'unité de longueur d'onde pour la réponse maximale.

$$S(\lambda)_{\text{rel}} = \frac{S(\lambda)}{S(\lambda)_{\text{max}}}$$

Courant de court-circuit (I_{sc})

Courant de sortie d'un générateur photovoltaïque dans des conditions de court-circuit pour une température et un éclairement particuliers.

Tension en circuit ouvert (V_{oc})

Tension présente aux bornes d'un générateur photovoltaïque non chargé (circuit ouvert) à une température et un éclairement particuliers.

Caractéristique courant-tension ($I = f(V)$)

Courant de sortie d'un générateur photovoltaïque en fonction de la tension de sortie pour une température et un éclairement particuliers.

Puissance maximale (P_{max})

Puissance pour le point de la caractéristique courant-tension où le produit du courant et de la tension est maximal.

Tension pour la puissance maximale (V_{Pmax})

Tension correspondant à la puissance maximale.

Courant pour la puissance maximale (I_{Pmax})

Courant correspondant à la puissance maximale.

* Les termes anglais «Response» et «Responsivity» se traduisent tous les deux en français par «Réponse».