

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60904-8

Deuxième édition
Second edition

1998-02

Dispositifs photovoltaïques –

Partie 8:

**Mesure de la réponse spectrale
d'un dispositif photovoltaïque (PV)**

Photovoltaic devices –

Part 8:

**Measurement of spectral response
of a photovoltaic (PV) device**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60904-8:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er 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 ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Accès en ligne)*

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60904-8

Deuxième édition
Second edition

1998-02

**Dispositifs photovoltaïques –
Partie 8:
Mesure de la réponse spectrale
d'un dispositif photovoltaïque (PV)**

**Photovoltaic devices –
Part 8:
Measurement of spectral response
of a photovoltaic (PV) device**

© IEC 1998 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

J

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 8: Mesure de la réponse spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)

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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60904-8 a été établie par le comité d'études 82 de la CEI: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (monolingue, anglais) parue en 1995 et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/185/FDIS	82/197/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

**Part 8: Measurement of spectral response
of a photovoltaic (PV) device**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60904-8 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

This second edition cancels and replaces the first edition (monolingual, English) published in 1995 and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
82/185/FDIS	82/197/RVD

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

DISPOSITIFS PHOTOVOLTAÏQUES –

Partie 8: Mesure de la réponse spectrale d'un dispositif photovoltaïque (PV)

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 60904 est un guide pour la mesure de la réponse spectrale des dispositifs photovoltaïques, linéaires et non linéaires. Cette norme est applicable uniquement aux dispositifs à une seule jonction.

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 partie de la CEI 60904. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60904 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 60904-1:1987, *Dispositifs photovoltaïques – Première partie: Mesure des caractéristiques courant-tension des dispositifs photovoltaïques*

CEI 60904-2:1989, *Dispositifs photovoltaïques – Deuxième partie: Exigences relatives aux cellules solaires de référence*

CEI 60904-3:1989, *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 61646:1996, *Modules photovoltaïques (PV) en couches minces pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation*

3 Exigences spécifiques pour les dispositifs à couches minces

3.1 Evaluation préliminaire de la stabilité

Avant la mesure de la réponse spectrale des dispositifs à couches minces, le dispositif en essai doit être stabilisé (si nécessaire), comme spécifié dans la méthode d'essai d'exposition prolongée au rayonnement lumineux (voir CEI 61646).

3.2 Mesure sous la lumière blanche d'activation

La mesure de la réponse spectrale doit être effectuée sous la lumière blanche d'activation, similaire à la distribution spectrale relative AM 1,5, à un niveau suffisant tel que la réponse spectrale ne change pas de façon significative, lorsque le niveau de polarisation est réduit de 50 %.

PHOTOVOLTAIC DEVICES –

Part 8: Measurement of spectral response of a photovoltaic (PV) device

1 Scope

This part of IEC 60904 gives guidance for the measurement of the relative spectral response of both linear and non-linear photovoltaic devices. This is only applicable to single-junction devices.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60904. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60904 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 60904-1:1987, *Photovoltaic devices – Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics*

IEC 60904-2:1989, *Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for reference solar cells*

IEC 60904-3:1989, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 61646:1996, *Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*

3 Specific requirements for thin-film devices

3.1 Preliminary assessment of stability

Before the spectral response measurement of thin-film devices, the device under test shall be stabilized (if necessary), as specified in the light soaking test procedure (see IEC 61646).

3.2 Measurement under white bias light

The spectral response measurement shall be done under white bias light, similar to the AM 1,5 relative spectral distribution, at such a level that the spectral response does not significantly change when the bias level is reduced by 50 %.

3.3 Effet de la tension

Dû à l'effet de la tension, il est nécessaire de définir les termes suivants:

- réponse spectrale en charge ($s_{v\lambda}$): la densité de courant à une tension de charge particulière, générée par unité d'éclairement à une longueur d'onde particulière ($A \cdot W^{-1}$), tracée comme une fonction de la longueur d'onde;
- réponse spectrale relative en charge ($k_1 \cdot s_{v\lambda}$): la réponse spectrale en charge normalisée à l'unité à la longueur d'onde de réponse maximale

$$k_1 \cdot s_{v\lambda} = s_{v\lambda} / s_{v\lambda \max}$$

Pour les dispositifs à couches minces, la mesure de la réponse spectrale doit être effectuée sous la tension qui est appropriée à l'utilisation projetée des données de réponse spectrale. La condition de tension doit cependant être spécifiée avec les données.

4 Mesure de la réponse spectrale relative

La réponse spectrale relative d'un dispositif photovoltaïque (PV) est évaluée en éclairant celui-ci par une source de lumière monochromatique, pour des longueurs d'onde différentes de façon à couvrir son domaine de réponse, et consiste à mesurer la densité du courant de court-circuit et l'éclairement à chacune de ces longueurs d'onde.

NOTE – Dans cette norme, le mot «lumière» est utilisé dans son sens le plus large de manière à inclure l'ultraviolet et l'infrarouge en plus du spectre visible.

Il convient que le dispositif soit de préférence éclairé uniformément par la source de lumière et sa température régulée. La courbe du quotient de la densité de courant par l'éclairement (ou un paramètre proportionnel) est tracée en fonction de la longueur d'onde. La mesure peut aussi être effectuée en maintenant l'éclairement constant (par exemple, en faisant varier la longueur de la fente de sortie d'un monochromateur). De cette façon, la réponse spectrale relative est obtenue directement à partir de la mesure de la densité de courant.

La commande de l'éclairement peut être un thermocouple à vide, un radiomètre pyroélectrique ou tout autre détecteur adéquat. Une autre possibilité est d'utiliser un dispositif photovoltaïque de référence, préalablement étalonné, dont la réponse spectrale relative couvre la gamme nécessaire. De cette façon, la réponse spectrale relative du dispositif photovoltaïque à mesurer est calculée de la façon suivante:

$$k_2 \cdot s_{2\lambda} = k_1 \cdot s_{1\lambda} \cdot \frac{J_{mt\lambda}}{J_{mr\lambda}}$$

où

$k_1 \cdot s_{1\lambda}$ est la réponse spectrale relative du dispositif photovoltaïque de référence à la longueur d'onde λ ;

$k_2 \cdot s_{2\lambda}$ est la réponse spectrale relative du dispositif à mesurer à la même longueur d'onde;

$J_{mr\lambda}$ est la valeur mesurée de la densité de courant de court-circuit du dispositif de référence à la longueur d'onde λ ;

$J_{mt\lambda}$ est la valeur mesurée de la densité de courant de court-circuit du dispositif à mesurer à la même longueur d'onde.

Il convient qu'une attention particulière soit portée sur le montage de l'équipement de mesure et sur la réalisation des mesures comme suit:

- il convient que l'éclairement soit uniforme sur le plan de mesure (un éclairement uniforme est très important quand le dispositif à mesurer et le dispositif de référence sont de taille différente);

3.3 Effect of voltage

Due to the effect of voltage, it is necessary to define the following terms:

- spectral response under load ($s_{v\lambda}$): the current density at a particular load voltage, generated by unit irradiance at a particular wavelength ($A \cdot W^{-1}$), plotted as a function of wavelength;
- relative spectral response under load ($k_1 \cdot s_{v\lambda}$): the spectral response under load normalized to unity at wavelength of maximum response

$$k_1 \cdot s_{v\lambda} = s_{v\lambda} / s_{v\lambda \max}$$

For thin-film devices, the spectral response measurement shall be done under the voltage which is appropriate to the intended use of the spectral response data. The voltage condition shall therefore be specified with the data.

4 Relative spectral response measurement

The relative spectral response of a photovoltaic (PV) device is measured by irradiating it by means of a narrow-bandwidth light source at a series of different wavelengths covering its response range, and measuring the short-circuit current density and irradiance at each of these wavelengths.

NOTE – In this standard, the words "light" and "sunlight" are used in their broader sense to include the ultra-violet and the infra-red as well as the visible spectrum.

The light source should irradiate the device uniformly and the temperature of the device should be controlled. The current densities are then divided by the irradiances or a proportional parameter and plotted as a function of wavelength. Alternatively, the irradiance may be kept constant (for instance, by varying the length of a monochromator exit slit), in which case the relative spectral response is obtained directly from the current density readings.

The irradiance monitor may be a vacuum thermocouple, a pyroelectric radiometer or other suitable detector. Another alternative is a previously calibrated reference photovoltaic device whose relative spectral response covers the required range. In this case, the relative spectral response of the test specimen is computed as follows:

$$k_2 \cdot s_{2\lambda} = k_1 \cdot s_{1\lambda} \cdot \frac{J_{mt\lambda}}{J_{mr\lambda}}$$

where

- $k_1 \cdot s_{1\lambda}$ is the relative spectral response of the reference photovoltaic device at wavelength λ ;
- $k_2 \cdot s_{2\lambda}$ is the relative spectral response of the test specimen at the same wavelength;
- $J_{mr\lambda}$ is the measured short-circuit current density of the reference photovoltaic device at wavelength λ ;
- $J_{mt\lambda}$ is the measured short-circuit current density of the test specimen at the same wavelength.

In assembling the test set-up and performing the measuring, special attention should be given to the following:

- uniformity of irradiance at the test plane (uniform irradiance is very important when test specimen and reference photovoltaic devices are of different dimensions);

- il convient que les courbes de transmission des filtres soient vérifiées périodiquement, en particulier pour détecter toute transmission «harmonique»;
- il convient que l'étalonnage de la charge résistive et la résistance de contact soient vérifiés;
- il convient que la réponse du courant de court-circuit du dispositif soit linéaire en fonction de l'intensité lumineuse à tous les niveaux d'éclairement et toutes les longueurs d'onde;
- il convient que la charge résistive soit choisie avec la plus petite valeur possible, de façon à se situer aussi près que possible des conditions de court-circuit.

Les figures 1 et 2 montrent deux exemples de montage expérimental. Le premier utilise en tant que source monochromatique un monochromateur à prisme à quartz et le second une couronne de filtres.

NOTE – Dans cette norme, le mot «monochromatique» signifie bande étroite.

Dans les deux cas, la source lumineuse est une lampe halogène au tungstène de 1 000 W alimentée de façon à avoir une température de valeur stable à 3 200 K. Le dispositif à mesurer et la commande de l'éclairement sont placés de chaque côté d'un montage tournant contrôlé en température de façon que chacun d'entre eux soit présenté au faisceau monochromatique exactement à la même place. Ils peuvent être aussi placés sur une glissière munie de blocages adéquats ou éclairés simultanément au moyen d'un séparateur de faisceau.

La couronne de filtres comporte des filtres à bande étroite en nombre suffisant pour couvrir la gamme de réponse du dispositif à mesurer par pas de longueur d'onde n'excédant pas 50 nm. Les filtres sont disposés de telle sorte que chacun puisse être successivement inséré entre la source lumineuse et le dispositif à mesurer ou la commande de l'éclairement. Il est important que les filtres aient des bandes latérales négligeables (moins de 0,2 %). Le monochromateur est utilisé normalement avec des fentes fixes et ajusté manuellement aux mêmes pas de longueur d'onde.

Pour les dispositifs tels que les cellules au silicium ou autres pour lesquelles il a été montré que la réponse change linéairement avec l'éclairement, le courant de court-circuit des cellules (déterminé par la mesure de la chute de tension aux bornes d'une résistance étalon fixe à quatre bornes) et la tension de court-circuit du thermocouple à vide ou du radiomètre peuvent être directement mesurés avec un voltmètre numérique en courant continu ou un potentiomètre. Les exigences concernant la précision des appareils de mesures et la mesure des courants de court-circuit indiquées dans la CEI 60904-1 et la CEI 60904-3 s'appliquent. Si la méthode en courant continu est utilisée, il convient que le faisceau de sortie, le dispositif à mesurer et le dispositif de contrôle de l'éclairement soient de préférence enfermés dans une enceinte étanche à la lumière et sans surface réfléchissante, et des précautions soient prises pour éviter les f.é.m. thermiques ou autres qui pourraient entraîner des erreurs. Le faisceau de sortie peut être également haché à une basse fréquence et les tensions de sortie amplifiées et redressées. Dans ce cas, il est important de s'assurer que les amplificateurs sont linéaires et stables.

Pour les dispositifs non linéaires, il est nécessaire d'utiliser un faisceau monochromatique haché et d'obtenir un éclairement continu au niveau désiré (par exemple $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) en utilisant une lumière d'activation non modulée fournie par un simulateur continu adéquat comme indiqué aux figures 1 et 2. Pour les dispositifs linéaires, la lumière d'activation est également nécessaire sauf s'il a été prouvé que la réponse spectrale est sensiblement la même avec ou sans lumière d'activation.

Une méthode de mesure de la réponse spectrale solaire en lumière pulsée est montrée en figure 3. Mis à part le changement de source lumineuse, la méthode de mesure reste la même sur la base de la comparaison des courants de court-circuit apparaissant aux bornes du dispositif à mesurer et aux bornes du dispositif de référence étalonné en réponse spectrale. L'équipement comprend:

- une puissante lampe à flash qui fournit des impulsions lumineuses de haute intensité;
- une couronne de filtres et une enceinte étanche à la lumière comme décrite ci-dessus;

- filter transmission curves should be checked periodically to detect any “harmonic” transmission;
- load resistor calibration and contact resistance should be checked;
- linearity of response of the short-circuit current of the device versus the light intensity at all illumination levels and all wavelengths;
- the load resistor should be kept to a minimum practical value in order to remain as close as possible to true short-circuit conditions.

Figures 1 and 2 show two examples of test arrangements, the first embodying a quartz prism monochromator and the second a filter wheel as the monochromatic source.

NOTE – In this standard the word “monochromatic” is used to mean narrow bandwidth.

In both cases, the light source is a 1 000 W tungsten halogen lamp operated from a stable supply at a colour temperature of 3 200 K. The test cell and the irradiance monitor are mounted on opposite sides of a rotatable temperature-controlled block, so that either may be presented to the monochromatic beam in precisely the same place. Alternatively, they may be mounted on a slide with suitable positioning stops, or illuminated simultaneously by means of a beam splitter.

The filter wheel should contain a sufficient number of narrow-band filters to cover the response range of the cell in wavelength steps not exceeding 50 nm. The filters are arranged so that each can be indexed in turn between the light source and the test cell or irradiance monitor. It is important that the filters should have negligible (under 0,2 %) side-bands. The monochromator is normally used with fixed slits and manually set to the same wavelength steps.

With crystalline silicon and other cells where the response has been shown to change linearly with irradiance, the short-circuit current of the cells (voltage drop across a standard 4-terminal fixed resistor) and the open-circuit voltage of the vacuum thermocouple or radiometer may be measured directly with a d.c. digital voltmeter or potentiometer. The requirements for instrumentation accuracy and the measurement of short-circuit currents given in IEC 60904-1 and IEC 60904-3 apply. If the d.c. method is used, the exit beam, test specimen and irradiance monitor should be completely enclosed in an anti-reflective light-tight box and meticulous precautions should be taken to avoid thermal and random electromagnetic fields which would cause errors. Alternatively, the exit beam may be chopped at a low frequency and the output voltages amplified and rectified. In this case, it is important to ensure that the amplifiers are linear and drift-free.

With non-linear devices it is necessary to use a chopped monochromatic beam, and to increase the irradiance to the desired operational level (e.g. $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) using unmodulated bias light from a suitable steady-state simulator as shown in figures 1 and 2. For linear devices the bias light is also necessary unless there is proof that the obtained spectral response will not change significantly when the bias light is not used.

A method for pulsed solar spectral response measurements is shown in figure 3. Apart from the change of light source, the measurement method remains the same, and is based on the comparison of the short-circuit currents generated by the cell to be measured and by the spectrally calibrated reference device. The test set-up comprises:

- a powerful flash lamp which provides high intensity light pulses;
- a filter wheel and light-tight box as previously described;

- un support d'essai qui assure un positionnement reproductible des dispositifs photovoltaïques à mesurer et de dispositifs de référence;
- un ou plusieurs dispositifs photovoltaïques de référence étalonnés en fonction de la longueur d'onde selon la CEI 60904-2 (les laboratoires photométriques spécialisés sont les mieux équipés pour effectuer cet étalonnage);
- une charge résistive à décade;
- un détecteur de crête électronique;
- un voltmètre numérique.

NOTE – La méthode dite de la lumière pulsée ne peut être utilisée avec des dispositifs à mesurer dont le temps de réponse est trop long. Aussi faut-il vérifier que la même densité de courant de court-circuit est obtenue à partir de sources lumineuses continues ou pulsées de même intensité lumineuse. Les mêmes exigences s'appliquent au dispositif de référence.

Lorsqu'on monte l'équipement de mesure et que l'on effectue les mesures proprement dites, il convient de porter une attention particulière sur le contrôle de l'intensité de la lumière pulsée et les corrections de lecture qui seront effectuées manuellement ou mieux automatiquement.

- a sample holder that ensures reproducible positioning of the test specimen and the reference photovoltaic device;
- reference photovoltaic device(s) spectrally calibrated in accordance with IEC 60904-2 (specialized radiometry laboratories are best equipped to perform this calibration);
- a decade load resistor;
- an electronic “peak-detector”;
- a digital voltmeter.

NOTE – The pulsed light method cannot be used on test specimens whose response time is too slow. Therefore, it must be verified that the same short-circuit current density is obtained from pulsed and steady-state light sources having the same intensity. This same requirement also applies to the reference device.

In assembling the test set-up and in performing the measurements, special attention should be given to the light pulse intensity monitoring and the subsequent reading correction which may either be manual or, better, automatic.

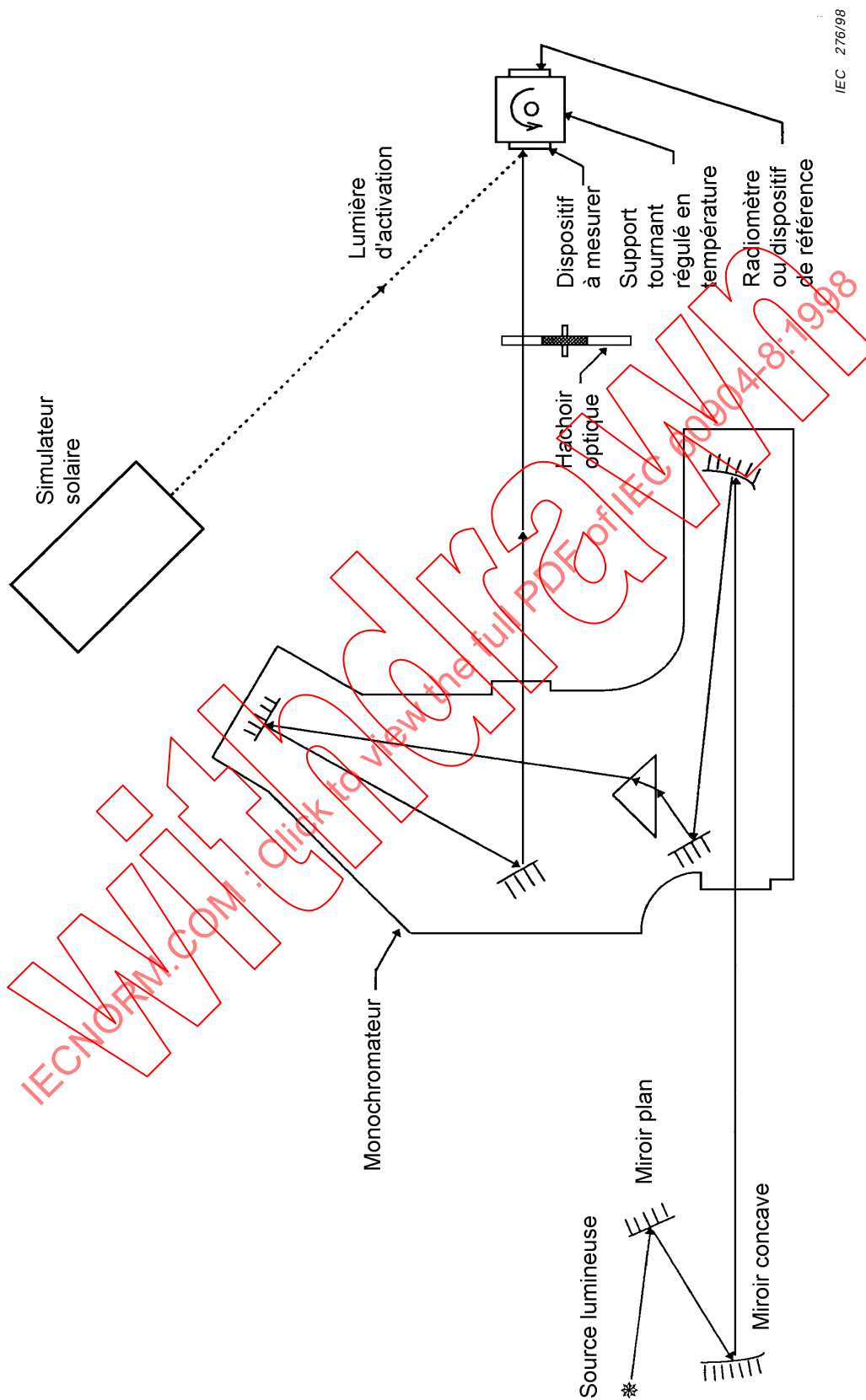
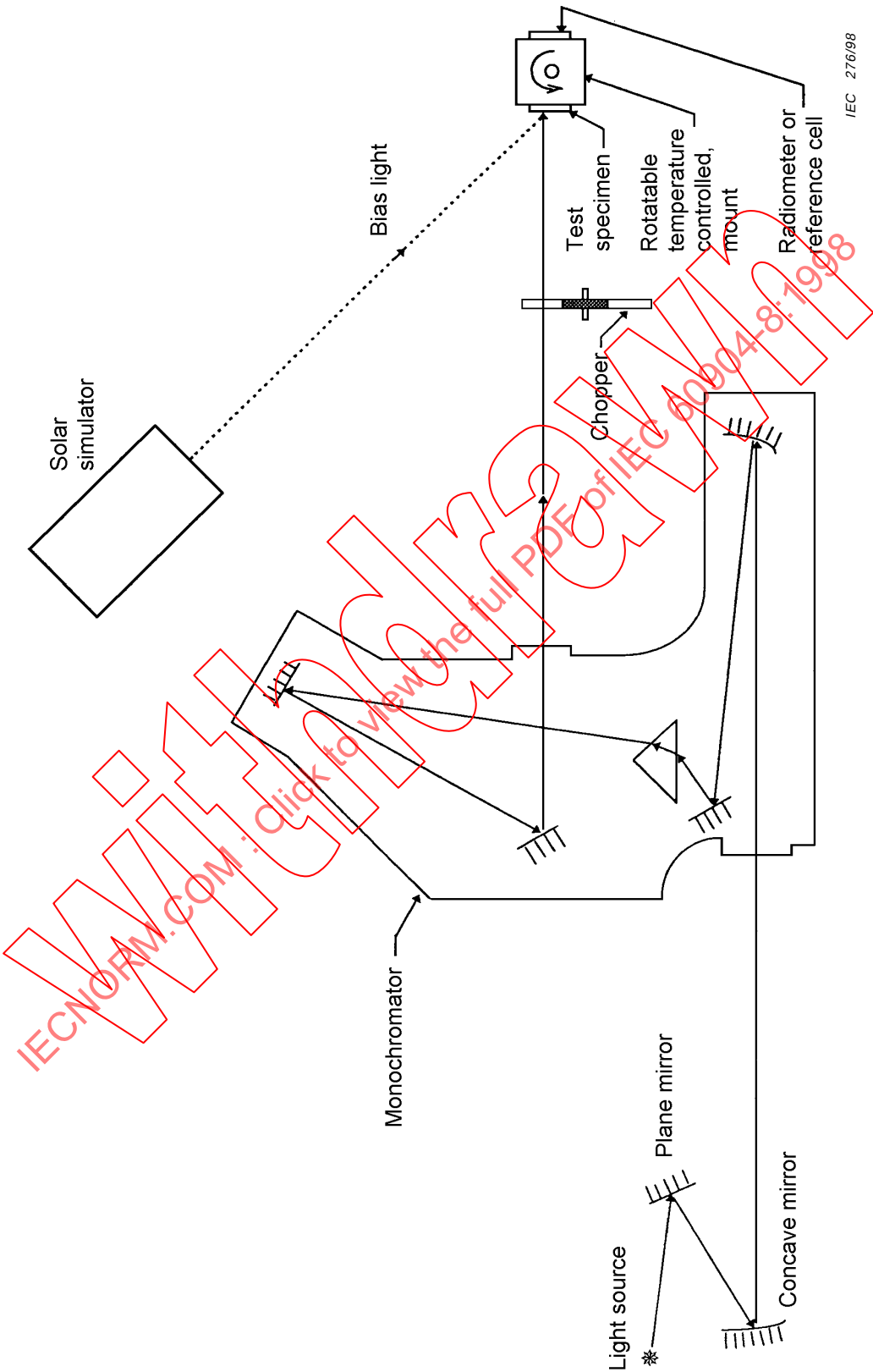


Figure 1 – Mesure de la réponse spectrale avec un monochromateur



IEC 276/98

Figure 1 – Spectral response measurement using a monochromator

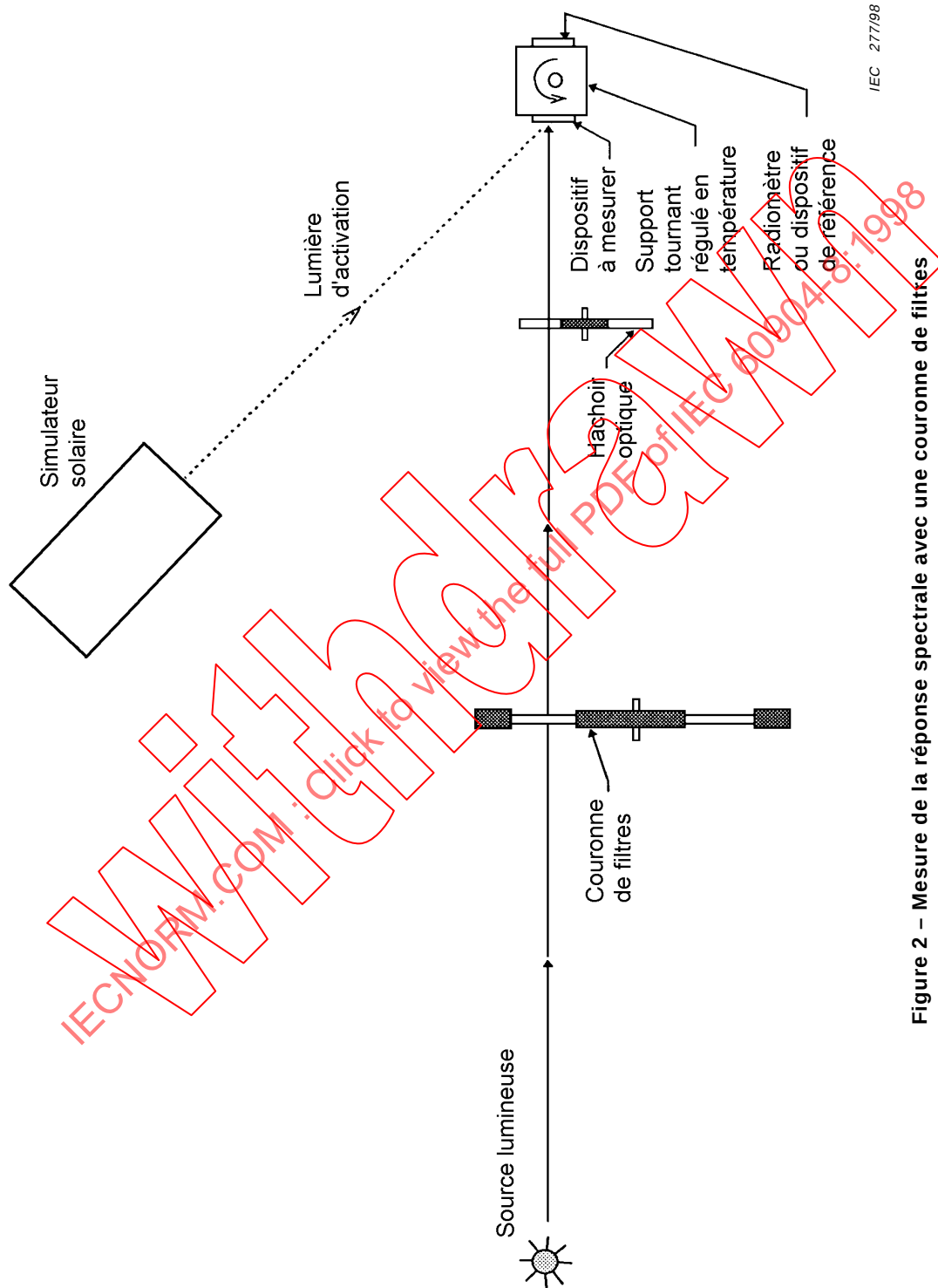


Figure 2 – Mesure de la réponse spectrale avec une couronne de filtres