

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Method for measuring photovoltaic (PV) glass –
Part 1: Measurement of total haze and spectral distribution of haze**

**Méthode de mesure du verre photovoltaïque (PV) –
Partie 1: Mesurage de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Method for measuring photovoltaic (PV) glass –
Part 1: Measurement of total haze and spectral distribution of haze**

**Méthode de mesure du verre photovoltaïque (PV) –
Partie 1: Mesurage de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.160

ISBN 978-2-8322-4720-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Apparatus.....	7
4.1 General.....	7
4.2 Performance of test instrument	8
5 Test specimens	9
6 Conditioning	9
7 Procedure.....	9
7.1 General.....	9
7.2 Measurements of spectral distribution of haze	9
8 Calculation of results	12
8.1 Spectral distribution of haze.....	12
8.2 Total haze.....	12
9 Test report.....	12
Bibliography.....	14
Figure 1 – Schematic of the integrating sphere.....	8
Figure 2 – Schematic of sample position for haze measurement	11
Table 1 – Reading procedure	10

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHOD FOR MEASURING PHOTOVOLTAIC (PV) GLASS –

Part 1: Measurement of total haze and spectral distribution of haze

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62805-1 has been prepared by IEC technical committee 82: Solar photovoltaic energy systems.

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

FDIS	Report on voting
82/1297/FDIS	82/1321/RVD

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 62805, published under the general title *Method for measuring photovoltaic (PV) glass*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

INTRODUCTION

This document differentiates from the other standards related to haze measurement as follows:

- the scope of this document is restricted to total haze and spectral distribution of haze measurement for PV glass,
- the wavelength range of measurement is different from the visible wavelength range of the other haze test method. In this standard, the wavelength range is typically from 280 nm to 1 250 nm which is related to the spectral response of common solar cells,
- the spectral haze at each wavelength λ is specified in this standard, while the haze integrated over the visible wavelength range 380 nm to 830 nm is always obtained in the other haze test standards.

This part of IEC 62805 establishes IEC requirements for measuring haze and for calculating the total haze of the glass used in photovoltaic modules, especially for the transparent conductive oxide coated (TCO) glass used as substrates for thin-film solar cells.

Thin-film photovoltaic (PV) technology has experienced rapid growth and achieved significant technological advances in recent years due to its advantage over other technologies, including low consumption of raw materials, better performance under high temperatures, reduced sensitivity to overheating, and easier building integration. For the different kinds of thin-film technology used today, such as amorphous silicon (a-Si), amorphous silicon/microcrystalline silicon (a-Si/ μ -Si) tandem, cadmium telluride (CdTe), and perovskite thin-film solar cells, TCO glass is used as the substrate. For silicon-based thin-film solar cells, textured TCO substrates are used to introduce surface texture and light scattering within the solar cell structures in order to enhance the light absorption. Such TCO glass with specific surface morphology and light scattering level can enhance the light absorption in specific wavelength ranges. Therefore, the haze values including total haze and spectral distribution of haze are important properties of TCO glass and thus to the solar cell efficiency.

At present, there are no published international standard for measuring the spectral distribution of haze. The haze detection method found in other active international standards only characterizes the visible range of light-scattering ability of transparent material, which is not adequate for measuring the haze of PV glass. In this standard, the wavelength range, equipment requirement and calculation method have been adjusted based on the characteristics of PV glass.

The aim of this standard is:

- to provide specific test methods for measuring haze for PV glass, especially for TCO glass;
- to develop the measurement procedure for spectral distribution of haze in the solar response wavelength range, typically from 280 nm to 1 250 nm;
- to provide the calculation method for total haze in the solar response wavelength range, typically from 280 nm to 1 250 nm.

METHOD FOR MEASURING PHOTOVOLTAIC (PV) GLASS –

Part 1: Measurement of total haze and spectral distribution of haze

1 Scope

This part of IEC 62805 specifies a method for measurement and calculation of the total haze and the spectral distribution of haze of glass used in photovoltaic (PV) modules.

This document is applicable to glass used in PV modules, including transparent conductive oxide coated (TCO) glass and other kinds of glass used in PV modules.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60904-3:2016, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC TS 61836 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

PV glass

glass used in PV modules, including cover or front glass, back glass and substrate glass

3.2

transparent conductive oxide coated (TCO) glass

flat glass coated with a transparent conductive oxide film that is used as a conductive layer

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3

total haze

ratio of the scattered photon flux to the total photon flux transmitted through the PV glass in the wavelength range 280 nm to 1 250 nm, when the direction of the scattered light deviates more than 2,5° from the direction of the incident beam

Note 1 to entry: In this document, the wavelength range of 280 nm to 1250 nm is chosen as the representative response spectrum of the common solar cells. If the PV glass is used in a PV module in which the response spectrum of the solar cell is beyond the range 280 nm to 1250 nm, a different wavelength range can be used for the measurement.

3.4

spectral distribution of haze

a plot or table of haze versus wavelength

Note 1 to entry: The haze of PV glass is measured at a specific set of wavelengths (λ), for this standard in the wavelength range 280 nm to 1 250 nm.

3.5

single beam spectrometer

type of spectrometer, where all the light coming from a radiation source passes through the sample under test so that to measure the intensity of the incident light the sample must be removed and all the light can be measured directly

3.6

double beam spectrometer

more advanced type of spectrometer, where the light source is split into two separate beams before it reaches the sample under test, so that one beam passes through the sample and the second one is used for reference

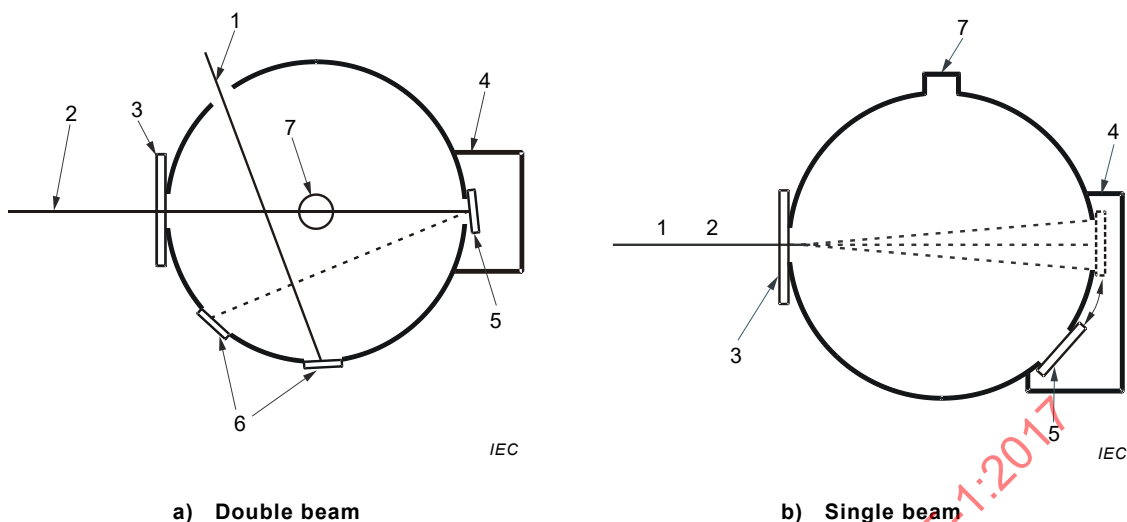
Note 1 to entry: This has the advantage that the reference reading and sample reading are take place at the same time.

4 Apparatus

4.1 General

Both double-beam instruments and single-beam instruments may be used for the haze measurements. The apparatus shall consist of the following elements:

- a stabilized light source. The wavelength range of the light source shall include 280 nm to 1 250 nm. For the single-beam instrument, the voltage of the light source shall be stabilized within ± 1 %;
- for the double-beam instrument, an optical system that forms two parallel beams of monochromatic radiation of the same wavelength λ and approximately equal radiant flux from the output of the monochromator;
- an integrating sphere fitted with ports and a photodetector. A diameter of the integrating sphere of not less than 150 mm is recommended. (If an integrating sphere with diameter less than 150 mm is used, the total area of the sphere ports shall not exceed 4 % of the internal surface area of the integrating sphere. Unused ports which are closed and covered with the same coating as the rest of the inner walls of the sphere do not have to be taken into account);
- the schematic arrangements of the double-beam integrating sphere and the single-beam integrating sphere used for measurement are shown in Figure 1a) and Figure 1b) respectively. The photodetector is mounted in the photodetector port in a manner that allows it to view with equal efficiency all parts of the sphere. Ingress of stray external light into the integrating sphere shall be prevented.



Key

- 1 reference beam
- 2 sample beam
- 3 sample
- 4 light trap
- 5 standard white plate
- 6 reference port
- 7 detector (at the bottom or on the top of the integrating sphere)

It is recommended that a standard calibrated with a double-beam instrument is used for a single-beam instrument to obtain the greatest accuracy in transmittance measurement.

NOTE 1 The standard white plate usually has the same reflectance property as the inner face of the integrating sphere.

Figure 1 – Schematic of the integrating sphere

Figure 1 and the text describe the configuration with the wavelength determining element (e.g. a monochromator) in front of the integrating sphere and a non-selective detector at the output of the integrating sphere. In practice, configurations using white light at the input of the integrating sphere and a wavelength selecting element with detector at the output of the integrating sphere may be used as well. The procedures described in this standard apply to both configurations.

4.2 Performance of test instrument

The wavelength range of the instrument shall include 280 nm to 1 250 nm.

The spectral bandwidth shall be adjusted to less than the required measuring wavelength interval.

The wavelength accuracy of the instrument shall be within $\pm 0,5$ nm from 280 nm to 900 nm, and ± 1 nm from 900 nm to 1 250 nm.

In the wavelength range of 280 nm to 1 250 nm, the accuracy of transmittance measurement shall be within $\pm 0,3$ %, and the repeatability of transmittance measurement shall be within $\pm 0,1$ %.

Geometric condition for illumination and detection: The angle between normal of the sample and optical axis of the illuminating beam for the measurement should be $\leq 10^\circ$. The angle that any ray of the illuminating beam may make with the beam axis should be $\leq 3^\circ$.

NOTE The accuracy only refers to the instrument itself, and it does not include the uncertainty of the standard white reference plate used.

5 Test specimens

Test specimens shall meet the following requirements:

- Specimens shall be cut from the PV glass sample.
- Specimens shall be free of dust, grease or other contamination.
- Specimens shall be "wall mounted" against the sphere port rather than being center mounted or mounted at a distance from the sphere.
- Specimens shall be large enough to completely cover the entrance port of the integrating sphere.
- Three separate specimens shall be taken from each sample representing different areas of the PV glass.

NOTE While it is possible to cut tempered PV glass, it is very difficult and requires specialized equipment. Therefore, the test specimen is cut from non-tempered PV glass samples.

6 Conditioning

The test shall be done in an environment maintained at $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(40 \pm 15) \%$ relative humidity.

The test specimen shall be maintained in the same environment for not less than 4 h prior to measurement unless otherwise agreed between customer or supplier.

7 Procedure

7.1 General

The wavelength range of the measurement shall be at least over the range from 280 nm to 1 250 nm with preferred wavelength intervals of 1 nm, but a coarser interval up to 5 nm is allowed if the resultant haze versus wavelength curve is smooth over the range of interest.

Adequate time shall be allowed for the lamp of instrument to reach equilibration (typical 15 min to 30 min of warm-up time).

The scanning wavelength range from 280 nm to 1 250 nm shall be set up first for the instrument before any measurements are performed.

7.2 Measurements of spectral distribution of haze

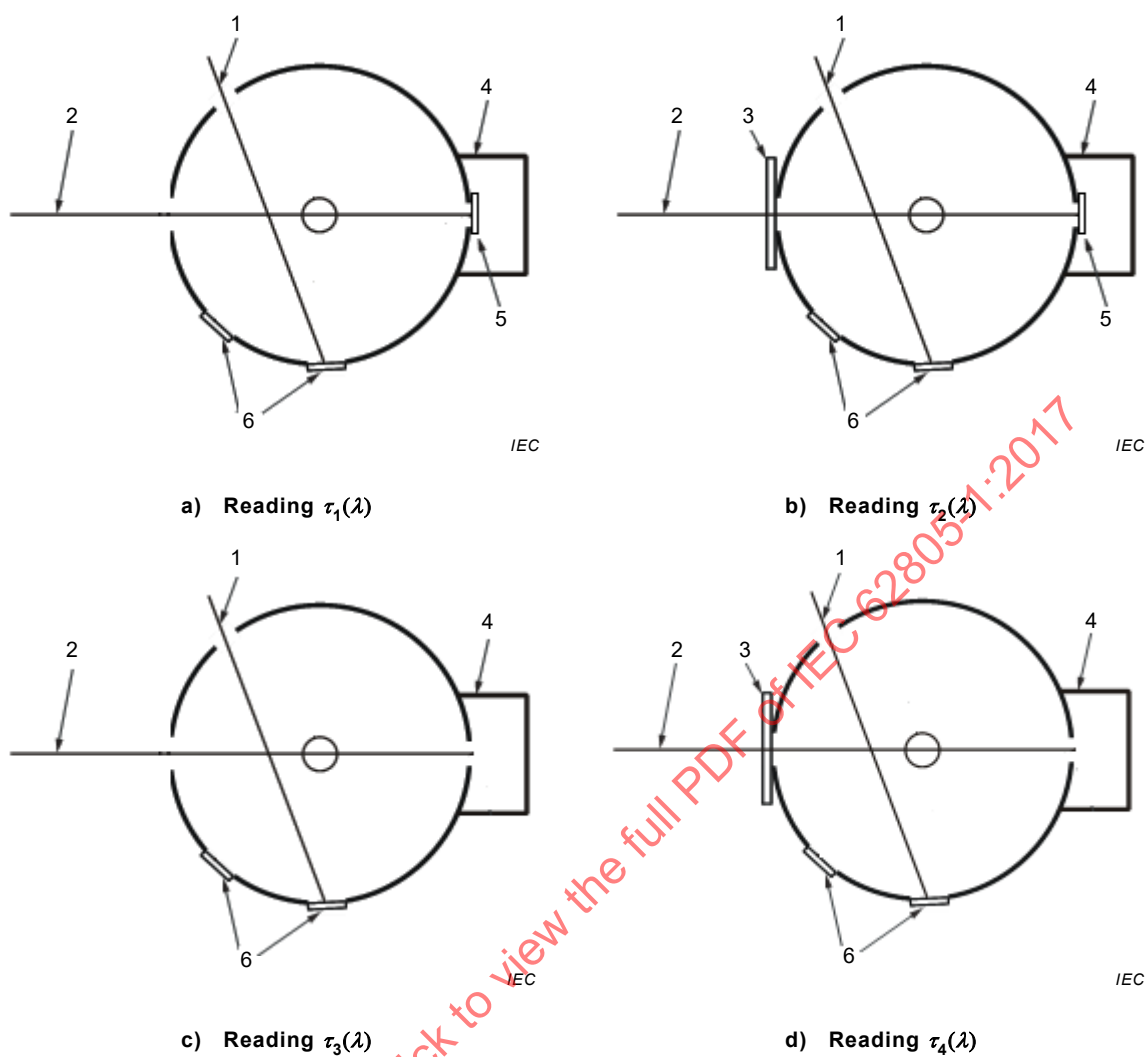
A spectrophotometer with the integrating sphere as shown in Figure 1 shall be used.

Make the four readings of spectral values of $\tau_1(\lambda)$, $\tau_2(\lambda)$, $\tau_3(\lambda)$ and $\tau_4(\lambda)$ respectively according to the procedure in Table 1. Figure 2 shows the positions of the specimen, the light trap and the standard white plate in a double-beam instrument for measurement of each of the spectral values. The positions of the specimen, the light trap and the standard white plate for single-beam instrument are the same as that in double-beam instrument except for the structural difference of these two kinds of spheres. The specimen shall be mounted against the transmittance port of the integrating sphere. The outside (air) facing surface of PV glass shall face the incident beam during the course of the measurement. For TCO glass sample, the uncoated side shall face the incident beam. In the case of float glass, the tin rich side shall face the incident beam.

Table 1 – Reading procedure

Spectral values	Specimen in position	Light trap in position	Standard white plate in position	Measured value	Figures referenced
$\tau_1(\lambda)$	no	yes	yes	Incident flux of light	Figure 2a)
$\tau_2(\lambda)$	yes	yes	yes	Total flux of light transmitted by specimen	Figure 2b)
$\tau_3(\lambda)$	no	yes	no	Scattered flux of light by apparatus	Figure 2c)
$\tau_4(\lambda)$	yes	yes	no	Scattered flux of light by apparatus and specimen	Figure 2d)

The light trap shall be in its position during the measurement of $\tau_1(\lambda)$ and $\tau_2(\lambda)$ to avoid measurement errors caused by the ingress of external light into the sphere.

**Key**

- 1 reference beam
- 2 sample beam
- 3 sample at transmittance port
- 4 light trap
- 5 standard white plate
- 6 reference port

Figure 2 – Schematic of sample position for haze measurement

8 Calculation of results

8.1 Spectral distribution of haze

The haze at each wavelength shall be calculated using Formula (1):

$$H(\lambda) = \left(\frac{\tau_4(\lambda)}{\tau_2(\lambda)} - \frac{\tau_3(\lambda)}{\tau_1(\lambda)} \right) \times 100 \quad (1)$$

Where

$H(\lambda)$ is the spectral haze at wavelength λ (%);

$\tau_1(\lambda)$ is the spectral incident photon flux at wavelength λ (%);

$\tau_2(\lambda)$ is the spectral transmitted photon flux by specimen at wavelength λ (%);

$\tau_3(\lambda)$ is the spectral scattered photon flux of apparatus at wavelength λ (%);

$\tau_4(\lambda)$ is the spectral scattered photon flux of apparatus and specimen at wavelength λ (%).

NOTE The derivation of Formula (1) for haze can be found in Appendixes X.1 in ASTM D1003-13:2013.

The measurement from the three replicate specimens shall be averaged at each wavelength increment. The range (difference of the maximum and minimum value) shall also be determined at each wavelength increment.

8.2 Total haze

The total haze shall be calculated using Formula (2), in which $H(\lambda)$ shall be calculated using Formula (1), while the $E_{p\lambda} \Delta\lambda$ will be calculated from the values given in Table 1, column 3, of IEC 60904-3:2016, multiplied by the wavelength interval for the measurement according to the trapezoidal rule.

$$H = \frac{\int_{\lambda=280\text{nm}}^{1250\text{nm}} H(\lambda) E_{p\lambda} d(\lambda)}{\int_{\lambda=280\text{nm}}^{1250\text{nm}} E_{p\lambda} d(\lambda)} \approx \frac{\sum_{\lambda=280\text{nm}}^{1250\text{nm}} H(\lambda) E_{p\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=280\text{nm}}^{1250\text{nm}} E_{p\lambda} \Delta\lambda} \quad (2)$$

Where

H is the total haze (%);

$H(\lambda)$ is the spectral haze at wavelength λ (%);

$E_{p\lambda}$ is reference spectral photon irradiance at wavelength λ as given in IEC 60904-3:2016;

$\Delta\lambda$ is the wavelength interval used to take the measurements (not more than 5 nm);

λ is the wavelength.

In case the actual configuration deviates from the configuration displayed in Figure 1, it might be necessary to adapt Equation (2) given in Clause 8.

9 Test report

A report of the tests shall be prepared by the test agency. The report shall contain the detail specification for the specimens. The test report shall state the following information:

- a) name and address of the test laboratory and location where the tests were carried out;

- b) name and address of client, where appropriate;
- c) description and identification of the item tested, including specimen designation, specimen type, specimen thickness, specimen size and testing side of specimen;
- d) description of test method used; including the standard number and standard title, make and model of the test instrument, the size of the integrating sphere and the wavelength range measured;
- e) measurements and derived results supported by tables, graphs, plots and specific data including the complete set of averaged spectral haze vs. wavelength values and the corresponding wavelength range of the averaged values; the corresponding plots of spectral distribution of haze with the wavelength λ as the x-axis and the averaged $H(\lambda)$ as the y-axis; the total haze and the corresponding wavelength range and the wavelength interval for integration; the estimated expanded uncertainty of the instrument with a given confidence interval ($k = 2$);
- f) date of receipt of test item and date(s) of test, where appropriate;
- g) a signature and title, or equivalent identification of the person(s) accepting responsibility for the content of the report, and the date of issue.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

Bibliography

ASTM D1003-13:2013, *Standard test method for haze and luminous transmittance of transparent plastics*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
INTRODUCTION.....	19
1 Domaine d'application	20
2 Références normatives	20
3 Termes et définitions	20
4 Appareillage	21
4.1 Généralités	21
4.2 Qualités de fonctionnement de l'instrument d'essai	22
5 Eprouvettes d'essai	23
6 Conditionnement	23
7 Procédure.....	23
7.1 Généralités	23
7.2 Mesurages de la répartition spectrale de la brume	23
8 Calcul des résultats	25
8.1 Répartition spectrale de la brume	25
8.2 Brume totale	26
9 Rapport d'essai	26
Bibliographie.....	28
Figure 1 – Représentation schématique de la sphère intégrante	22
Figure 2 – Représentation schématique de position d'échantillon pour le mesurage de la brume	25
Tableau 1 – Procédure de lecture	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODE DE MESURE DU VERRE PHOTOVOLTAÏQUE (PV) –

Partie 1: Mesurage de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62805-1 a été établie par le comité d'études 82 de l'IEC: Systèmes de conversion photovoltaïque de l'énergie solaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
82/1297/FDIS	82/1321/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62805, publiées sous le titre général *Méthode de mesure du verre photovoltaïque (PV)*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62805-1:2017

INTRODUCTION

Le présent document se distingue des autres normes relatives au mesurage de la brume par les éléments suivants:

- le domaine d'application du présent document est limité au mesurage de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume pour le verre PV,
- la plage de longueurs d'onde de mesure est différente de la plage visible de longueurs d'onde des autres méthodes d'essai de la brume. Dans la présente norme, la plage de longueurs d'onde est généralement comprise entre 280 nm et 1 250 nm en fonction de la réponse spectrale des cellules solaires ordinaires,
- la présente norme spécifie la brume spectrale à chaque longueur d'onde λ , tandis que la brume intégrée dans la plage visible de longueurs d'onde comprise entre 380 nm et 830 nm est toujours obtenue dans les autres normes traitant des essais de la brume.

La présente partie de l'IEC 62805 établit les exigences IEC relatives au mesurage de la brume et au calcul de la brume totale du verre utilisé dans les modules photovoltaïques, en particulier le verre revêtu d'oxyde conducteur transparent (TCO) utilisé comme substrat de cellules solaires de type couche mince.

La technologie dans le domaine photovoltaïque (PV) à couche mince s'est développée rapidement et a réalisé de notables progrès techniques au cours de ces dernières années en raison des avantages qu'elle présente par rapport aux autres technologies, notamment en termes de faible consommation de matières premières, de meilleures performances dans des conditions de température élevée, de réduction de la sensibilité à la surchauffe et de facilité d'intégration dans les bâtiments. Le verre revêtu d'oxyde conducteur transparent (TCO) est utilisé comme substrat pour les différentes sortes de technologies à couche mince utilisées actuellement, telles que le silicium amorphe (a-Si), le tandem silicium amorphe/silicium microcristallin (a-Si/ μ -Si), le tellure de cadmium (CdTe) et les cellules solaires pérovskites de type couche mince. Pour les cellules solaires de type couche mince à base de silicium, les substrats texturés en oxyde conducteur transparent permettent de réaliser une surface texturée et d'améliorer la diffusion de la lumière dans les structures des cellules solaires afin d'augmenter l'absorption de la lumière. Ce verre revêtu d'oxyde conducteur transparent qui présente une morphologie de surface particulière et un niveau de diffusion de la lumière spécifique peut augmenter l'absorption de la lumière dans des plages spécifiques de longueurs d'onde. Par conséquent, les valeurs de la brume, y compris la brume totale et la répartition spectrale de la brume, constituent des propriétés importantes du verre revêtu d'oxyde conducteur transparent et, par conséquent, du rendement des cellules solaires.

A ce jour, il n'existe aucune norme internationale publiée concernant le mesurage de la répartition spectrale de la brume. La méthode de détection de la brume traitée dans d'autres normes internationales en vigueur se limite à la caractérisation de la plage visible de la capacité de diffusion de la lumière des matériaux transparents, ce qui n'est pas approprié au mesurage de la brume du verre PV. Dans la présente norme, la plage de longueurs d'onde, les exigences relatives à l'équipement et la méthode de calcul ont été adaptées en fonction des caractéristiques du verre PV.

La présente norme a pour objet:

- de fournir des méthodes d'essai spécifiques au mesurage de la brume du verre PV, en particulier le verre revêtu d'oxyde conducteur transparent;
- de développer une procédure de mesure de la répartition spectrale de la brume dans la plage de longueurs d'onde de la réponse solaire, généralement comprise entre 280 nm et 1 250 nm;
- de fournir une méthode de calcul de la brume totale dans la plage de longueurs d'onde de la réponse solaire, généralement comprise entre 280 nm et 1 250 nm.

MÉTHODE DE MESURE DU VERRE PHOTOVOLTAÏQUE (PV) –

Partie 1: Mesurage de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62805 spécifie une méthode de mesure et de calcul de la brume totale et de la répartition spectrale de la brume du verre utilisé dans les modules photovoltaïques (PV).

Le présent document est applicable au verre utilisé dans les modules PV, y compris le verre revêtu d'oxyde conducteur transparent (TCO) et les autres types de verres utilisés dans les modules PV.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60904-3:2016, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

IEC TS 61836, *Solar photovoltaic energy systems – Terms, definitions and symbols* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC TS 61836, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

verre PV

verre utilisé dans les modules PV, y compris le verre protecteur ou le verre frontal, le verre arrière et le verre substrat

3.2

verre revêtu d'oxyde conducteur transparent (TCO)

verre plat revêtu d'un film d'oxyde conducteur transparent utilisé comme couche conductrice

Note 1 à l'article: L'abréviation «TCO» est dérivée du terme anglais développé correspondant «transparent conductive oxide».

3.3

brume totale

rapport du flux de photons diffusé au flux de photons total transmis par le biais du verre PV dans une plage de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 1 250 nm, lorsque la direction de la lumière diffusée s'écarte de la direction du faisceau incident de plus de 2,5°

Note 1 à l'article: Dans le présent document, la plage de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 1 250 nm est choisie comme spectre représentatif de réponse des cellules solaires ordinaires. Si le verre PV est utilisé dans un module PV dont le spectre de réponse de la cellule solaire dépasse la plage comprise entre 280 nm et 1 250 nm, une plage de longueurs d'onde différente peut être utilisée pour le mesurage.

3.4

répartition spectrale de la brume

diagramme ou tableau de la brume en fonction de la longueur d'onde

Note 1 à l'article: La brume du verre PV est mesurée à un ensemble spécifique de longueurs d'onde (λ) qui, dans la présente norme, se situent dans la plage de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 1 250 nm.

3.5

spectromètre à faisceau unique

type de spectromètre dans lequel toute la lumière provenant d'une source de rayonnement passe au travers de l'échantillon en essai de sorte que, pour mesurer l'intensité de la lumière incidente, l'échantillon doit être retiré pour permettre de mesurer toute la lumière directement

3.6

spectromètre à double faisceau

type plus avancé de spectromètre dans lequel la source de lumière est divisée en deux faisceaux distincts avant d'atteindre l'échantillon en essai, de sorte qu'un faisceau traverse l'échantillon et l'autre sert de référence

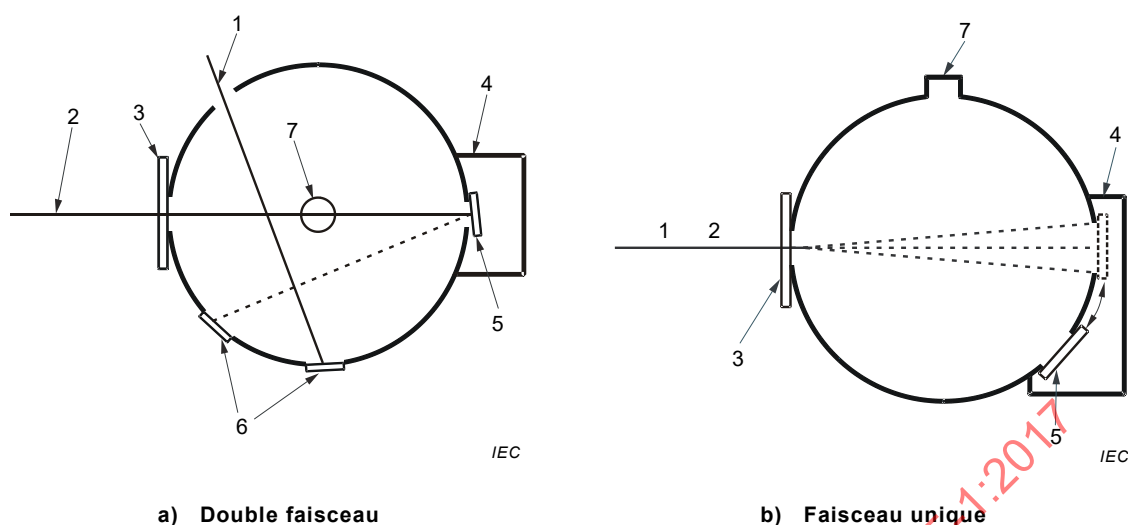
Note 1 à l'article: Ce type de spectromètre permet de réaliser simultanément les lectures de référence et de l'échantillon.

4 Appareillage

4.1 Généralités

Les instruments à double faisceau et les instruments à faisceau unique peuvent être utilisés pour le mesurage de la brume. L'appareillage doit comprendre les éléments suivants:

- une source de lumière stabilisée. La plage de longueurs d'onde de la source de lumière doit être comprise entre 280 nm et 1 250 nm. Pour les instruments à faisceau unique, la tension de la source de lumière doit être stabilisée à ± 1 %;
- pour les instruments à double faisceau, un système optique formant deux faisceaux parallèles de rayonnement monochromatique ayant la même longueur d'onde λ et ayant un flux énergétique approximativement égal à la sortie du monochromateur;
- une sphère intégrante équipée d'accès et d'un photodétecteur. Il est recommandé d'utiliser une sphère intégrante de diamètre supérieur ou égal à 150 mm. (Si une sphère intégrante d'un diamètre inférieur à 150 mm est utilisée, la surface totale des accès de la sphère ne doit pas dépasser 4 % de la surface interne de la sphère intégrante. Les accès non utilisés qui sont proches les uns des autres et qui portent le même revêtement que le reste des parois internes de la sphère ne doivent pas être pris en compte);
- les dispositions schématiques de la sphère intégrante à double faisceau et de la sphère intégrante à faisceau unique utilisées pour le mesurage sont respectivement représentées à la Figure 1a) et à la Figure 1b). Le photodétecteur est monté dans l'accès au photodétecteur de sorte qu'il puisse visualiser toutes les parties de la sphère avec le même rendement. La pénétration de lumière parasite externe dans la sphère intégrante doit être évitée.



Légende

- 1 faisceau de référence
- 2 faisceau échantillon
- 3 échantillon
- 4 piège à lumière
- 5 plaque blanche normalisée
- 6 accès de référence
- 7 récepteur (au bas de la sphère intégrante ou au-dessus de celle-ci)

Pour un instrument à faisceau unique, il est recommandé d'utiliser un étalon de référence étalonné avec un instrument à double faisceau afin d'obtenir une plus grande exactitude lors du mesurage du facteur de transmission.

NOTE 1 La plaque blanche normalisée possède généralement les mêmes propriétés de réflexion que la face interne de la sphère intégrante.

Figure 1 – Représentation schématique de la sphère intégrante

La Figure 1 et sa légende décrivent la configuration comprenant l'élément qui détermine la longueur d'onde (par exemple, un monochromateur) placé en face de la sphère intégrante et un récepteur non sélectif à la sortie de la sphère intégrante. Dans la pratique, les configurations utilisant la lumière blanche à l'entrée de la sphère intégrante et un élément déterminant la longueur d'onde avec un récepteur à la sortie de la sphère intégrante peuvent également être utilisées. Les procédures décrites dans la présente norme s'appliquent aux deux configurations.

4.2 Qualités de fonctionnement de l'instrument d'essai

La plage de longueurs d'onde de l'instrument doit être comprise entre 280 nm et 1 250 nm.

La largeur de bande spectrale doit être ajustée de sorte à être inférieure à l'intervalle exigé de longueur d'onde de mesure.

L'exactitude de longueur d'onde de l'instrument doit être de $\pm 0,5$ nm de 280 nm à 900 nm, et de ± 1 nm de 900 nm à 1 250 nm.

Dans la plage de longueurs d'onde comprise entre 280 nm et 1 250 nm, l'exactitude de mesure du facteur de transmission doit être de $\pm 0,3$ %, et la répétabilité de mesure du facteur de transmission doit être de $\pm 0,1$ %.

Conditions géométriques pour l'éclairage et la détection: Il convient que l'angle entre la normale de l'échantillon et l'axe optique du faisceau lumineux pour le mesurage soit $\leq 10^\circ$. Il

convient que l'angle possible entre tout rayon du faisceau lumineux et l'axe du faisceau soit $\leq 3^\circ$.

NOTE L'exactitude fait uniquement référence à l'instrument lui-même. Elle ne comprend pas l'incertitude de la plaque blanche normalisée de référence utilisée.

5 Epruvettes d'essai

Les épruvettes d'essai doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- Les épruvettes doivent être découpées dans l'échantillon de verre PV.
- Les épruvettes doivent être exemptes de poussière, de graisse ou autres contaminants.
- Les épruvettes doivent être «montées en saillie sur un mur» contre l'accès de la sphère au lieu d'être montées de manière centrale ou montée à une certaine distance de la sphère.
- Les épruvettes doivent être suffisamment grandes pour couvrir l'intégralité de l'accès d'entrée de la sphère intégrante.
- Trois épruvettes séparées doivent être prélevées de chaque échantillon représentant les différentes zones du verre PV.

NOTE Bien qu'il soit possible de découper le verre PV trempé, cela reste très difficile et nécessite des équipements spéciaux. Par conséquent, l'éprouvette d'essai est découpée dans des échantillons de verre PV non trempé.

6 Conditionnement

L'essai doit être effectué dans un environnement maintenu à une température de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ et à une humidité relative de $(40 \pm 15)\%$.

L'éprouvette d'essai doit être maintenue dans le même environnement pendant au minimum 4 h avant le mesurage, sauf accord contraire entre le client et le fournisseur.

7 Procédure

7.1 Généralités

La plage de longueurs d'onde de mesure doit au minimum couvrir les longueurs d'onde comprises entre 280 nm et 1 250 nm avec, de préférence, des intervalles de longueur d'onde de 1 nm, mais un intervalle plus large (jusqu'à 5 nm) est autorisé si la courbe brume en fonction de la longueur d'onde qui en résulte est lisse sur la plage concernée.

Une durée adéquate doit être appliquée pour permettre à la lampe de l'instrument d'atteindre la mise en équilibre (en général une durée de préchauffage comprise entre 15 min et 30 min).

La plage de longueurs d'onde de balayage comprise entre 280 nm et 1 250 nm doit être établie en premier lieu pour l'instrument avant d'effectuer les mesurages.

7.2 Mesurages de la répartition spectrale de la brume

Un spectrophotomètre comprenant la sphère intégrante tel que représenté à la Figure 1 doit être utilisé.

Effectuer les quatre lectures des valeurs spectrales de $\tau_1(\lambda)$, $\tau_2(\lambda)$, $\tau_3(\lambda)$ et $\tau_4(\lambda)$ respectivement, conformément à la procédure du Tableau 1. La Figure 2 représente les positions de l'éprouvette, du piège à lumière et de la plaque blanche normalisée dans un instrument à double faisceau pour le mesurage de chacune des valeurs spectrales. Les positions de l'éprouvette, du piège à lumière et de la plaque blanche normalisée pour