

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-2-9**

Première édition
First edition
1975

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie: Essais

Guide pour l'essai de rayonnement solaire

Basic environmental testing procedures

Part 2: Tests

Guidance for solar radiation testing



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 68-2-9: 1975

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 auprès du Bureau Central 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**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

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.

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 from the IEC Central Office.

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**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

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.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
68-2-9**

Première édition
First edition
1975

**Essais fondamentaux climatiques
et de robustesse mécanique**

Deuxième partie: Essais
Guide pour l'essai de rayonnement solaire

Basic environmental testing procedures

Part 2: Tests
Guidance for solar radiation testing

© CEI 1975 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Historique du guide pour l'essai de rayonnement solaire	6
AVERTISSEMENT	8
Articles	
1. Introduction	8
2. Eclairage énergétique et répartition spectrale de la source d'essai	8
3. Procédure d'essai et durée	10
4. Autres facteurs d'environnement à considérer	10
5. Source de rayonnement	12
6. Instrumentation	16
7. Préparation des moyens d'essais et des spécimens	18
8. Interprétation des résultats	20
9. Risques et sécurité du personnel	22
BIBLIOGRAPHIE	26
FIGURES	28
ANNEXE A – Calcul de l'ajustement d'éclairage énergétique	30
ANNEXE B – Transfert de chaleur à travers le substrat	33

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Historical survey of guidance for solar radiation testing	7
WARNING NOTE	9
Clause	
1. Introduction	9
2. Irradiance and spectral distribution of test source	9
3. Test procedure and duration	11
4. Other environmental factors to be considered	11
5. Radiation source	13
6. Instrumentation	17
7. Preparation of test facilities and specimens	19
8. Interpretation of results	21
9. Hazards and personnel safety	23
BIBLIOGRAPHY	26
FIGURES	28
APPENDIX A – Calculation of adjustment to irradiance	31
APPENDIX B – Heat transfer through substrate	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais – Guide pour l'essai de rayonnement solaire

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 publication a été établie par le Comité d'Etudes n° 50 de la CEI: Essais climatiques et mécaniques.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Leningrad en 1971, à la suite de laquelle un nouveau projet, document 50(Bureau Central)171, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1973.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Espagne	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Hongrie	Tchécoslovaquie
Inde	Turquie
Israël	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests – Guidance for solar radiation testing

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 publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 50, Environmental Testing.

A first draft was discussed at the meeting held in Leningrad in 1971, as a result of which a new draft, document 50(Central Office)171, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1973.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Norway
Belgium	Portugal
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Spain
Germany	Sweden
Hungary	Switzerland
India	Turkey
Israel	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America

HISTORIQUE DU GUIDE POUR L'ESSAI DE RAYONNEMENT SOLAIRE

Première édition (1975)

Aucune édition précédente de la Publication 68 de la CEI ne contient d'essai de rayonnement solaire.

Comme spécifications immédiatement connexes, voir:

Publication 68-1: Généralités.

Publication 68-2-5: Essai Sa: Rayonnement solaire artificiel au niveau du sol.

HISTORICAL SURVEY OF GUIDANCE FOR SOLAR RADIATION TESTING

First edition (1975)

No previous editions of IEC Publication 68 have contained a solar radiation test.

For directly related specifications, see:

Publication 68-1: General.

Publication 68-2-5: Test Sa: Simulated Solar Radiation at Ground Level.

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais – Guide pour l'essai de rayonnement solaire

AVERTISSEMENT

Les éventuels utilisateurs d'essais de radiation solaire sont avertis des risques pour la santé encourus lors des essais de cette nature et devraient lire, en conséquence, l'article 9 de la présente publication et prendre bonne note de son contenu.

1. Introduction

La présente publication décrit des méthodes de simulation destinées à examiner l'effet du rayonnement solaire sur équipements et composants à la surface de la terre. Les principales caractéristiques de l'environnement à simuler sont la distribution spectrale d'énergie du soleil, observée à la surface de la terre, et l'intensité de l'énergie reçue en combinaison avec des conditions de température contrôlées. Cependant, il peut être nécessaire de considérer des combinaisons de rayonnement solaire – y compris rayonnement du ciel – avec d'autres environnements, par exemple température, humidité, vitesse d'air, etc.

2. Eclairage énergétique et répartition spectrale de la source d'essai

L'effet de rayonnement sur le(s) spécimen(s) dépendra du niveau d'éclairage énergétique et de sa répartition spectrale.

2.1 Eclairage énergétique

L'éclairage énergétique par le soleil sur un plan perpendiculaire au rayonnement incident, hors de l'atmosphère terrestre, à la distance moyenne terre/soleil est connu comme étant la constante solaire E_0 [12].*

L'éclairage énergétique à la surface de la terre est influencé par la constante solaire, l'atténuation et la réfraction du rayonnement dans l'atmosphère. En vue d'essai, le Comité d'Etudes n° 2.2 de la CIE a recommandé la valeur de 1,120 kW/m² pour le rayonnement global (total) à la surface de la terre en provenance du soleil et du ciel, le soleil étant au zénith; valeur fondée sur une constante solaire $E_0 = 1,35$ kW/m² [22].

2.2 Répartition spectrale

La répartition spectrale type du rayonnement global, spécifiée pour cet essai en accord avec les recommandations de la CIE, est donnée dans le tableau I de l'essai Sa [22] de la Publication 68-2-5 de la CIE. Quand seuls les effets thermiques présentent un intérêt, des lampes à filament de tungstène peuvent être autorisées. Cependant, il doit être clair que la répartition spectrale des lampes à filament de tungstène diffère nettement de celle du rayonnement solaire naturel (voir la figure 2, page 29) et l'éclairage énergétique doit être ajusté conformément au paragraphe 2.3 ci-dessous.

2.3 Eclairage énergétique à utiliser avec une autre répartition spectrale

Si la source de rayonnement utilisée pour l'essai ne reproduit pas la répartition spectrale type du tableau I de l'essai Sa, par exemple en cas d'utilisation de lampes à filament de tungstène (autorisées si l'essai n'a pour but que d'apprécier les effets thermiques), l'éclairage énergétique doit être ajusté de manière que l'effet d'échauffement soit le même que si le ou les spécimens étaient irradiés par le rayonnement global du soleil et du ciel. Pour cela, le rayonnement absorbé en provenance de la source d'essai doit être le même que pour le rayonnement global du soleil et du ciel, c'est-à-dire:

* Tous les numéros entre crochets [] renvoient à la bibliographie, pages 26 et 27.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests – Guidance for solar radiation testing

WARNING NOTE

Intending users of solar radiation tests are directed to the health hazards associated with tests of this nature and should therefore read Clause 9 of this publication and take particular note of its contents.

1. Introduction

This publication describes methods of simulation designed to examine the effect of solar radiation on equipment and components at the surface of the earth. The main characteristics of the environment to be simulated are the spectral energy distribution of the sun, as observed at the earth's surface, and the intensity of received energy, in combination with controlled temperature conditions. However, it may be necessary to consider combination of solar radiation – including sky radiation – with other environments, e.g. temperature, humidity, air velocity, etc.

2. Irradiance and spectral distribution of test source

The effect of radiation on the specimen(s) will depend on the level of irradiance and its spectral distribution.

2.1 Irradiance

The irradiance by the sun on a plane perpendicular to the incident radiation outside the earth's atmosphere at the mean earth-sun distance is known as the solar constant E_0 [12].*

The irradiance at the surface of the earth is influenced by the solar constant and the attenuation and scattering of radiation in the atmosphere. For test purposes, CIE Technical Committee No. 2.2 has recommended a value of 1.120 kW/m² for the global (total) radiation at the surface of the earth from sun and sky, with the sun at zenith; value based on a solar constant $E_0 = 1.35$ kW/m² [22].

2.2 Spectral distribution

The standard spectral distribution of the global radiation specified for this test, in accordance with the recommendations of the CIE [22], is given in Table I of Test Sa of IEC Publication 68-2-5. Where only the thermal effects of solar radiation are of interest, then the use of tungsten filament lamps may be permitted. However, it must be clearly understood that the spectral distribution of tungsten filament lamps differs markedly from that of natural solar radiation (see Figure 2, page 29) and the irradiance shall be adjusted in accordance with Sub-clause 2.3 below.

2.3 Irradiance to be used with other spectral distribution

If the source of radiation used for the test does not meet the standard spectral distribution given in Table I of Test Sa, e.g. where tungsten filament lamps are used (permissible if the test is solely to assess thermal effects), the irradiance shall be adjusted so that the heating effect is the same as if the test specimen (s) were irradiated by the global radiation of sun and sky. Therefore, the absorbed radiation from the test source shall be the same as for the global radiation of sun and sky, i.e.:

* All the numbers in square brackets [] refer to the Bibliography, pages 26 and 27.

$$E_{\text{ex}} = 1,120 \frac{a_{\text{es}}}{a_{\text{ex}}} \text{ kW/m}^2$$

où:

E_{ex} = éclairage énergétique en provenance de la source d'essai

a_{ex} = facteur d'absorption du spécimen pour le rayonnement de la source d'essai

a_{es} = facteur d'absorption du spécimen pour le rayonnement global du soleil et du ciel

(Voir aussi l'annexe A.)

3. Procédure d'essai et durée

3.1 On doit prendre en considération la durée d'exposition et le fait qu'elle soit continue ou intermittente. Trois procédures au choix sont spécifiées:

Procédure A

Un cycle de 24 h comprenant 8 h d'irradiation et 16 h d'obscurité, répété le nombre de fois demandé. (Cela donne une exposition énergétique de 8,96 kWh/m² par cycle journalier, ce qui représente approximativement les conditions naturelles les plus sévères. La procédure A devrait être prescrite lorsque l'intérêt principal réside dans les effets thermiques.)

Procédure B

Un cycle de 24 h comprenant 20 h d'irradiation et 4 h d'obscurité, répété le nombre de fois demandé. (Cela donne une exposition énergétique de 22,4 kWh/m² par cycle journalier et est applicable lorsque l'intérêt principal réside dans les effets de dégradation.)

Procédure C

Irradiation continue, suivant prescriptions. (Un essai simplifié, applicable lorsque la contrainte thermique cyclique est sans importance et qu'il s'agit d'apprécier seulement les effets photochimiques. Aussi pour l'appréciation des effets thermiques sur des échantillons de faible chaleur spécifique.)

3.2 Le niveau d'éclairage énergétique, prescrit dans l'essai Sa, est de 1,120 kW/m² ± 10 %. Une accélération de l'essai par augmentation de l'irradiation au-dessus de ce niveau n'est pas recommandée. Comme indiqué ci-dessus, l'irradiation journalière totale, se rapprochant des conditions naturelles les plus sévères est simulée par la procédure A avec une durée d'exposition de 8 h par jour dans les conditions de l'irradiation type. Ainsi, une exposition pendant des périodes excédant 8 h conduira à une accélération au-delà des conditions naturelles. De toute façon, une exposition continue de 24 h, procédure C, pourrait masquer un effet de dégradation par contrainte thermique cyclique, et cette procédure n'est, pour cette raison, généralement pas recommandée dans ce cas.

3.3 La durée nécessaire dépendra du but de l'essai. Dans le cas où l'on ne s'intéresse qu'aux effets d'échauffement, trois cycles devraient suffire (sauf pour les grands appareils qui atteindront moins vite la température interne maximale. Une durée d'essai bien plus longue est nécessaire s'il s'agit de mesurer les effets de dégradation.

4. Autres facteurs d'environnement à considérer

4.1 *Température intérieure de l'enceinte*

La température à l'intérieur de l'enceinte pendant les périodes d'exposition énergétique et d'obscurité doit être contrôlée conformément à la procédure spécifiée (A, B ou C). La spécification particulière précisera si la température de + 40 °C ou de + 55 °C doit être atteinte pendant la période d'exposition énergétique, cela dépendant de l'usage prévu de l'équipement ou du composant.

4.2 *Humidité*

Différentes conditions d'humidité peuvent influencer notablement sur la dégradation photochimique des matériaux, peintures, plastiques, etc., mais les exigences sont si variées qu'aucune tentative n'a été faite ici pour fournir un guide sur ce sujet. Les exigences particulières doivent être clairement fixées dans la spécification particulière, par exemple une période de 4 h de chaleur humide (40 ± 2 °C et 93 % H. R. ± 3 %) peut être spécifiée au commencement de l'essai selon la procédure B.