

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

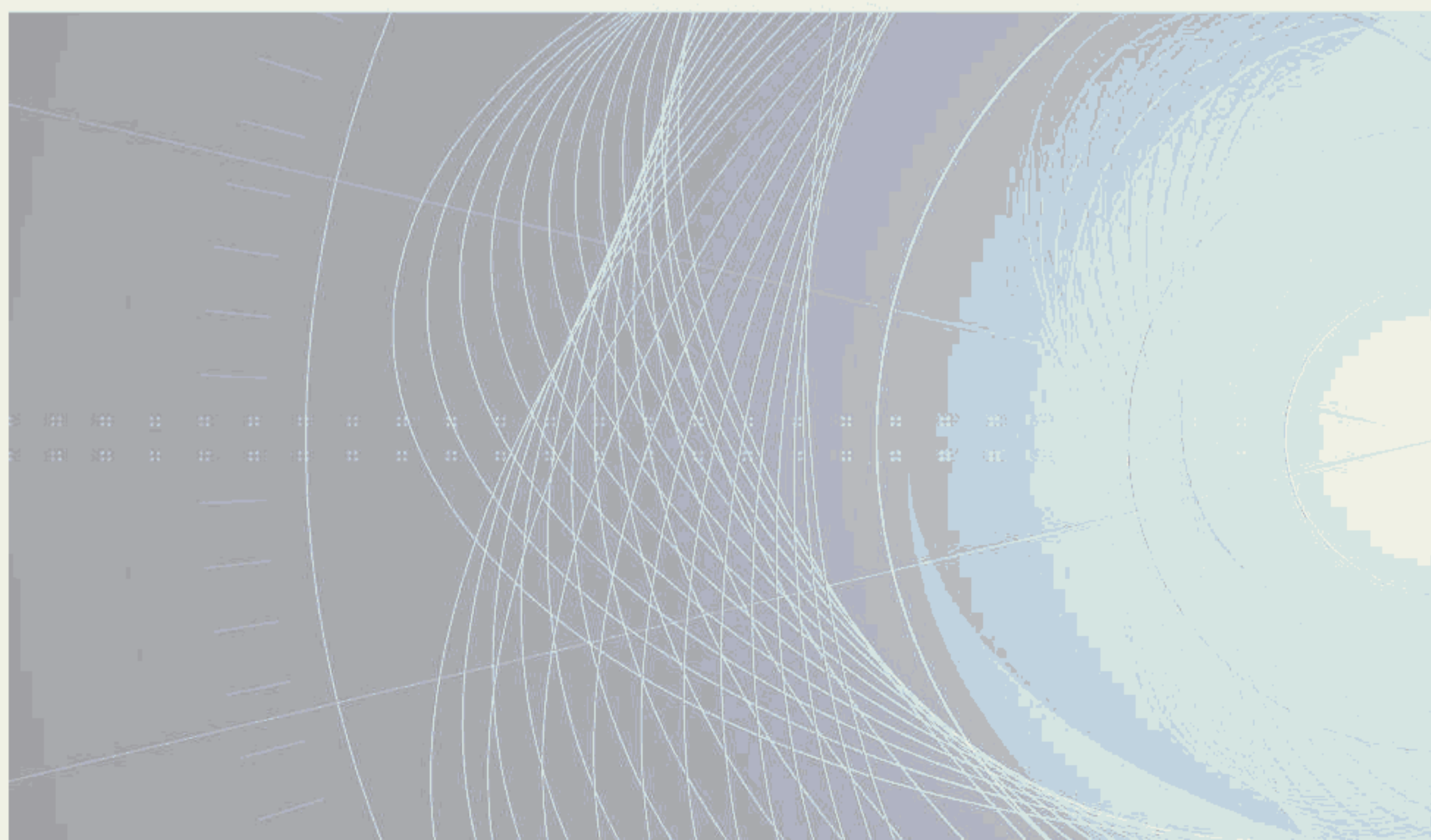


Household electric direct-acting room heaters – Methods for measuring performance –

Part 2: Additional provisions for the measurement of the radiant factor

Appareils électrodomestiques de chauffage des locaux à action directe – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction –

Partie 2: Dispositions supplémentaires pour la mesure du coefficient de rayonnement





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries 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

67 000 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.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques 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

67 000 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.



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Household electric direct-acting room heaters – Methods for measuring performance –

Part 2: Additional provisions for the measurement of the radiant factor

Appareils électrodomestiques de chauffage des locaux à action directe – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction –

Partie 2: Dispositions supplémentaires pour la mesure du coefficient de rayonnement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 97.100.10

ISBN 978-2-8322-9087-3

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
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms, definitions and symbols.....	5
4 Classification	8
5 List of measurements	8
6 General conditions for measurements	8
7 Dimensions, mass and means of connection to the supply	8
8 Temperature rises of air-outlet grilles and external surfaces	8
9 Temperature rises of surfaces surrounding the heater	8
10 Warming-up time of the heater.....	8
11 Stability of room temperature	8
12 Set-back	9
13 Frost protection temperature	9
14 Inrush current	9
15 Effect of radiant heat	9
15.1 Determination of radiant factor	9
15.2 Determination of radiation efficiency	9
16 Measurement of the usable power	9
17 Verification of the maximum room temperature promoted by the manufacturer	9
Annex A (normative) Climatic test room	10
Annex B (informative) Information provided at point-of-sale	11
Annex C (informative) Test report form	12
Annex AA (normative) Determination of radiant factor	13
AA.1 General	13
AA.2 Test methods	13
AA.2.1 General	13
AA.2.2 Radiant factor	13
AA.3 Measurement equipment	15
AA.3.1 Principal radiometer design features	15
AA.3.2 Radiometer technical design	16
AA.3.3 Pyro-electric detector.....	17
AA.4 Radiometer calibration	17
AA.4.1 Calibration process	17
AA.4.2 Worked example	18
Figure 101 – Radiation reference plane	6
Figure 102 – Measuring grid	7
Figure AA.1 – Radiometer design features	16
Figure AA.2 – Determination of the correlation factor for a luminous radiant heater	18
Table AA.1 – Tube heater calibration	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HOUSEHOLD ELECTRIC DIRECT-ACTING ROOM HEATERS –
METHODS FOR MEASURING PERFORMANCE –****Part 2: Additional provisions for the measurement
of the radiant factor**

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 60675-2 has been prepared by subcommittee 59C: Electrical heating appliances for household and similar purposes, of IEC technical committee 59: Performance of household and similar electrical appliances.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
59C/256/FDIS	59C/260/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.

This International Standard is to be used in conjunction with IEC 60675:1994, IEC 60675:1994/AMD1:1998 and IEC 60675:1994/AMD2:2018. This document supplements or modifies the corresponding clauses of IEC 60675:1994. Where the text indicates an "addition" to or a "replacement" of the relevant provision of IEC 60675:1994, these changes are made to the relevant text of IEC 60675:1994. Where no change is necessary, the words "This clause of IEC 60675:1994 is applicable" are used. When a particular subclause of IEC 60675:1994 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable.

Additional specific provisions to those in Part 1, given as individual clauses or subclauses, are numbered starting from 101.

NOTE The following numbering system is used:

- subclauses, tables and figures that are numbered starting from 101 are additional to those in Part 1;
- unless notes are in a new subclause or involve notes in Part 1, they are numbered starting from 101, including those in a replaced clause or subclause;
- additional annexes are lettered AA, BB, etc.

In this document, the following print types are used:

- **terms listed in Clause 3 of this document and of IEC 60675:1994 and IEC 60675-3:2020:**
Arial bold;
- *test specifications: in italic type* .

A list of all parts in the IEC 60675 series, published under the general title *Household electric direct-acting room heaters – Methods for measuring performance* , 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.

<p>IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.</p>

HOUSEHOLD ELECTRIC DIRECT-ACTING ROOM HEATERS – METHODS FOR MEASURING PERFORMANCE –

Part 2: Additional provisions for the measurement of the radiant factor

1 Scope

This clause of IEC 60675:1994 is applicable, with the following modification:

Replace the first paragraph with the following content:

This document applies to electric **direct-acting room heaters** .

This document defines performance characteristics related to the radiant effect and specifies methods for measuring the **radiant factor** for the information of users.

This document is used to measure the **radiant factor** of **direct-acting room heaters** .

2 Normative references

Replace Clause 2 of IEC 60675:1994 with the following content:

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 60675:1994, *Household electric direct-acting room heaters – Methods for measuring performance*
IEC 60675:1994/AMD1:1998
IEC 60675:1994/AMD2:2018

IEC 60675-3:2020, *Household electric direct-acting room heaters – Methods for measuring performance – Part 3: Additional provisions for the measurement of radiation efficiency*

3 Terms, definitions and symbols

Replace Clause 3 of IEC 60675:1994 with the following content:

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60675:1994, IEC 60675:1994/AMD1:1998, and IEC 60675-3:2020 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>

Additional definitions:

3.101

radiant factor

ratio of the measured infrared heat output to the measured total energy input, expressed in %

Note 1 to entry: The **radiant factor** can be measured for **panel heaters**, **convector heaters** and **radiant heaters**

3.102

radiation efficiency

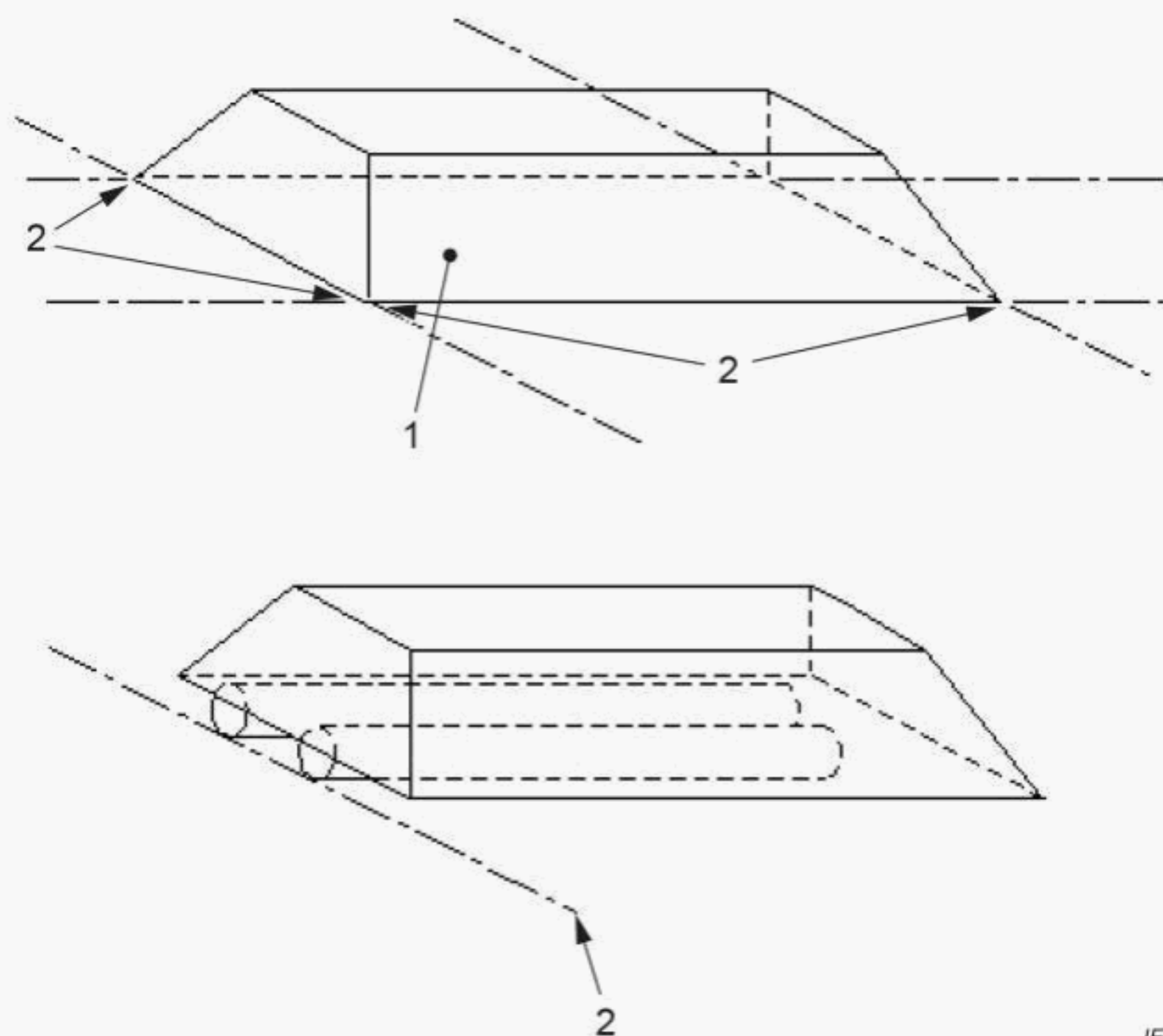
ratio of the heat flow into a (testing) chamber by radiation exchange between an active radiant heating surface and the inner surfaces of the chamber to the nominal electric power of a heater inside this **testing chamber**

Note 1 to entry: The **radiant factor** and the **radiation efficiency** are measured on different physical backgrounds and not comparable.

3.103

radiation reference plane

flat surface bounded by the edge of the reflector or, in the case where radiant parts project below this edge of the reflector, the flat surface touching the outermost radiant part (see Figure 101)



IEC

Key

- 1 Reflector
- 2 Reference plane

Figure 101 – Radiation reference plane

3.104

irradiance

E

radiant power per unit area (W/m^2) incident upon a surface

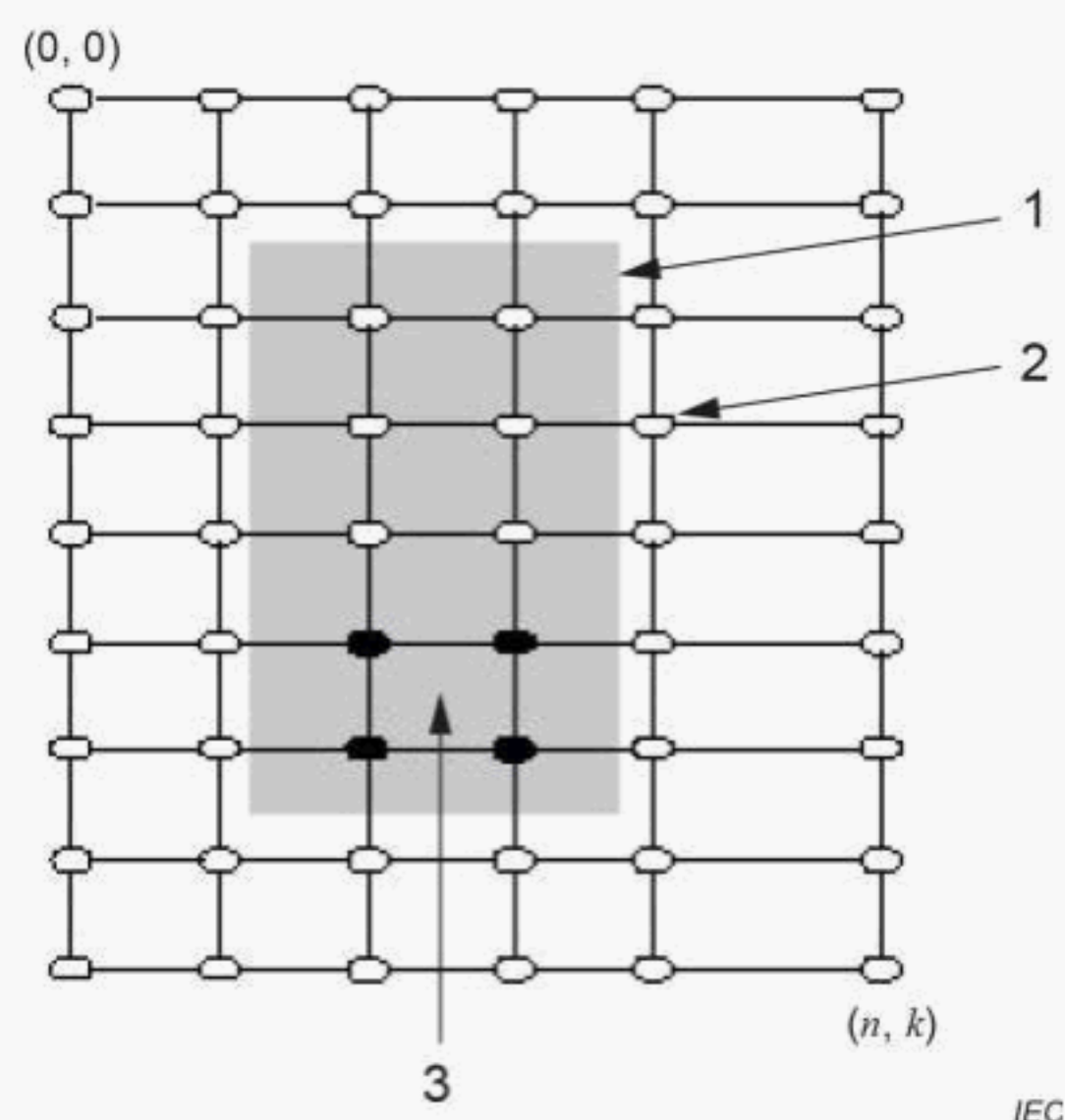
3.105**measuring plane**

plane parallel to the **radiation reference plane** and $100\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ away from it

3.106**measuring grid**

regular arrangement in the **measuring plane** of straight lines running parallel and perpendicular to the longitudinal axis of the appliance with sufficient precision ($\pm 1\text{ mm}$)

Note 1 to entry: The nodal points of the **measuring grid** are located at the points of intersection of these lines (see Figure 102) such that the distance between all adjacent nodes points on these lines is equidistant in each direction. The size of the **measuring plane** is determined individually per heater by the provision that the radiant intensity taken at the borders of the **measuring plane** is smaller than 1 % of the maximum value.

**Key**

- 1 Heater
- 2 Nodal point
- 3 Measuring cell F_{ij}

Figure 102 – Measuring grid

3.107 Symbols

The symbols shown in Table 101 are used in this document.

Table 101 – Symbols

Symbol	Title	Unit
E	Actual irradiance from radiant heater	W/m ²
E_{ij}	Irradiance of the appliance measured at the nodal points of the measurement	W/m ²
$\overline{E_{if}}$	Average irradiance over the measurement grid F_{ij}	W/m ²
$Q_{(R)M}$	Measured radiant output	W
Q_M	Measured electrical input in steady state conditions (rated power)	W
$Rf(h/v)$	Radiant factor h: measured in horizontal position v: measured in vertical position	—
S	Radiometer sensitivity	μV/(W/m ²)
U	Sensor voltage	V

4 Classification

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

5 List of measurements

This clause of IEC 60675:1994 and IEC 60675:1994/AMD1:1998 is applicable.

6 General conditions for measurements

This clause of IEC 60675:1994 and IEC 60675:1994/AMD1:1998 is applicable.

7 Dimensions, mass and means of connection to the supply

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

8 Temperature rises of air-outlet grilles and external surfaces

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

9 Temperature rises of surfaces surrounding the heater

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

10 Warming-up time of the heater

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

11 Stability of room temperature

This clause of IEC 60675:1994 and IEC 60675:1994/AMD1:1998 is applicable.

12 Set-back

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

13 Frost protection temperature

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

14 Inrush current

This clause of IEC 60675:1994 is applicable.

Replace Clause 15 of IEC 60675:1994 with the following content:

15 Effect of radiant heat

15.1 Determination of radiant factor

For **panel heaters**, **convector heaters** and **radiant heaters**, the **radiant factor** shall be determined in accordance with Annex AA of this document.

15.2 Determination of radiation efficiency

For **low temperature radiant heaters**, the **radiation efficiency** may be determined in accordance with Annex AA of IEC 60675-3:2020.

16 Measurement of the usable power

This clause of IEC 60675:1994/AMD1:1998 is applicable.

17 Verification of the maximum room temperature promoted by the manufacturer

This clause of IEC 60675:1994/AMD2:2018 is applicable.

Annex A
(normative)

Climatic test room

This annex of IEC 60675:1994 is applicable.

Annex B
(informative)

Information provided at point-of-sale

This annex of IEC 60675:1994 and the modifications in IEC 60675:1994/AMD1:1998 and IEC 60675:1994/AMD2:2018 apply.

Annex C
(informative)

Test report form

This annex of IEC 60675:1994 and the modifications in IEC 60675:1994/AMD1:1998 and IEC 60675:1994/AMD2:2018 apply.

Annex AA (normative)

Determination of radiant factor

AA.1 General

This annex is applicable to **panel heaters** , **convector heaters** and **radiant heaters** only.

AA.2 Test methods

AA.2.1 General

The test shall be carried out with the appliance mounted in accordance with the manufacturer's instructions set at the nominal output as declared by the manufacturer.

AA.2.2 Radiant factor

AA.2.2.1 Working area (requirements applicable to all methods of test)

The working area shall be of a size to allow installation of the appliance and shall:

- a) have an ambient air temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- b) allow the sensors to be positioned free from draughts (i.e. with a maximum air speed of 0,2 m/sec);

The radiometer temperature shall be checked during measurements and shall be $20,0\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$.

AA.2.2.2 Measurements

AA.2.2.2.1 General

The appliance shall be installed horizontally or vertically, depending on the intended position in accordance with the installation instructions with a minimal distance of 1,2 m to opposite surfaces e.g. floor or wall. The position of the heater during the tests shall be mentioned with the measured **radiant factor** .

If the installation instruction specifies both horizontal and vertical installation, the measurement shall be performed in both positions.

AA.2.2.2.2 Test equipment

AA.2.2.2.2.1 General radiometer requirements

For the measurements, one or more radiometers may be used at the same time, each having a sensitivity to **irradiance** in a minimum wavelength range of at least 0,8 μm to 20 μm .

Each radiometer shall be calibrated in accordance with the requirements of Clause AA.4.

Only radiometers that have thermostatically controlled water-cooling and nitrogen purge for the integrating sphere shall be used.

NOTE An example of a proved and tested radiometer design is given in Clause AA.3.

AA.2.2.2.2 Mechanical test equipment

Test equipment shall provide a stable mobile test arrangement enabling the radiometer to be adjusted accurately in the measuring plane.

Adjustment may be achieved by hand or automatically.

AA.2.2.2.3 Radiometer measurement positions

Before commencing the test, the first and last node points (measurement points) shall be established where the parallel and perpendicular lines intersect. This is achieved by measuring the **irradiance** at the edge of the reflector and the crossover points, or nodes, are where irradiation is smaller than 1 % of the maximum measured value under the appliance.

The radiometer shall be positioned at the nodal points of the measurement grid (see Figure 102). The amount of the nodal points shall be calculated in that way, so that at least 20 points can be measured (equidistant for each parallel and perpendicular line) and their distance shall be maximum 10 cm.

AA.2.2.3 Working area

The test shall be carried out in a working area having non-reflecting surfaces i.e. no uncoated metals or mirrors.

AA.2.2.4 Test procedure

AA.2.2.4.1 Measuring principle

Radiant output is determined by means of a radiometric method in which the **irradiance** in the **measuring plane** is measured and the measured values are integrated over the area of the **measuring grid**.

AA.2.2.4.2 Measuring method

The radiometer is placed at each of the nodal points specified in 3.105 with a maximum deviation (for each of the three axes) of 3 mm and a measurement of the **irradiance** is taken as soon as the reading is stable.

The radiometer axis shall not be inclined by more than 2° from the perpendicular.

It is recommended that the measuring sequence is recorded using an automatic system.

AA.2.2.5 Calculation of radiant output

The radiant output ($Q_{(R)M}$) corresponds to the sum of all the products between the individual node surface and the arithmetic mean of the measured values of the **irradiance** of the four nodes forming each node surface (Figure 102).

The appliance **irradiance** (E_{ij}) measured at the nodes is given by Equation (AA.1).

$$E_{ij} = U / S + C \quad (\text{AA.1})$$

where:

U is the sensor voltage in μV ;

S is the radiometer sensitivity in $\mu\text{V/W} \cdot \text{m}^2$;

C is an offset in W/m^2 ;

and the average appliance **irradiance** ($\overline{E_{ij}}$) measured at the nodes is given by Equation (AA.2).

$$\overline{E_{ij}} = \frac{E_{i-1, j-1} + E_{i-1, j} + E_{i, j-1} + E_{i, j}}{4} \text{ W/m}^2 \quad (\text{AA.2})$$

where:

$i \in (1, 2, \dots, n)$ and

$j \in (1, 2, \dots, k)$.

The radiant output ($Q_{(R)M}$) is then given by Equation (AA.3).

$$Q_{(R)M} = \sum_{\substack{(i=1) \\ (j=1)}}^{\substack{(i=n) \\ (j=k)}} F_{ij} \times \overline{E_{ij}} \quad (\text{AA.3})$$

where:

F_{ij} is the area of the measurement cell in m^2 (see Figure AA.2);

$\overline{E_{ij}}$ is the average **irradiance** of the measurement cell F_{ij} in W/m^2 .

AA.2.2.6 Electrical input

The electrical input Q_M in W shall be measured in steady-state conditions calculated as the average of the electrical input during the measurement of the **radiant factor** over the period necessary for confirming steady-state conditions; steady-state conditions are reached when the radiometer signal at the maximum point does not vary by more than 1 % over 10 min.

AA.2.2.7 Calculation of radiant factor

The **radiant factor** ($R_{f(h/v)}$) of the appliance is given by Equation (AA.4).

$$R_{f(h/v)} = \frac{Q_{(R)M}}{Q_M} \quad (\text{AA.4})$$

where:

$R_{f(h/v)}$ is the **radiant factor** (either h: horizontally measured, or v: vertically measured);

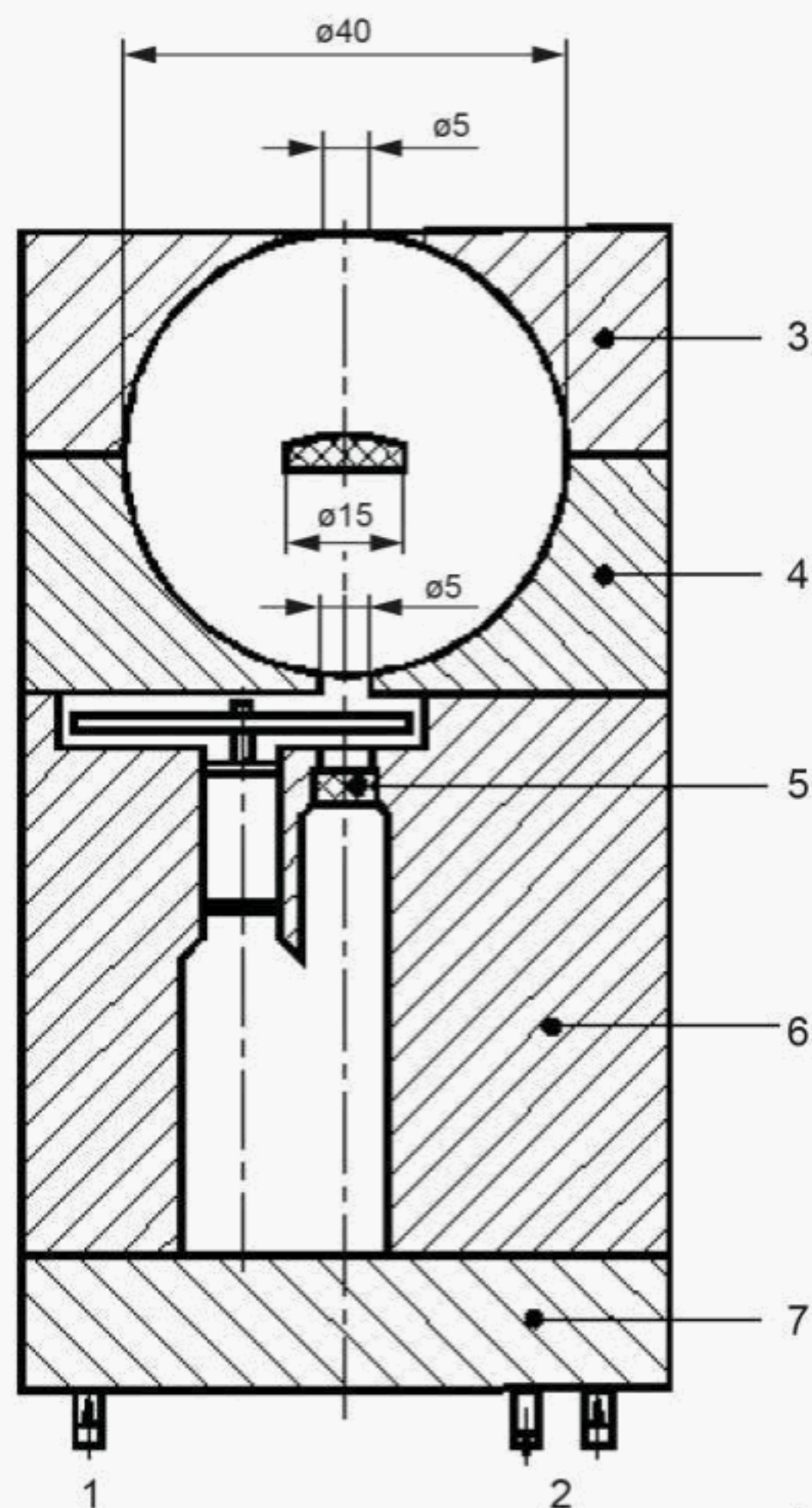
$Q_{(R)M}$ is the corrected radiant output in W;

Q_M is the electrical input in W.

AA.3 Measurement equipment

AA.3.1 Principal radiometer design features

The principal design features of the radiometer are shown in Figure AA.1.



IEC

Key

- 1 Nitrogen purge
- 2 Water inlet and outlet for cooling
- 3 Plate I (water-cooled)
- 4 Plate II
- 5 Pyroelectric detector
- 6 Plate III
- 7 Plate IV

Figure AA.1 – Radiometer design features

The radiation enters the radiometer through the upper orifice (in plate I) and is reflected several times on the inner surface of the integrating sphere. The radiation is collected by the pyroelectric detector. To avoid direct radiation being received by the detector, a horizontal, gold-plated disc is installed in the centre of the integrating sphere. The upper orifice has sharp edges and the sphere is internally gold coated so as to produce diffuse reflection (thickness of the gold layer 5 μm to 10 μm) of the infrared radiation. The radiation received by the pyro-electric detector is interrupted periodically by a chopper wheel. The output of the detector is controlled electronically in order to achieve a continuous signal of between 0 V and 10 V.

AA.3.2 Radiometer technical design

Figure AA.1 shows a suitable design for the radiometer. This consists of four brass plates screwed together to a unit.

The radiometer is required to be cooled by water to protect the electronics, the detector and the chopper. The temperature of these parts needs to be maintained at $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. The temperature of the cooling water should be controlled to avoid excess cooling or heating. A thermometer (e.g. Pt100) is installed for the purpose of temperature control.

The internal parts should be vented continuously with dry nitrogen at a flow rate of about 2 l/h in order to avoid the ingress of combustion products, dust, etc.

The frequency with which the chopper wheel interrupts the radiation should be adjusted in such a way as to avoid multiples of the mains frequency. This is necessary for correct operation of the amplifier given by the frequency of the electrical mains supply.

AA.3.3 Pyro-electric detector

It is recommended to use a pyro-electric detector (e.g. LiTaO₃) together with an adequate window for transmission of the radiation (e.g. a window made of KBr with a protective layer) with a spectral range of at least 2 μm to 10 μm . The pyro-electric detector is used in the voltage mode. In this mode, the sensitivity of the detector depends on the frequency of the chopper wheel. Normally, the detector can be used in a frequency range between 30 Hz to 4 kHz with a positive polarity (the positive signal output increases with the **irradiance**). The installation and use of the detector shall be in accordance with the manufacturer's instructions. All electrical wiring should be protected from external EMC influences.

The sensitivity of the detector can be changed by the frequency of the chopper wheel. Owing to the influence of the frequency of the chopper wheel on the output signal, the frequency should be kept as constant as possible.

AA.4 Radiometer calibration

AA.4.1 Calibration process

AA.4.1.1 General

Calibration of the radiometer shall be achieved against a so-called "black body". The **irradiance** inside the black body (W/m^2) is compared with the output signal (V). The calibration curve is a straight line fitting the data from Table AA.1 in the coordinate system showing the output signal (V) as a function of the **irradiance** (see Figure AA.2). For the calibration, the radiometer shall be operated in the same mode as that used for measuring the radiation under the heater, using the same wiring, amplifier and other components.

AA.4.1.2 Black body calibration method

This method uses a black-body radiator that can be heated at least to a temperature of 600 $^\circ\text{C}$. The radiator shall have an opening (aperture) of the same diameter as the radiometer to be calibrated.

For the calibration, the radiometer is inserted into the black-body radiator. **Irradiance** from the internal hot surface of the black body is transmitted to the radiometer and provides an adequate output signal (V).

Calibration up to a black body temperature of 600 $^\circ\text{C}$ is sufficient.

The **irradiance** E (W/m^2) at a temperature of T (K), referred to a radiometer temperature of 20 $^\circ\text{C}$, is calculated using the Stefan-Boltzmann formula shown in Equation (AA.5).

$$E = \sigma \left(T^4 - 293,15^4 \right) \quad (\text{AA.5})$$

where:

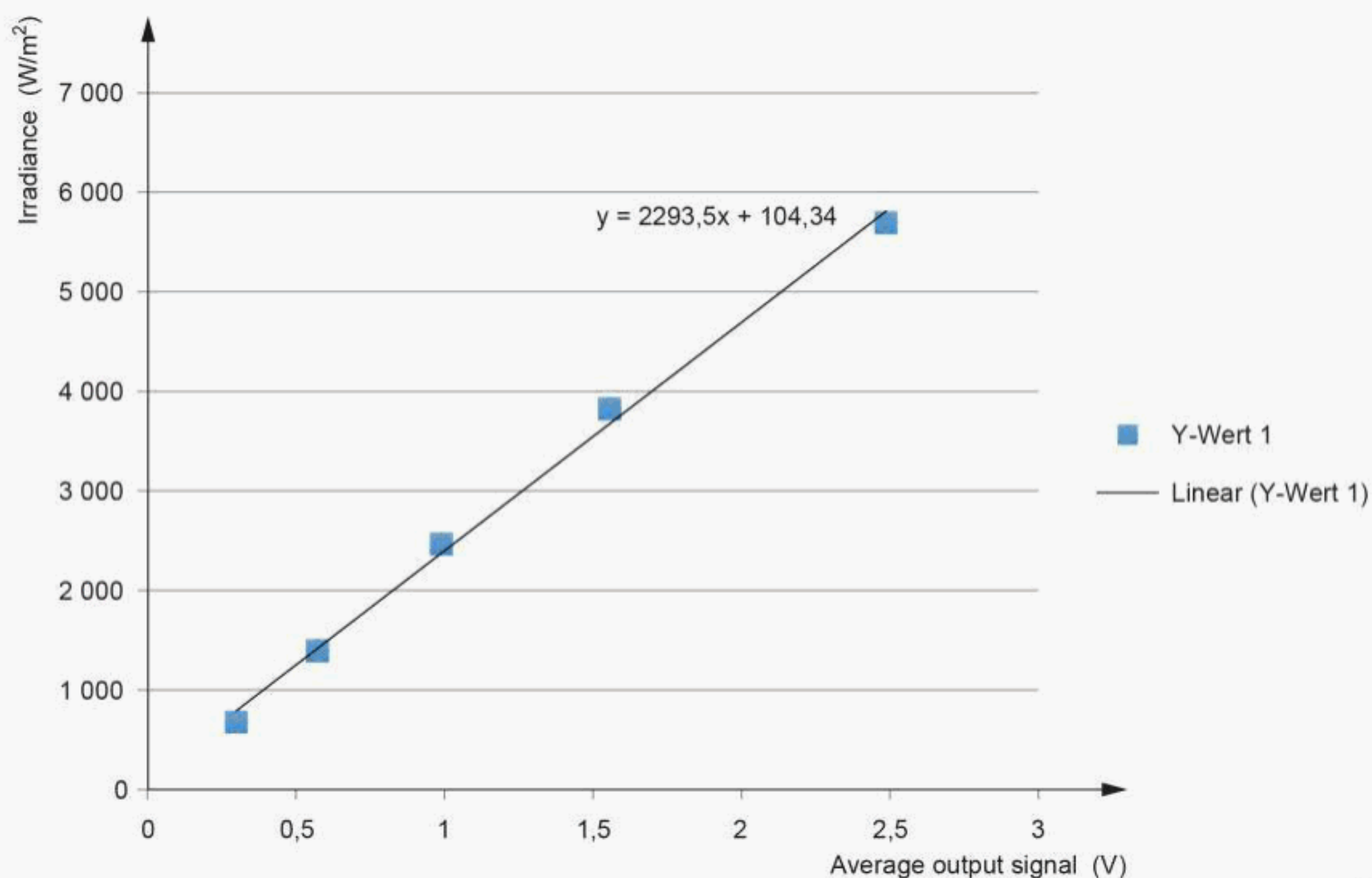
$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ in W/(m}^2\text{T}^4\text{)}$$

The calibration shall be carried out over the whole range of **irradiance** s of the luminous **radiant heater** (or tube heater). This is achieved by calibration at several temperatures of the black body. For every temperature, the measurements shall be carried out at least three times and the average of the values calculated. Thermal equilibrium shall be achieved at each of the measurement temperatures prior to taking the measurements. The sensitivity for the whole range of **irradiance** s is determined from these individual sensitivities by using graphical methods and statistical means. The **irradiance** is plotted against the voltage output of the radiometer (see Figure AA.2). The correlation curve is given by the straight line of best fit (see Equation AA.6). The calibration shall be carried out for **irradiance** s up to at least $2,0 \times 10^4 \text{ W/m}^2$.

AA.4.2 Worked example

Table AA.1 – Tube heater calibration

Black body temperature (°C)	Average output signal (V)	Irradiance (W/m ²)
80	0,299	680
150	0,573	1 398
280	0,990	2 469
450	1,557	3 825
550	2,487	5 695



IEC

Key

- x Average output signal (V)
- y Irradiance (W/m²)

Figure AA.2 – Determination of the correlation factor for a luminous radiant heater

In accordance with the graph, and using the best fitted linear regression of the data, points Formula (AA.6) is calculated:

$$E = A \times X + C \quad (\text{AA.6})$$

where:

$A = 2\,293,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{V})$;

$C = 104,34 \text{ W}/\text{m}^2$;

X = average output signal from radiometer, in V.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application	23
2 Références normatives	23
3 Termes, définitions et symboles	23
4 Classification	26
5 Enumération des mesures	26
6 Conditions générales d'exécution des mesures	26
7 Dimensions, masse et moyens de raccordement au réseau d'alimentation.....	26
8 Échauffements des grilles de sortie d'air et des surfaces extérieures	26
9 Échauffements des surfaces autour de l'appareil de chauffage	26
10 Temps de mise en régime de l'appareil de chauffage	26
11 Stabilité de la température ambiante	26
12 Abaissement	27
13 Température hors-gel	27
14 Courant d'appel	27
15 Effet du rayonnement	27
15.1 Détermination du coefficient de rayonnement	27
15.2 Détermination du rendement de rayonnement	27
16 Mesure de la puissance utile	27
17 Vérification de la température ambiante maximale préconisée par le fabricant	27
Annexe A (normative) Enceinte climatique	28
Annexe B (informative) Informations disponibles au point de vente	29
Annexe C (informative) Formulaire de rapport d'essais	30
Annexe AA (normative) Détermination du coefficient de rayonnement	31
AA.1 Généralités	31
AA.2 Méthodes d'essais	31
AA.2.1 Généralités	31
AA.2.2 Coefficient de rayonnement	31
AA.3 Equipement de mesure	33
AA.3.1 Caractéristiques de la conception de principe du radiomètre	33
AA.3.2 Conception technique du radiomètre	34
AA.3.3 Détecteur pyroélectrique	35
AA.4 Etalonnage du radiomètre	35
AA.4.1 Processus d'étalonnage	35
AA.4.2 Exemple élaboré	36
Figure 101 – Plan de référence du rayonnement	24
Figure 102 – Grille de mesurage	25
Figure AA.1 – Caractéristiques de conception du radiomètre	34
Figure AA.2 – Détermination du facteur de corrélation pour un appareil à rayonnement lumineux	37
Tableau AA.1 – Etalonnage du chauffe-tubes	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES DE CHAUFFAGE
DES LOCAUX À ACTION DIRECTE –
MÉTHODES DE MESURE DE L'APTITUDE À LA FONCTION –****Partie 2: Dispositions supplémentaires pour la mesure
du coefficient de rayonnement**

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 60675-2 a été établie par le sous-comité 59C: Appareils de chauffage électrique à usage domestique et similaire, du comité d'études 59 de l'IEC: Aptitude à la fonction des appareils électrodomestiques et analogues.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
59C/256/FDIS	59C/260/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 internationale.

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

La présente Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60675:1994, l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 et l'IEC 60675:1994/AMD2:2018. Le présent document complète ou modifie les articles correspondants de l'IEC 60675:1994. Lorsque le texte indique une "addition" ou un "remplacement" de la disposition correspondante de l'IEC 60675:1994, ces modifications sont apportées au texte correspondant de l'IEC 60675:1994. Si aucune modification n'est nécessaire, l'expression "Le présent article de l'IEC 60675:1994 est applicable" est utilisée. Lorsqu'un paragraphe particulier de l'IEC 60675:1994 n'est pas mentionné dans la présente partie, ce paragraphe s'applique dans toute la mesure du raisonnable.

Des dispositions spécifiques supplémentaires complétant la Partie 1, données sous forme d'articles ou de paragraphes individuels, sont numérotées à partir de 101.

NOTE Le système de numérotation suivant est utilisé:

- les paragraphes, tableaux et figures qui s'ajoutent à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101;
- à l'exception de celles qui sont dans un nouveau paragraphe ou de celles qui concernent des notes de la Partie 1, les notes sont numérotées à partir de 101, y compris celles des articles ou paragraphes qui sont remplacés;
- les annexes complémentaires sont désignées AA, BB, etc.

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont employés:

- **termes présentés à l'Article 3 du présent document et de l'IEC 60675:1994 et l'IEC 60675-3:2020: Arial gras;**
- *modalités d'essais: caractères italiques* .

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60675, publiées sous le titre général *Appareils électrodomestiques de chauffage des locaux à action directe – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction* , 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.

IMPORTANT – Le logo " *colour inside* " qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES DE CHAUFFAGE DES LOCAUX À ACTION DIRECTE – MÉTHODES DE MESURE DE L'APTITUDE À LA FONCTION –

Partie 2: Dispositions supplémentaires pour la mesure du coefficient de rayonnement

1 Domaine d'application

L'article de l'IEC 60675:1994 est applicable, avec la modification suivante:

Remplacer le premier alinéa par le suivant:

Le présent document s'applique aux **appareils électriques de chauffage des locaux à action directe**.

Il définit les caractéristiques d'aptitude à la fonction associées à l'effet rayonnant et spécifie les méthodes de mesure du **coefficient de rayonnement** à titre d'information pour les utilisateurs.

Le présent document est utilisé pour mesurer le **coefficient de rayonnement** des **appareils de chauffage des locaux à action directe**.

2 Références normatives

Remplacer l'Article 2 de l'IEC 60675:1994 par le suivant:

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 60675:1994, *Appareils électrodomestiques de chauffage des locaux à action directe – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction*
IEC 60675:1994/AMD1:1998
IEC 60675:1994/AMD2:2018

IEC 60675-3:2020, *Appareils électrodomestiques de chauffage des locaux à action directe – Méthodes de mesure de l'aptitude à la fonction – Partie 3: Dispositions supplémentaires pour la mesure du rendement de rayonnement*

3 Termes, définitions et symboles

Remplacer l'Article 3 de l'IEC 60675:1994 par le suivant:

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60675:1994, de l'IEC 60675:1994/AMD1:1998, et de l'IEC 60675-3:2020 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>

Définitions supplémentaires:

3.101

coefficient de rayonnement

rapport de la puissance calorifique infrarouge mesurée comparée à l'apport énergétique total mesuré, exprimé en %

Note 1 à l'article: Le **coefficient de rayonnement** peut être mesuré pour les **panneaux chauffants**, les **convecteurs** et les **appareils rayonnants**

3.102

rendement de rayonnement

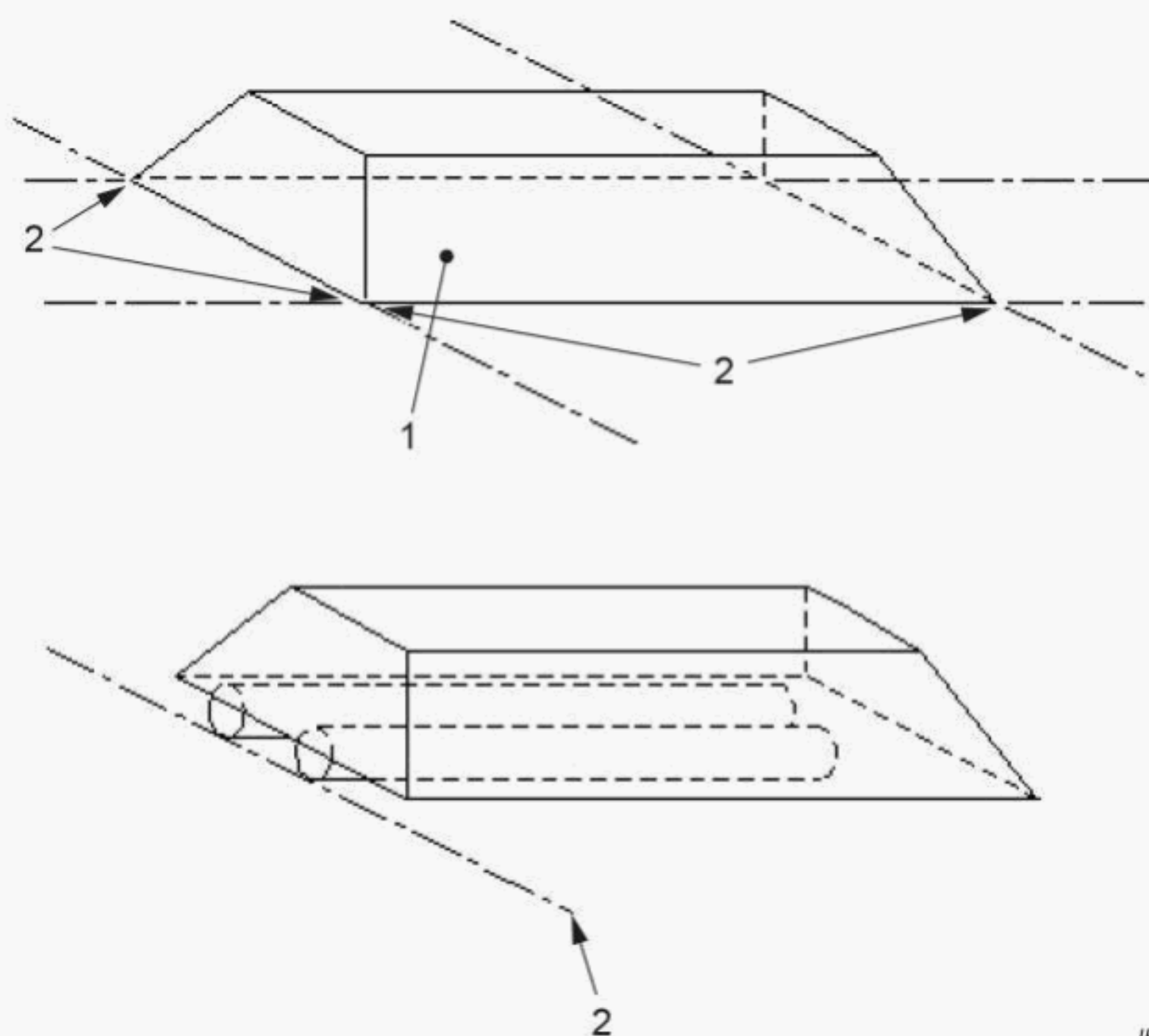
rapport du flux thermique dans une chambre (d'essai) par échange de rayonnement entre une surface rayonnante active et les surfaces internes de la chambre, à la puissance électrique nominale d'un appareil de chauffage placé à l'intérieur de cette **chambre d'essai**

Note 1 à l'article: Le **coefficient de rayonnement** et le **rendement de rayonnement** sont mesurés sur la base de paramètres physiques différents et ne sont pas comparables.

3.103

plan de référence du rayonnement

surface horizontale plane délimitée par le bord du réflecteur ou, dans le cas où des parties rayonnantes projettent en dessous de ce bord du réflecteur, la surface plane en contact avec la partie rayonnante la plus extérieure (voir Figure 101)



IEC

Légende

- 1 Réflecteur
- 2 Plan de référence

Figure 101 – Plan de référence du rayonnement

3.104

éclairage énergétique

E

puissance rayonnante par unité de surface (W/m²) incidente sur une surface

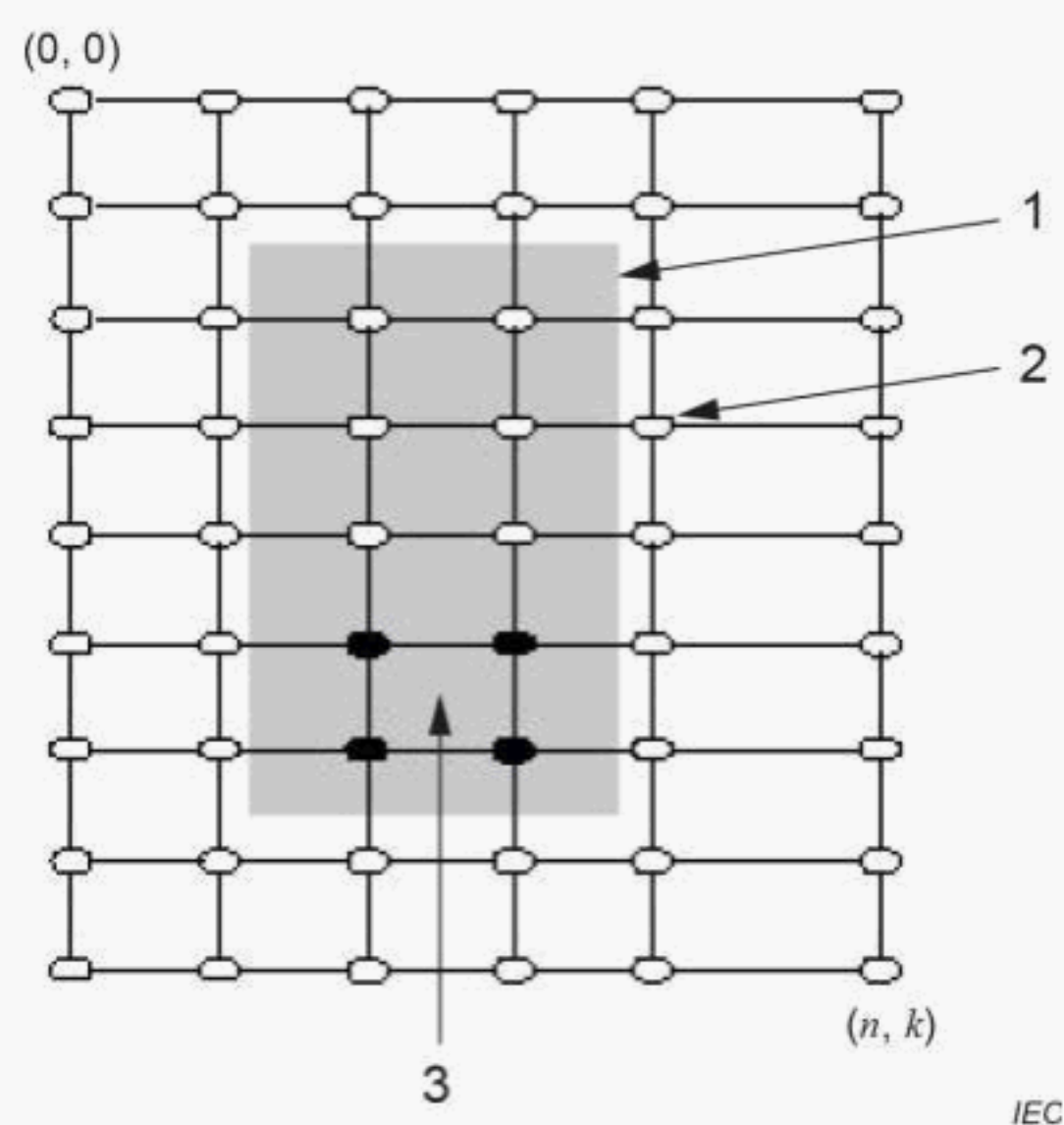
3.105**plan de mesure**

plan parallèle au **plan de référence du rayonnement** et situé à $100 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de celui-ci

3.106**grille de mesure**

disposition régulière, dans le **plan de mesure**, de lignes droites placées en parallèle et perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'appareil, avec une précision suffisante ($\pm 1 \text{ mm}$)

Note 1 à l'article: Les points nodaux de la **grille de mesure** sont situés aux points d'intersection de ces lignes (voir Figure 102), de telle sorte que la distance entre tous les points nodaux adjacents soit équidistante dans chaque direction. La taille du **plan de mesure** est déterminée pour chaque appareil de chauffage, à condition que l'intensité de rayonnement prise au niveau des bords du **plan de mesure** soit inférieure à 1 % de la valeur maximale.

**Légende**

- 1 Appareil de chauffage
- 2 Point nodal
- 3 Cellule de mesure F_{ij}

Figure 102 – Grille de mesure

3.107 Symboles

Les symboles indiqués dans le Tableau 101 sont utilisés dans le présent document.

Tableau 101 – Symboles

Symbole	Titre	Unité
E	Eclairement énergétique réel de l'appareil rayonnant	W/m ²
E_{ij}	Eclairement énergétique de l'appareil mesuré aux points nodaux de la mesure	W/m ²
$\overline{E_{if}}$	Eclairement énergétique moyen sur la grille de mesure F_{ij}	W/m ²
$Q_{(R)M}$	Puissance rayonnante mesurée	W
Q_M	Puissance électrique absorbée mesurée dans des conditions de régime établi (puissance assignée)	W
$Rf(h/v)$	Coefficient de rayonnement h: mesuré en position horizontale v: mesuré en position verticale	—
S	Sensibilité du radiomètre	μV/(W/m ²)
U	Tension du capteur	V

4 Classification

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

5 Énumération des mesures

L'article de l'IEC 60675:1994 et de l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 s'applique.

6 Conditions générales d'exécution des mesures

L'article de l'IEC 60675:1994 et de l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 s'applique.

7 Dimensions, masse et moyens de raccordement au réseau d'alimentation

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

8 Échauffements des grilles de sortie d'air et des surfaces extérieures

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

9 Échauffements des surfaces autour de l'appareil de chauffage

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

10 Temps de mise en régime de l'appareil de chauffage

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

11 Stabilité de la température ambiante

L'article de l'IEC 60675:1994 et de l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 s'applique.

12 Abaissement

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

13 Température hors-gel

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

14 Courant d'appel

L'article de l'IEC 60675:1994 s'applique.

Remplacer l'Article 15 de l'IEC 60675:1994 par le suivant:

15 Effet du rayonnement

15.1 Détermination du coefficient de rayonnement

Pour des **panneaux chauffants**, des **convecteurs** et des **appareils rayonnants**, le **coefficient de rayonnement** doit être déterminé conformément à l'Annexe AA du présent document.

15.2 Détermination du rendement de rayonnement

Pour les **appareils rayonnants à basse température**, le **rendement de rayonnement** peut être déterminé conformément à l'Annexe AA de l'IEC 60675-3:2020.

16 Mesure de la puissance utile

L'article de l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 s'applique.

17 Vérification de la température ambiante maximale préconisée par le fabricant

L'article de l'IEC 60675:1994/AMD2:2018 s'applique.

Annexe A
(normative)

Enceinte climatique

L'annexe de l'IEC 60675:1994 s'applique.

Annexe B (informative)

Informations disponibles au point de vente

L'annexe de l'IEC 60675:1994 et les modifications apportées par l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 et l'IEC 60675:1994/AMD2:2018 s'appliquent.

Annexe C
(informative)

Formulaire de rapport d'essais

L'annexe de l'IEC 60675:1994 et les modifications apportées par l'IEC 60675:1994/AMD1:1998 et l'IEC 60675:1994/AMD2:2018 s'appliquent.

Annexe AA (normative)

Détermination du coefficient de rayonnement

AA.1 Généralités

La présente annexe s'applique uniquement aux **panneaux chauffants**, aux **convecteurs** et aux **appareils rayonnants**.

AA.2 Méthodes d'essais

AA.2.1 Généralités

L'essai doit être réalisé avec l'appareil monté conformément aux instructions du fabricant et réglé à la puissance nominale déclarée par le fabricant.

AA.2.2 Coefficient de rayonnement

AA.2.2.1 Zone de travail (exigences applicables à toutes les méthodes d'essais)

La zone de travail doit être de dimensions adaptées pour permettre l'installation de l'appareil et doit:

- a) avoir une température ambiante de l'air de $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$;
- b) permettre un positionnement des capteurs à l'abri des courants d'air (c'est-à-dire avec une vitesse de l'air maximale de 0,2 m/sec);

La température du radiomètre doit être vérifiée au cours des mesures et doit être de $20,0\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$.

AA.2.2.2 Mesures

AA.2.2.2.1 Généralités

L'appareil doit être installé en position horizontale ou verticale, selon la position prévue, conformément aux instructions de montage, avec une distance minimale de 1,2 m par rapport aux surfaces opposées, par exemple le plancher ou le mur. La position de l'appareil de chauffage au cours des essais doit être mentionnée en même temps que le **coefficient de rayonnement** mesuré.

Si l'instruction de montage spécifie à la fois une installation horizontale et une installation verticale, la mesure doit être effectuée dans les deux positions.

AA.2.2.2.2 Equipement d'essai

AA.2.2.2.2.1 Exigences générales relatives aux radiomètres

Pour les mesures, un ou plusieurs radiomètres peuvent être utilisés simultanément, chacun ayant une sensibilité à l'**éclairage énergétique** dans une gamme de longueurs d'onde minimale comprise entre 0,8 μm et 20 μm .

Chaque radiomètre doit être étalonné conformément aux exigences de l'Article AA.4.

Seuls des radiomètres disposant d'un système de purge à l'azote et de refroidissement par eau thermostatiquement contrôlé pour la sphère intégrante doivent être utilisés.

NOTE Un exemple de conception de radiomètre validée et contrôlée est donné à l'Article AA.3.

AA.2.2.2.2 Équipement d'essai mécanique

L'équipement d'essai doit garantir une disposition d'essai mobile stable permettant de régler le radiomètre avec précision dans le plan de mesurage.

Ce réglage peut être effectué manuellement ou automatiquement.

AA.2.2.2.3 Positions de mesure du radiomètre

Avant de commencer l'essai, les premier et dernier points nodaux (points de mesure) doivent être établis au croisement des lignes parallèles et perpendiculaires. Cette détermination est effectuée en mesurant l'**éclairement énergétique** au bord du réflecteur, les points de croisement ou les nœuds correspondant au point où l'éclairement énergétique est inférieur à 1 % de la valeur maximale mesurée sous l'appareil.

Le radiomètre doit être positionné aux points nodaux de la grille de mesurage (voir Figure 102). La quantité de points nodaux doit être calculée de telle manière qu'au moins 20 points puissent être mesurés (à équidistance pour chaque ligne parallèle et perpendiculaire), et leur distance ne doit pas être supérieure à 10 cm.

AA.2.2.3 Zone de travail

L'essai doit être réalisé dans une zone de travail avec des surfaces non réfléchissantes, c'est-à-dire sans métaux non revêtus ou miroirs.

AA.2.2.4 Procédure d'essai

AA.2.2.4.1 Principe de mesurage

La puissance rayonnante est déterminée au moyen d'une méthode radiométrique dans laquelle est mesuré l' **éclairement énergétique** dans le **plan de mesurage** et où les valeurs mesurées sont intégrées sur la surface de la **grille de mesurage** .

AA.2.2.4.2 Méthode de mesurage

Le radiomètre est placé à chaque point nodal spécifié en 3.105, avec un écart maximal (pour chacun des trois axes) de 3 mm et l' **éclairement énergétique** est mesuré dès stabilisation des valeurs lues.

L'axe du radiomètre ne doit pas être incliné de plus de 2° par rapport à la ligne perpendiculaire.

Il est recommandé d'enregistrer la séquence de mesurage à l'aide d'un système automatique.

AA.2.2.5 Calcul de la puissance rayonnante

La puissance rayonnante ($Q(R)M$) correspond à la somme de tous les produits entre la surface de chaque nœud et la moyenne arithmétique des valeurs d' **éclairement énergétique** mesurées pour les quatre nœuds formant chaque surface de nœud (Figure 102).

L'**éclairement énergétique** (E_{ij}) de l'appareil mesuré au niveau des nœuds est donné par l'Equation (AA.1).

$$E_{ij} = U / S + C \quad (\text{AA.1})$$

où:

U est la tension du capteur en μV ;

S est la sensibilité du radiomètre en $\mu\text{V/W/m}^2$;

C est un décalage en W/m^2 ;

et l'**éclairement énergétique** moyen de l'appareil ($\overline{E_{ij}}$) mesuré au niveau des nœuds est donné par l'Equation (AA.2).

$$\overline{E_{ij}} = \frac{E_{i-1, j-1} + E_{i-1, j} + E_{i, j-1} + E_{i, j}}{4} \text{ W/m}^2 \quad (\text{AA.2})$$

où:

$i \in (1, 2, \dots, n)$ et

$j \in (1, 2, \dots, k)$.

La puissance rayonnante ($Q_{(R)M}$) est alors obtenue à l'aide de l'Equation (AA.3).

$$Q_{(R)M} = \sum_{\substack{(i=1) \\ (j=1)}}^{\substack{(i=n) \\ (j=k)}} F_{ij} \times \overline{E_{ij}} \quad (\text{AA.3})$$

où:

F_{ij} est la surface de la cellule de mesure en m^2 (voir Figure AA.2);

$\overline{E_{ij}}$ est l'**éclairement énergétique** moyen de la cellule de mesure F_{ij} en W/m^2 .

AA.2.2.6 Puissance électrique absorbée

La puissance électrique absorbée Q_M en W doit être mesurée dans des conditions de régime établi, calculées comme étant égales à la moyenne de la puissance électrique absorbée au cours de la mesure du **coefficient de rayonnement** pendant la période nécessaire pour confirmer les conditions de régime établi; les conditions de régime établi sont atteintes lorsque le signal du radiomètre au point maximal ne varie pas de plus de 1 % pendant 10 min.

AA.2.2.7 Calcul du coefficient de rayonnement

Le **coefficient de rayonnement** ($R_{f(h/v)}$) de l'appareil est donné par l'Equation (AA.4).

$$R_{f(h/v)} = \frac{Q_{(R)M}}{Q_M} \quad (\text{AA.4})$$

où:

$R_{f(h/v)}$ est le **coefficient de rayonnement** (h: mesuré à l'horizontale ou v: mesuré à la verticale);

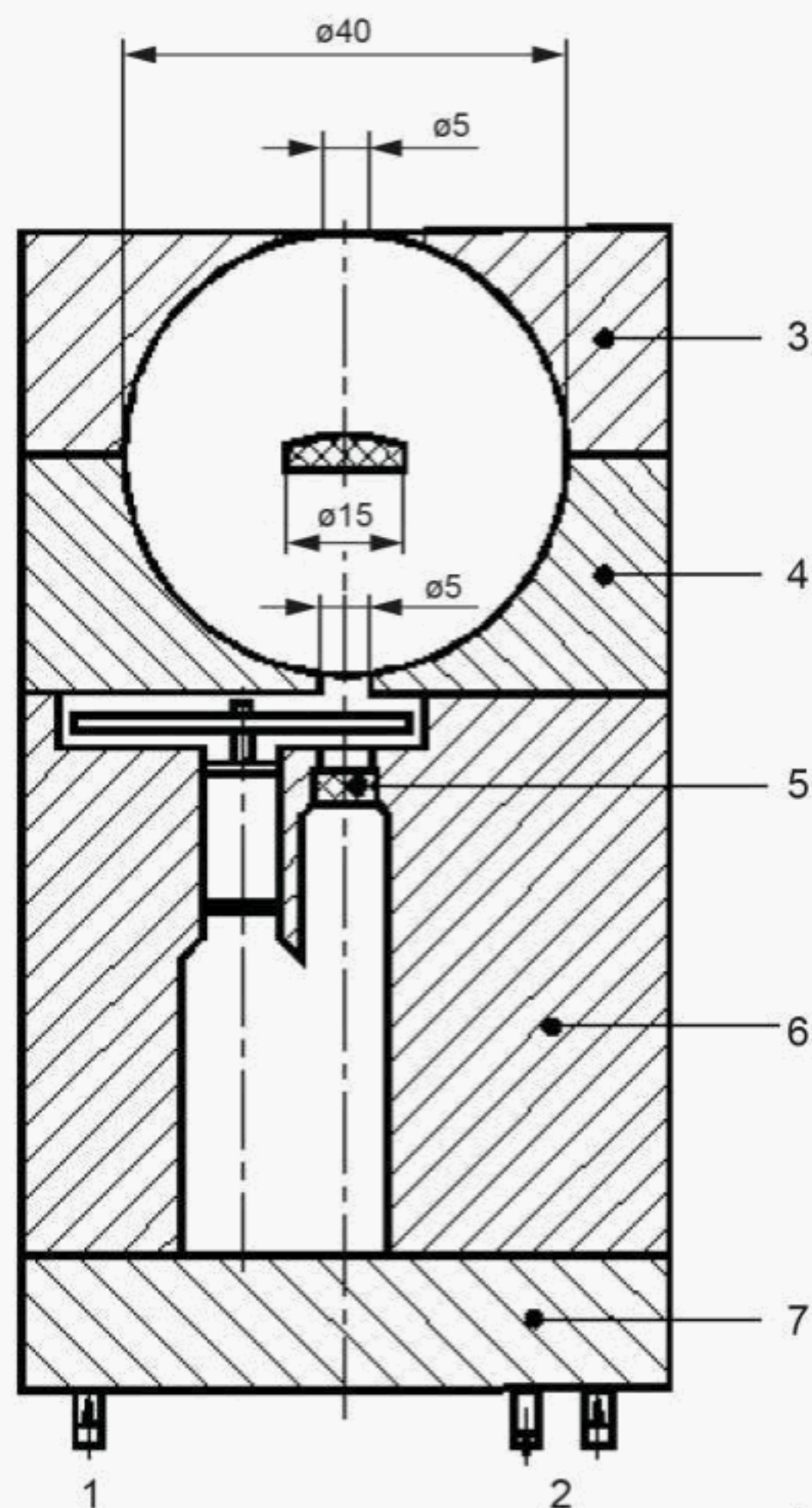
$Q_{(R)M}$ est la puissance rayonnante corrigée, en W;

Q_M est la puissance électrique absorbée, en W.

AA.3 Equipement de mesure

AA.3.1 Caractéristiques de la conception de principe du radiomètre

Les caractéristiques de la conception de principe du radiomètre sont représentées dans la Figure AA.1.



IEC

Légende

- 1 Purge à l'azote
- 2 Entrée et sortie d'eau de refroidissement
- 3 Plaque I (refroidie par eau)
- 4 Plaque II
- 5 Détecteur pyroélectrique
- 6 Plaque III
- 7 Plaque IV

Figure AA.1 – Caractéristiques de conception du radiomètre

Le rayonnement pénètre dans le radiomètre à travers l'orifice supérieur (dans la plaque I) et est réfléchi à plusieurs reprises sur la surface interne de la sphère intégrante. Le rayonnement est capté par le détecteur pyroélectrique. Pour éviter que le détecteur reçoive un rayonnement direct, un disque plaqué or horizontal est installé au centre de la sphère intégrante. L'orifice supérieur présente des arêtes vives et la sphère est plaquée or sur sa surface interne (épaisseur de la couche de plaquage or comprise entre 5 μm et 10 μm) afin de produire une réflexion diffuse du rayonnement infrarouge. Le rayonnement reçu par le détecteur pyroélectrique est interrompu à une fréquence régulière par une roue de hacheur. La tension de sortie du détecteur est contrôlée électroniquement afin de produire un signal continu dans une plage de 0 V à 10 V.

AA.3.2 Conception technique du radiomètre

La Figure AA.1 représente une conception de radiomètre adaptée. Celle-ci se compose de quatre plaques en laiton vissées ensemble sur une unité.

Le radiomètre doit être refroidi à l'eau afin de protéger les composants électroniques, le détecteur et le hacheur. La température de ces éléments doit être maintenue à $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. Il convient que la température de l'eau de refroidissement soit contrôlée afin d'éviter tout refroidissement excessif ou toute montée en température excessive. Un thermomètre (Pt100, par exemple) est installé afin de contrôler la température.

Il convient de purger les parties internes en continu avec de l'azote sec à un débit d'environ 2 l/h, afin de prévenir la pénétration de produits de combustion, poussières, etc.

Il convient d'ajuster la fréquence à laquelle la roue de hacheur interrompt le rayonnement de manière à éviter des multiples de la fréquence de réseau. Ceci est nécessaire pour garantir un fonctionnement correct de l'amplificateur qui dépend de la fréquence d'alimentation du réseau électrique.

AA.3.3 Détecteur pyroélectrique

Il est recommandé d'utiliser un détecteur pyroélectrique (LiTaO₃, par exemple) avec une fenêtre adéquate pour transmettre le rayonnement (par exemple, une fenêtre constituée de KBr et munie d'une couche de protection) dans une plage spectrale d'au moins 2 μm à 10 μm . Le détecteur pyroélectrique est utilisé en mode tension. Dans ce mode, la sensibilité du détecteur dépend de la fréquence de la roue de hacheur. Le détecteur peut normalement être utilisé dans une plage de fréquences comprise entre 30 Hz et 4 kHz avec une polarité positive (la sortie de signal positive augmente avec l'**éclairage énergétique**). Le détecteur doit être installé et utilisé conformément aux instructions du fabricant. Il convient de protéger l'ensemble des câblages électriques des influences CEM externes.

La sensibilité du détecteur peut être modulée par la fréquence de la roue de hacheur. Etant donné l'influence de la fréquence de la roue de hacheur sur le signal de sortie, il convient de maintenir la fréquence à une valeur aussi constante que possible.

AA.4 Etalonnage du radiomètre

AA.4.1 Processus d'étalonnage

AA.4.1.1 Généralités

L'étalonnage du radiomètre doit être effectué par rapport à un "corps noir". L'**éclairage énergétique** à l'intérieur du corps noir (W/m^2) est comparé au signal de sortie (V). La courbe d'étalonnage se présente sous la forme d'une ligne droite ajustant les données du Tableau AA.1 dans le système de coordonnées, indiquant le signal de sortie (V) en fonction de l'**éclairage énergétique** (voir la Figure AA.2). Pour l'étalonnage, le radiomètre doit être mis en fonctionnement dans le même mode que celui utilisé pour mesurer le rayonnement sous l'appareil de chauffage, en utilisant le même câblage, le même amplificateur et les mêmes autres composants.

AA.4.1.2 Méthode d'étalonnage au corps noir

Cette méthode utilise un corps noir qui peut être chauffé à une température d'au moins 600 $^\circ\text{C}$. Ce radiateur doit présenter une ouverture du même diamètre que le radiomètre à étalonner.

Pour l'étalonnage, le radiomètre est inséré dans le corps noir. L'**éclairage énergétique** généré sur la surface chaude interne du corps noir est transmis au radiomètre et produit un signal de sortie adéquat (V).

Un étalonnage réalisé avec un corps noir jusqu'à une température de 600 $^\circ\text{C}$ est suffisant.

L'**éclairement énergétique** E (W/m²) à une température de T (K), rapporté à une température du radiomètre de 20 °C, est calculé à l'aide de la formule de Stefan-Boltzmann indiquée dans l'Equation (AA.5).

$$E = \sigma (T^4 - 293,15^4) \quad (\text{AA.5})$$

où:

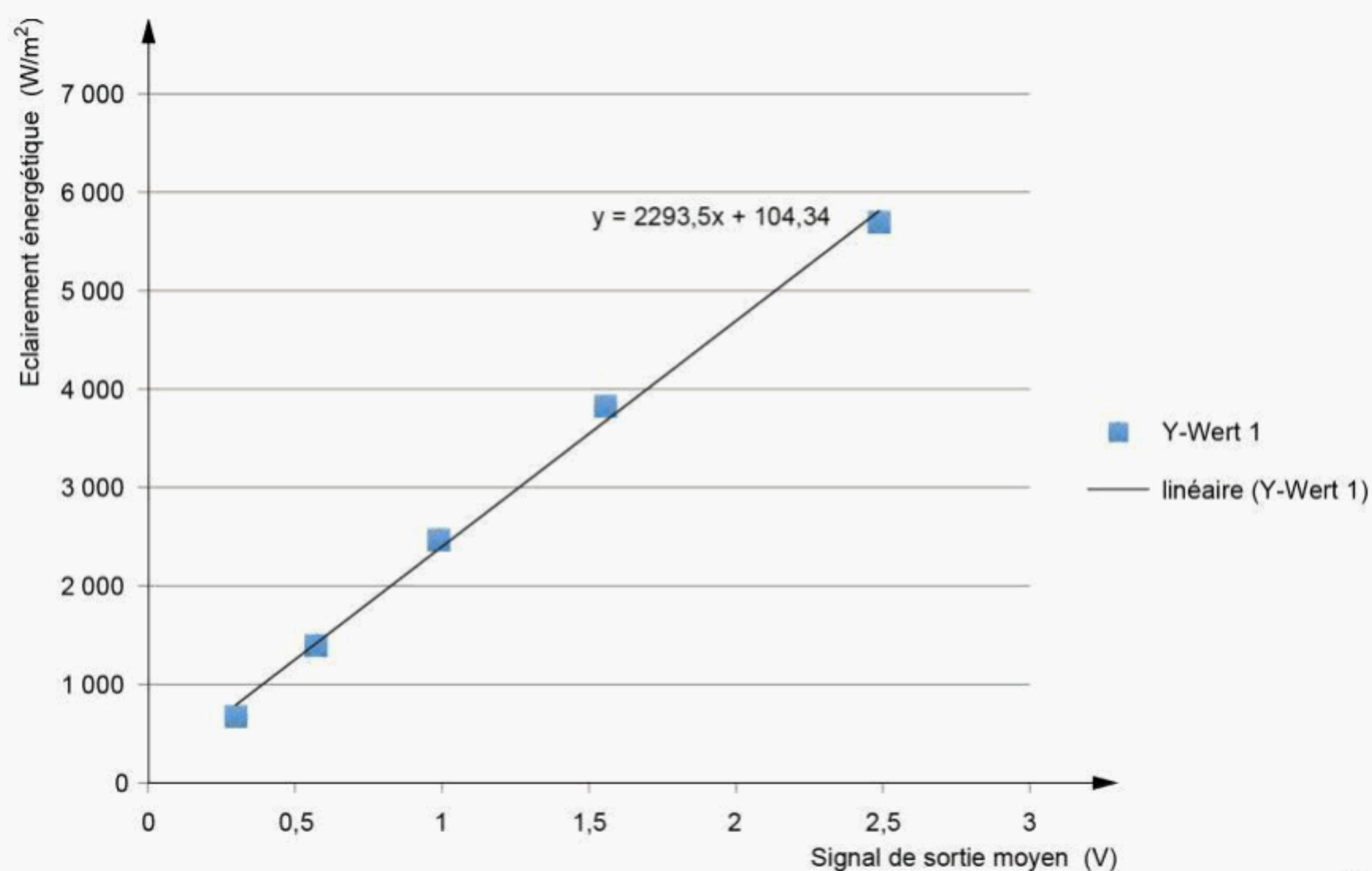
$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ en W/(m}^2\text{T}^4\text{)}$$

L'étalonnage doit être effectué sur toute la plage de valeurs d'**éclairement énergétique** de l'**appareil à rayonnement** lumineux (ou chauffe-tubes). Ceci est obtenu en étalonnant le corps noir à plusieurs températures. Pour chaque température, les mesures doivent être effectuées au moins trois fois et la moyenne des valeurs doit être calculée. L'équilibre thermique doit être atteint à chacune des températures de mesure avant de relever les mesures. La sensibilité pour toute la plage de valeurs d' **éclairement énergétique** est déterminée à partir de ces sensibilités individuelles à l'aide de méthodes graphiques et de moyens statistiques. L'**éclairement énergétique** est représenté graphiquement par rapport à la sortie de tension du radiomètre (voir la Figure AA.2). La courbe de corrélation est donnée par la ligne droite de meilleur ajustement (voir l'Equation AA.6). L'étalonnage doit être réalisé pour des valeurs d' **éclairement énergétique** jusqu'à au moins $2,0 \times 10^{-4}$ W/m².

AA.4.2 Exemple élaboré

Tableau AA.1 – Etalonnage du chauffe-tubes

Température du corps noir (°C)	Signal de sortie moyen (V)	Eclairement énergétique (W/m ²)
80	0,299	680
150	0,573	1 398
280	0,990	2 469
450	1,557	3 825
550	2,487	5 695



IEC

Légende x Signal de sortie moyen (V) y Eclairage énergétique (W/m²)

Figure AA.2 – Détermination du facteur de corrélation pour un appareil à rayonnement lumineux

À partir du graphique et en utilisant la régression linéaire de meilleur ajustement des points de données, la Formule (AA.6) est calculée:

$$E = A \times X + C \quad (\text{AA.6})$$

où:

$A = 2\,293,5 \text{ W/(m}^2\text{V)}$;

$C = 104,34 \text{ W/m}^2$;

X = signal de sortie moyen en provenance du radiomètre, en V.

