

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Safety in electroheating installations –
Part 12: Particular requirements for infrared electroheating installations**

**Sécurité dans les installations électrothermiques –
Partie 12: Exigences particulières pour les installations électrothermiques par
rayonnement infrarouge**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI 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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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 la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. 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 au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

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.



IEC 60519-12

Edition 1.0 2013-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Safety in electroheating installations –
Part 12: Particular requirements for infrared electroheating installations**

**Sécurité dans les installations électrothermiques –
Partie 12: Exigences particulières pour les installations électrothermiques par
rayonnement infrarouge**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 25.180.10

ISBN 978-2-83220-742-0

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	7
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions.....	8
4 Classification of electroheating equipment.....	11
5 General requirements.....	11
6 Isolation and switching.....	14
7 Connection to the electrical supply network and internal connections.....	14
8 Protection against electric shock.....	14
9 Equipotential bonding.....	14
10 Control circuits and control functions.....	14
11 Protection against thermal influences.....	15
12 Protection against other hazards.....	16
13 Marking, labelling and technical documentation.....	17
14 Commissioning, inspection, operation and maintenance.....	18
Annex A (normative) Protection against electric shock – special measures.....	19
Annex AA (normative) Classification of infrared exposure.....	20
Annex BB (normative) Measurement procedure.....	24
Annex CC (normative) Qualified calculation of exposure.....	26
Annex DD (normative) Protective measures against infrared radiation.....	27
Annex EE (informative) Simplified measurement method for the assessment of thermal infrared radiation exposure.....	29
Annex FF (informative) Measurement device for total irradiance.....	35
Annex GG (normative) Marking of emission or exposure.....	36
Bibliography.....	37
Figure AA.1 – Risk groups and exposure limits (see Table AA.2) depending on time of exposure and irradiation.....	23
Figure AA.2 – Risk groups and exposure limits (see Table AA.3) depending on time of exposure and radiance.....	23
Figure EE.1 – Factors for converting measured total irradiance into band irradiance, depending on surface temperature of a grey emitter generating the signal.....	31
Figure EE.2 – Factor for converting measured total radiance into relevant retinal thermal radiance, depending on surface temperature of a grey emitter generating the signal.....	34
Figure FF.1 – Example of a detector for total irradiance measurement.....	35
Figure GG.1 – Example of warning marking for infrared radiation.....	36
Table 101 – Procedure for assessment and reduction of radiation exposure through design.....	13
Table 102 – Thermal safety.....	16
Table AA.1 – Classification of infrared electroheating equipment by emission of radiation.....	20
Table AA.2 – Exposure limits in the infrared, irradiance based values.....	20

Table AA.3 – Exposure limits in the infrared, radiance based values 21
Table EE.1 – Measurement procedure 29

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY IN ELECTROHEATING INSTALLATIONS –

Part 12: Particular requirements for infrared electroheating installations

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 60519-12 has been prepared by IEC technical committee 27: Industrial electroheating and electromagnetic processing.

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

FDIS	Report on voting
27/894/FDIS	27/905/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60519 series, published under the general title *Safety in electroheating installations*, can be found on the IEC website.

The clauses of parts of the IEC 60519 series (hereinafter called Particular requirements) supplement or modify the corresponding clauses of IEC 60519-1:2010 (*General requirements* hereinafter called Part 1).

This part of IEC 60519 is to be read in conjunction with Part 1. It supplements or modifies the corresponding clauses of Part 1. Where the text indicates an "addition" to or a "replacement" of the relevant provision of Part 1, these changes are made to the relevant text of Part 1. Where no change is necessary, the words "This clause of Part 1 is applicable" are used. When a particular subclause of Part 1 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.

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

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

INTRODUCTION

The scope of this standard covers very different types and designs of infrared equipment used for many different purposes by the industry. This standard is intended to cover all industrial infrared equipment types, with some few exceptions described in Clause 1.

As many different types of electroheating equipment emit infrared radiation of hazardous levels, the scope of this Part 12 of the IEC 60519 series addresses these infrared radiation aspects for other parts of the series as well. Especially and with reference to IEC 60519-2:2006 [3]¹ it has been agreed in TC 27 that this standard covers all kinds of infrared emission hazards of industrial electroheating installations.

The discussion of infrared radiation has become quite detailed in this standard, as for the industry there is not any single useful source available for simple, versatile, easy to use and cost effective measurement methods.

Provisions of this standard relating to hazards by infrared emission from the equipment as such and from hot workloads can be used as a complement to IEC 60519-2:2006, since such aspects are not dealt with in that standard.

This standard provides guidance on the assessment and avoidance of hazards caused by infrared radiation emitted to accessible locations by hot workloads, electrodes, or other thermal sources belonging to electroheating equipment.

The other principles for covering the risks caused by infrared radiation were:

- Neither the manufacturer nor the user of electroheating equipment usually employs an expert in optical radiation measurement or has access to an optical laboratory with all the necessary equipment needed for elaborate measurements.
- Operating staff with limited experience in radiation measurement is usually responsible for the task of performing the necessary measurements and will appreciate a simple and easy to follow guide.
- EN 14255-2:2005 is defined for and useful for lamps only [8].
- EN 12198 series is not very detailed on measurement methods. It gives good guidance on procedures to improve the safety of equipment. Some material from this source has been adapted [9 – 11].
- The scope of IEC 62471:2006 is limited to lamps but that standard can be used for other light sources. Therefore, core aspects were adapted and if possible simplified for this standard. Content that is essential for safety of electroheating equipment is included in this standard.
- Figures illustrating the classes defined in IEC 62471:2006 are included to provide a more understandable and useful standard (IEC 62471:2006 provides data only in the tables).
- Relevant documents of American National Standard Institute / Illuminating Engineering Society of North America, the ANSI/IESNA RP 27 series [12 – 14], are based on the ICNIRP recommendations [1, 2] as well. They provide no extra material with regard to this standard and its references.

A new infrared warning sign shown in Annex GG has been defined in liaison with IEC/SC 3C.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

SAFETY IN ELECTROHEATING INSTALLATIONS –

Part 12: Particular requirements for infrared electroheating installations

1 Scope and object

This clause of Part 1 is replaced by the following.

Replacement:

This part of IEC 60519 specifies safety requirements for industrial electroheating equipment and installations in which infrared radiation, usually generated by infrared emitters, is significantly dominating over heat convection or heat conduction as means of energy transfer to the material to be treated. A further limitation of the scope is that the infrared emitters have a maximum spectral emission at longer wavelengths than 780 nm in air or vacuum, and are emitting wideband continuous spectra such as by thermal radiation or high pressure arcs.

IEC 60519-1:2010 defines infrared as radiation within the frequency range between about 400 THz and 300 GHz. This corresponds to the wavelength range between 780 nm and 1 mm in vacuum. Industrial infrared heating usually uses infrared sources with rated temperatures between 500 °C and 3 000 °C; the emitted radiation from these sources dominates in the wavelength range between 780 nm and 10 µm.

Since substantial emission of e.g. blackbody thermal emitters may extend beyond 780 nm or 3 000 nm, the safety aspects of emitted visible light and emission at wavelengths longer than 3 000 nm are also considered in this standard.

This standard is not applicable to:

- infrared installations with lasers or light-emitting diodes (LEDs) as main sources – they are covered by IEC 62471:2006, IEC 60825-1:2007 [4] and IEC/TR 60825-9:1999 [5];
- appliances for use by the general public;
- appliances for laboratory use – they are covered by IEC 61010-1:2010 [6];
- electroheating installations where resistance heated bare wires, tubes or bars are used as heating elements, and infrared radiation is not a dominant side effect of the intended use, covered by IEC 60519-2:2006 [3];
- infrared heating equipment with a nominal combined electrical power of the infrared emitters of less than 250 W;
- handheld infrared equipment.

Industrial infrared electroheating equipment under the scope of this standard typically uses the Joule effect for the conversion of electric energy into infrared radiation by one or several sources. Radiation is then emitted from one or several elements onto the material to be treated. Such infrared heating elements are in particular:

- thermal infrared emitters in the form of tubular, plate-like or otherwise shaped ceramics with a resistive element inside;
- infrared quartz glass tube or halogen lamp emitters with a hot filament as a source;
- non insulated elements made from molybdenum disilicide, silicon carbide, graphite, iron-chromium-aluminium alloys like KanthalTM or comparable materials;
- wide-spectrum arc lamps.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Additions:

IEC 60519-1:2010, *Safety in electroheating installations – Part 1: General requirements*

IEC 62471:2006, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction*

ISO 13577-1, *Industrial furnaces and associated processing equipment – Safety – Part 1: General requirements*

ISO 14159, *Safety of machinery – Hygiene requirements for the design of machinery*

3 Terms and definitions

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Additions:

3.101

infrared radiation

optical radiation for which the wavelengths are longer than those for visible radiation

Note 1 to entry: The infrared radiation range between 780 nm and 1 mm is commonly subdivided into:

IR-A 780 nm to 1 400 nm, or for a grey emitter 3 450 °C to 1 800 °C surface temperature;

IR-B 1 400 nm to 3 000 nm, or for a grey emitter 1 800 °C to 690 °C surface temperature;

IR-C 3 000 nm to 1 mm, or for a grey emitter less than 690 °C surface temperature.

The temperature corresponds to a spectrum where maximum intensity is at the wavelength of the limit.

These ranges comply with IEC 62471:2006.

Note 2 to entry: In IEC 60050-841:2004, the following terms are defined:

841-24-04 – shortwave infrared radiation or near infrared radiation (780 nm to 2 μm);

841-24-03 – mediumwave infrared radiation or medium infrared radiation (2 μm to 4 μm);

841-24-02 – longwave infrared radiation or far infrared radiation (4 μm to 1 mm).

These terms are not used in this standard.

[SOURCE: IEC 62471:2006, 3.14, modified – Note 1 has been modified and Note 2 added]

3.102

infrared heating

heating consisting in absorption of thermal and optical radiation, mostly infrared radiation, emitted by especially constructed equipment

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-05, modified – the definition has been editorially improved]

3.103**infrared installation****infrared electroheating installation**

electroheating installation, where processing of the workload is achieved by infrared heating

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-09, modified – the synonym has been added; the definition has been shortened]

3.104**infrared emitter**

component from which infrared radiation is emitted

Note 1 to entry: This component is usually replaceable.

3.105**infrared source**

part of the infrared emitter, where electric energy is converted by the Joule effect into heat or radiation

3.106**filament**

conductive wire or thread of an infrared emitter, in which electric energy is converted into heat by the Joule effect

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-27, modified – the definition has been clarified]

3.107**infrared ceramic heater**

infrared emitter made of or covered with ceramic material

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-13, modified – the definition has been shortened]

3.108**tubular infrared emitter**

infrared emitter in which one of the basic dimensions is dominant

Note 1 to entry: The emitter can include reflecting means and be straight or bent.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-24, modified – the definition has been shortened; Note 1 has been added]

3.109**infrared plate emitter**

infrared emitter in which two of the basic dimensions are dominant

Note 1 to entry: The emitter can include reflecting means and may be flat or curved.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-25, modified – the definition has been shortened; Note 1 has been added]

3.110**infrared quartz emitter**

infrared emitter in which the source is inside a quartz glass envelope

Note 1 to entry: Glass envelopes made from hard glasses like VycorTM are included.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-26, modified – the definition has been shortened; Note 1 has been added]

3.111

halogen lamp emitter

infrared emitter with a tungsten filament placed inside a gas tight glass envelope with halogen, containing atmosphere where the halogen actively transports tungsten from the glass wall to the tungsten filament

Note 1 to entry: Halogen lamp emitters are typically infrared quartz emitters.

[SOURCE: IEC 60050-841:2004, 841-24-22, modified – the definition has been clarified; Note 1 has been added]

3.112

infrared reflector

passive, non transmitting component which reflects and directs infrared radiation

Note 1 to entry: The reflector can be part of an infrared emitter and can reflect specularly or diffusely.

3.113

infrared refractor

passive, transmitting component that focuses and directs infrared radiation

Note 1 to entry: The refractor can be part of an infrared emitter.

3.114

infrared wavelength converter

element inside the infrared installation that is heated up by infrared radiation during normal operation to a temperature, where its own emitted radiation participates in heating up the workload

Note 1 to entry: The spectrum of a wavelength converter has a substantially longer wavelength than the wavelength of major emission of the infrared emitters.

3.115

infrared module

component housing one or more infrared emitters

Note 1 to entry: The module can include reflectors, refractors, filters, or other means for protecting the emitter as well as cooling devices.

3.116

infrared shield

opaque component designed to stop infrared radiation from being transmitted through it

3.117

protection shield

shield used for the radiation protection of people or equipment

3.118

filter

partially transparent, partially absorbing or reflecting component, designed to reduce transmission at selected wavelength

3.119

infrared barrier

physical barrier, which limits access to areas of potentially hazardous irradiation, and can only be removed with the aid of a tool

3.120

infrared enclosure

structure intended to confine the infrared radiation to a defined region

EXAMPLE Closed treatment chamber, infrared shield, infrared reflector.

Note 1 to entry: Infrared barriers mounted outside the infrared enclosure are not considered as part of it.

3.121

rated temperature

maximum surface temperature of the infrared filament or infrared emitter at rated voltage

Note 1 to entry: This temperature is used for the determination of the spectral emission of thermal infrared emitters.

Note 2 to entry: The temperature applies under conditions of normal operation.

4 Classification of electroheating equipment

This clause of Part 1 is applicable.

5 General requirements

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

5.1.5

Addition:

Bare conductors shall be placed in such a way that they cannot come into contact with persons, the workload, or the workload handling equipment under normal operating conditions or single fault conditions. Exception may be made for bare conductors supplied from sources which comply with the requirements for safety of extra-low voltage (SELV) supplied in accordance with IEC 60364-4-41.

Bare conductors may be used to contact infrared emitters in hot environments, or they may be the infrared source as such.

5.2.1

Addition:

In case of parts of infrared equipment inside a vacuum, the voltage applied to all such parts subjected to subatmospheric pressure shall be chosen in such a way that no flashover or breakdown occurs.

In most cases this limits the voltage difference inside the vacuum to about 80 V.

5.2.5

Addition:

Precautions shall be taken to ensure that the workload or auxiliary equipment for example handling, transport and charging devices do not constitute a source of damage to the infrared emitters or modules. Special care is needed to avoid damage to infrared quartz emitters and halogen lamp emitters.

Additional subclauses:

5.3.101 If the filament material or the infrared source has a substantially higher specific electric resistivity at rated temperature than at ambient – exceeding 130 % of ambient resistivity at rated temperature – this inrush current effect shall be taken into account in the

design and specification of conductors and other associated components as fuses as well as with regard to voltage fluctuations and flicker.

The exact value of the inrush current and its duration depend inter alia on the material, the electric impedance of the complete feeding circuit, the temperature of the source or filament in the cold state, and the equilibrium temperature of the filaments at applied voltage.

This effect is very pronounced with filaments made from refractory metals such as tungsten.

5.5.101 Hazards from infrared radiation

Infrared equipment and installations shall be so designed and constructed that emission of infrared radiation is limited to the extent necessary for their operation and that their effects on exposed persons are non-existent or reduced to non-hazardous proportions.

The safety limits of hazardous exposure are defined in Annex AA (which is in accordance with IEC 62471:2006). It shall be taken into account, if not otherwise required by national regulations.

The following conditions can lead to hazardous exposure:

- Emission of radiation through the entrance and exit ports of continuously operating equipment;
- Emission of radiation when door(s) of batch equipment are opened during process or stay open and the equipment, the workload or infrared emitters have not cooled down in advance;
- Emission of radiation by a very hot workload after leaving the infrared installation;
- Emission of radiation caused by insufficient precautions during maintenance or commissioning;
- If infrared emitters or modules are operated outside the infrared equipment;
- If infrared reflectors or refractors or reflective walls inside the infrared installation cause zones of intense irradiation outside the installation;
- If hot walls and wavelength converters inside the infrared equipment cause zones of intense irradiation outside the installation.

Different phases of the life cycle of the equipment can cause different levels of radiation emission.

5.5.102 Procedure for reducing risk from infrared radiation

If the equipment can cause hazardous emission of infrared radiation during some stages of its life cycle, the procedure given in Table 101 shall be used for risk assessment and risk reduction.

Some steps of the procedure for assessing and reducing radiation exposure of persons from the equipment through technical means depend on the product being a unique installation made to order or being manufactured repetitively. Repetitively manufactured equipment and made to order equipment usually vary in the design process. Manufacturers and users usually agree jointly on the design only in the design process for made to order equipment. Therefore, in this case responsibility for design decisions can be shared between the manufacturer and user.

Table 101 – Procedure for assessment and reduction of radiation exposure through design

	Made to purpose industrial equipment	Repetitively manufactured industrial equipment
	<p>This is an individual process, to be undertaken for each installation individually.</p> <p>The process takes place during the design, construction and commissioning phases of the product.</p>	<p>This process is type testing and done once and before placing the product on the market.</p> <p>The procedure shall be repeated, if design changes can affect the emission of infrared radiation from the product.</p>
a)	<p>Specify the design target of risk groups according to intended purpose, environment, and national regulations for all phases of the life cycle. The manufacturer can involve the user during this process.</p> <p>Annex AA shall be used if no national regulations apply for the definition of design targets.</p>	<p>Specify the design target of risk groups according to intended purpose, environment, and national regulations for all phases of the life cycle.</p> <p>Annex AA shall be used if no national regulations apply for the definition of design targets.</p>
b)	<p>Characterize all infrared emission caused by the equipment, direct and indirect for all stages of operation, considering</p> <ul style="list-style-type: none"> – the number of sources; – the geometry of the emitters for example point source, tubular infrared emitter, infrared plate emitter; – the emitted spectrum of the emitters – which depends on rated temperature, emissivity of the surfaces as well as on the conditions during normal operation; – the surface area of emitting sources or surfaces and emitted power from there depending on operation conditions; – the direction of emission of all emitting surfaces; – the temporal reaction of the sources. 	
c)	<p>Define intended directions of irradiation, intensity of intended irradiation and access to the irradiated area.</p> <p>The point of use and possible interference with other equipment or processes shall be retrieved from the user, if possible.</p>	<p>Define intended directions of irradiation, intensity of intended irradiation and access to the irradiated area for the equipment.</p>
d)	<p>Review available materials for infrared shields, protection shields, infrared barriers, enclosures or filters. The materials shall be able to withstand all environmental conditions and the effects of all conditions of irradiation caused during the intended purpose of the equipment and for expected failure modes.</p>	
e)	<p>The manufacturer shall involve the user when making the necessary design decisions. Design decisions shall be based on Annex DD.</p>	<p>The manufacturer makes design decisions. They shall be based on Annex DD.</p>
f)	<p>Either proceed to step h) or calculate emission and exposure of the equipment according to Annex CC and compare the results with the specified levels set in step a).</p>	
g)	<p>If calculated results show discrepancy with the specified levels as set in step a), make changes in the design by repeating steps e) and f).</p>	
h)	<p>Manufacture and install the equipment at the user's site.</p> <p>Measure in accordance with Annex BB in the following cases:</p> <ul style="list-style-type: none"> – no calculation regarding step f) has been undertaken; – calculations regarding step f) or the design need verification. 	<p>Manufacture the equipment.</p> <p>Measure in accordance with Annex BB in the following cases:</p> <ul style="list-style-type: none"> – no calculation regarding step f) has been undertaken; – calculations regarding step f) or the design need verification.
i)	<p>If the measured results show discrepancy with the specified levels set in step a), decide on necessary measures: design improvements, shields, barriers, or organisational means.</p> <p>If agreed on, make changes in the design and repeat steps e), h) and i).</p>	<p>If measured results show discrepancy with the specified levels set in a), make changes in the design and repeat steps e), h) and i).</p>
j)	<p>Prepare the documentation and instructions for commissioning and maintenance, list the necessary organisational means.</p>	

If emission occurs by intent only during commissioning or maintenance phase and organisational means are sufficient to prevent harm, the procedure given in Table 101 is not necessary, but classification and documentation shall follow this standard.

5.5.103 Filtering of radiation

No exclusive reduction or exclusive filtering of visible radiation shall be done.

NOTE Reducing the visual stimulus of radiation increases risk to persons, as is argued in ICNIRP *Guidelines* 1997 [1].

5.5.104 Visible and ultraviolet radiation

Infrared equipment and installations shall be so designed and constructed that any emission of visible or ultraviolet radiation is limited to the extent necessary for their operation and that the effects on exposed persons are non-existent or reduced to non-hazardous proportions. For classification and measurement procedure, refer to IEC 62471:2006 or to national regulations.

NOTE 1 Some kinds of infrared emitters can emit hazardous levels of visible or ultraviolet radiation. This includes arc lamps or halogen lamp emitters operating at high rated temperature.

NOTE 2 National regulations can have requirements exceeding those in IEC 62471:2006 in the visible and ultraviolet ranges.

6 Isolation and switching

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Addition:

6.101 Leakage current

Protective measures shall be applied to ensure that persons are not exposed to electrical hazards due to leakage currents arising under normal operating conditions. Effective measures shall be taken to ensure that the leakage current does not cause electrical hazards of any kind.

NOTE A source of leakage currents are infrared quartz emitter and halogen emitter with hot quartz glass envelope, as glass becomes conductive with high temperature.

7 Connection to the electrical supply network and internal connections

This clause of Part 1 is applicable.

8 Protection against electric shock

This clause of Part 1 is applicable.

9 Equipotential bonding

This clause of Part 1 is applicable.

10 Control circuits and control functions

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

10.3.5 Emergency operations

Addition:

Temperature-limiting safety devices shall be provided if fault conditions are likely to cause hazards due to failure of the temperature controller. These devices shall be both functionally and electrically independent.

In the case of both electronic power controllers and circuit-breakers, as well as in the case of electromagnetically operated contactors with a high operation frequency, the infrared emitters or equipment shall be cut off via a separate safety switch.

11 Protection against thermal influences

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

Additional subclauses:

11.101 Infrared electroheating equipment shall be so designed, installed and operated that even when the equipment is unattended or switched on inadvertently, no hazard due to the temperature is likely to be caused to the operating staff or the environment.

11.102 Infrared electroheating equipment shall be so designed and installed that all necessary measures to limit any hazard from excessive heating of the workload shall be undertaken.

11.103 If the equipment is to be used to process a workload that can ignite or cause damage after an emergency stop, the design and installation of the equipment shall include:

- means for an instant removal of the workload from the equipment;
- all necessary cooling equipment shall operate on a separate circuit and shall operate until safe temperature conditions are reached inside the equipment;
- if no sufficient cooling of the equipment is installed, thermal insulating shields shall separate instantly the workload or other heat sources from those parts of the equipment, that can ignite or can otherwise be damaged by the residual heat stored in the workload or other heat sources;
- if no sufficient cooling of the equipment is possible due to high residual thermal load inside the equipment exceeding the cooling abilities of the equipment, thermal insulating shields shall separate instantly the workload or other heat sources from those parts of the equipment that can ignite or can otherwise be damaged by the residual heat.

NOTE 1 Residual heat stored in the equipment can be released over a long period after switching off.

NOTE 2 Surfaces can increase in temperature after switch off due to the release of stored heat.

11.104 In order to ensure the necessary degree of safety in the case of a fault condition in the temperature control circuit, appropriate safety devices and safety measures specified in Table 102 shall be applied.

Table 102 – Thermal safety

Class	Protection objective	Extent of protection	Safety device	Safety measures
0	Infrared electroheating equipment and environment thereof	–	–	Attended operation with non-hazardous workload only
				Overheating precluded by constructional measures
1	Infrared electroheating equipment and environment thereof	In the case of a fault no danger caused by electroheating equipment	thermal cut-out, temperature protectors, or comparable	Depending on utilization and site of installation
2	Infrared electroheating equipment, environment thereof and workload	In the case of a fault no danger caused by electroheating equipment or workload	pre-selected temperature controllers, or comparable	

In the case of unattended operation, the state of the electroheating equipment shall be checked at reasonably limited intervals.

Safety classes applicable for the electroheating equipment in question shall be given in the operating instruction; for example, thermal class 2 according to 11.102.

12 Protection against other hazards

This clause of Part 1 is replaced as follows.

12.101 General

In addition to potential hazards due to the electrical, mechanical, magnetic and electromagnetic field and radiation described in Clauses 5, 8 or 11, the following hazards shall be considered and be addressed in the operating and maintenance manuals:

- ergonomics of the working environment,
- fire caused by the electroheating equipment itself or by the workload,
- explosion caused by the electroheating equipment itself or by the workload,
- implosion of the equipment,
- eruption or sudden expansion of the workload
- leakage of water or other conducting liquids,
- vibration, infra- and ultrasound,
- acoustic noise and interference of noise with acoustic (warning) signals,
- emission, production, use of hazardous substances (e.g. noxious gases, liquids, dusts, mists, vapour),
- mechanical shocks, tilting, drawing in, crushing, shearing, entanglement,
- ejection of parts, ejection of hot workload.

Use shall be made of the full catalogue of hazards given in ISO 12100:2010, Annex B and the approach of ISO 12100:2010 for safety of machinery in general and of ISO 13577-1 for safety of industrial electroheating equipment.

Other hazards, e.g. lightning, earthquake, tsunami, flooding, may be considered when agreed between the manufacturer and the user.

12.102 Combination of equipment

If equipment is intended to be used in combination with other equipment, any hazard due to the combination shall be considered. Instructions shall be provided for the operation of the equipment in combination.

12.103 Food processing equipment

If the equipment is intended for the processing of food or feed, cosmetics, medical products, or other products which are intended to be consumed or to come into contact with the human body, the following hazards shall be considered and be addressed in the operating and maintenance manuals:

- contact between the equipment and the workload,
- contamination of the workload by the equipment (especially with harmful, pungent or toxic substances),
- food hygiene,
- possible reaction between material of the equipment and workload creating harmful substances,
- cleaning of equipment including hindered removal of residues, and allowed cleaning agents.

Use shall be made of ISO 14159, unless national regulations pose specific requirements on food hygiene and food processing equipment.

12.104 Risks for the public

If the infrared equipment is used for processing of food or feed, cosmetics, medical products, or other products which are intended to be consumed or to come into contact with the human body, all necessary means shall be undertaken to ensure that these products do not contain glass splinters from any broken infrared quartz emitter, halogen lamp emitter, other infrared emitters having a glass envelope, glass filters or from protective windows.

13 Marking, labelling and technical documentation

This clause of Part 1 is applicable except as follows.

13.1 Marking

13.1.1

Addition:

- aa) rated temperature of the infrared emitter(s);
- bb) name or trademark of the supplier or manufacturer of the infrared emitter(s), type reference, rated voltage and rated power of the infrared emitter;
- cc) classification and type of emitted radiation;
- dd) degree of protection against moisture where applicable – see IEC 60529.

13.2 Warning marking

Addition:

Areas outside the installation where the operating staff could be exposed to radiation of class 2 or higher (see Annex AA) shall be appropriately marked.

Additional barriers to prevent accidental access shall be marked with appropriate warning signs.

The warning marking on the installation or on barriers relating to infrared hazards shall be in accordance with Annex GG.

When reference is made to national regulations instead of the classification of this standard or IEC 62471:2006, this shall be marked respectively and the protective measures shall be taken as specified.

13.4 Technical documentation

Addition:

The information for use shall include:

- all necessary information on radiation emission and classification and
- a full description of the optical radiation protection aspects of the equipment or installation.

If replaceable infrared emitters are used in the infrared equipment, the technical documentation shall include the following data:

- name of the manufacturer or supplier of the infrared emitter(s);
- type reference;
- rated voltage and rated power of the infrared emitter(s);
- rated temperature of the infrared emitter(s).

Individual infrared emitters and spare infrared emitters shall be indelibly marked with the following:

- name of the manufacturer or supplier of the infrared emitter(s);
- type reference;
- rated voltage and rated power of the infrared emitter(s);
- rated temperature of the infrared emitter(s).

If it is impossible to place this information on the infrared emitter itself, it shall be placed on the packaging.

A reference to the effect, duration and strength of inrush current shall be added, if the electroheating equipment absorbs more than 130 % of the rated power in the cold state.

14 Commissioning, inspection, operation and maintenance

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

Additional subclauses:

14.1.101 The manufacturer shall indicate the skill level deemed necessary to undertake safely the different processes during commissioning, inspection, operation and maintenance.

14.3.101 The manufacturer shall indicate if the equipment can operate unattended, or shall specify the skill level of the operating staff necessary to operate the equipment safely.

14.4.101 The manufacturer shall indicate the skill level of the operating staff which replaces infrared quartz emitters, halogen lamp emitters and other infrared emitters being exceptionable brittle or using glass envelopes. He shall indicate necessary personal protective measures preventing or reducing danger from glass splinters during replacement work.

Annex A
(normative)

**Protection against electric shock –
special measures**

Annex A of Part 1 is not applicable.

Annex AA (normative)

Classification of infrared exposure

AA.1 General

Table AA.1 summarises the classification of risk groups used throughout this standard. This scheme is in accordance with ICNIRP *Guidelines* 1997 [1]. If requirements of national regulations exceed the limitations of this standard, they shall be used instead. The classification depends on the highest single risk, summarised over all positions and all emission bands for one location.

NOTE Separated locations, like separate doors of the equipment can have different risk classes.

Table AA.1 – Classification of infrared electroheating equipment by emission of radiation

Class	Highest risk group	Protection and shielding	Information and instruction of the operating staff
0	risk free low risk group / 1	–	–
1	medium risk group / 2	limitation of access protective measures can be needed	information on dangers of radiation, risks and secondary effect of radiation
2	above medium risk group / 3	strong limitation of access protective measures	information on dangers of radiation, risks and secondary effect of radiation instruction can be mandatory

AA.2 Risk group definitions

AA.2.1 General

Risk groups simplify the task of assessment of exposure. They mirror specific aspects of behaviour or tasks of the operating staff. They are derived from the exposure limits as given in Table AA.2 and Table AA.3.

Table AA.2 – Exposure limits in the infrared, irradiance based values

Hazard name	Formula	Wavelength range	Exposure duration	Limiting aperture	Exposure limit in terms of constant irradiance
Eye infrared	$E_{IR} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm, or visible, IR-A, IR-B	≤ 1 000 s	1,4 rad / 80 °	$18\,000/t^{0,75} \text{ W m}^{-2}$
Eye infrared	$E_{IR} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm, or IR-A and IR-B	> 1 000 s	1,4 rad / 80 °	100 W m ⁻²
Skin thermal	$E_H = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 3 000 nm, or visible, IR-A, IR-B	< 10 s	2π rad	$20\,000/t^{0,75} \text{ J m}^{-2}$

NOTE The exposure limit for the skin thermal hazard is a dose and not a power, thus it is stated in Joules (J) per area.

where

$E(\lambda)$ is the spectral irradiance;

λ is the wavelength;

t is the exposure time;

$E_{\text{IR}}(\lambda)$ is the integrated irradiance from the IR-A and IR-B (780 nm to 3 000 nm) of the light source;

$E_{\text{H}}(\lambda)$ is the integrated irradiance from the visible, IR-A and IR-B (380 nm to 3 000 nm) of the light source.

Table AA.3 – Exposure limits in the infrared, radiance based values

Hazard name	Formula	Wave-length range	Exposure duration	Limiting aperture	Exposure limit in terms of constant irradiance
Retinal thermal	$L_{\text{R}} = \sum L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	< 0,25 s	0,0017 rad	$50\,000 / (\alpha \cdot t^{0,25}) \text{ W m}^{-2}$
Retinal thermal	$L_{\text{R}} = \sum L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	0,25 – 10 s	$0,011 \cdot \sqrt{t/10} \text{ rad}$	$50\,000 / (\alpha \cdot t^{0,25}) \text{ W m}^{-2}$
Retinal thermal, weak visual stimulus	$L_{\text{IR}} = \sum L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 1 400 nm	> 10 s	0,011 rad	$6\,000 / \alpha \text{ W m}^{-2}$

where

$R(\lambda)$ is the burn hazard weighting function according to IEC 62471:2006;

$L(\lambda)$ is the spectral irradiance;

$L_{\text{R}}(\lambda)$ is the integrated spectral irradiance, weighted by $R(\lambda)$;

$L_{\text{IR}}(\lambda)$ is the integrated IR-A (780 nm to 1 400 nm) irradiance for any source of infrared radiation, where a weak visual stimulus is inadequate to activate the aversion response.

This standard does not allow the exclusive filtering or reducing of the emission of visual light due to the strong risk connected with it. As nearly all sources covered by the scope of this standard will exhibit some visual stimulus in connection with infrared radiation, the following mentioning of infrared radiation without a strong visual stimulus is only for reference and for unforeseen situations.

As stated in ICNIRP *Guidelines* 1997 [1] for all currently known arc and incandescent sources, the contribution made by the IR-C spectral region is usually of no practical concern from a health hazard standpoint. However, there can be situations where substantial IR-C exposure is present and can contribute significantly to heat stress of the operating staff. Because heat stress also depends upon other environmental factors such as air movement, temperature and humidity, as well as the emitting thermal load, IR-C cannot be evaluated as an isolated factor. Heat stress shall be evaluated using appropriate guidelines that consider all contributing factors – refer to the ICNIRP *Statement* 2006 [2] for details.

AA.2.2 Exempt group

Any equipment that does not pose any photobiological hazard in the infrared is classified in the Exempt Group. This requirement is met by any infrared equipment that does

- not pose a retinal thermal hazard within 10 s.
- not pose an infrared radiation hazard for the eye within 1 000 s, or

- infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e., less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard within 1 000 s.

AA.2.3 Risk group 1 (low risk)

Any equipment that does not pose a hazard due to normal behavioural limitations on exposure is classified in the Low risk group. This requirement is met by any infrared equipment that exceeds the limits for the Exempt group but that does

- not pose a retinal thermal hazard within 10 s,
- not pose an infrared radiation hazard for the eye within 100 s,
- emit infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e., less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard, within 100 s.

AA.2.4 Risk group 2 (Moderate risk)

Any equipment, that does not pose a hazard due to the aversion response to very bright light sources or due to thermal discomfort is classified in the Moderate risk group. This requirement is met by any kind of equipment that exceeds the limits for Risk group 1 (Low risk), but that does

- not pose a retinal thermal hazard within 0,25 s (aversion response),
- not pose an infrared radiation hazard for the eye within 10 s,
- emit infrared radiation without a strong visual stimulus (i.e., less than $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) and does not pose an IR-A retinal hazard within 10 s.

AA.2.5 Risk Group 3 (High risk)

Any equipment that can pose a hazard even for momentary or brief exposure, or which exceeds the limits for Risk group 2 (Moderate risk) are in Risk group 3 (High risk).

AA.2.6 Pulsed equipment

For the definition of risk groups for infrared pulsed sources covered by the scope of this standard, 6.2 of IEC 62471:2006 applies.

AA.2.7 Thermal hazard from exposure of skin

In the case of danger of burn caused by infrared radiation, the limit is defined as a dose, not by a specific irradiation. As Figure AA.1 for exposure to a constant irradiation shows, the limits for cornea and skin are comparable. The operating staff can be exposed to a safe dose repeatedly, as the doses do not accumulate – in contrast to e.g. exposure to UV radiation.

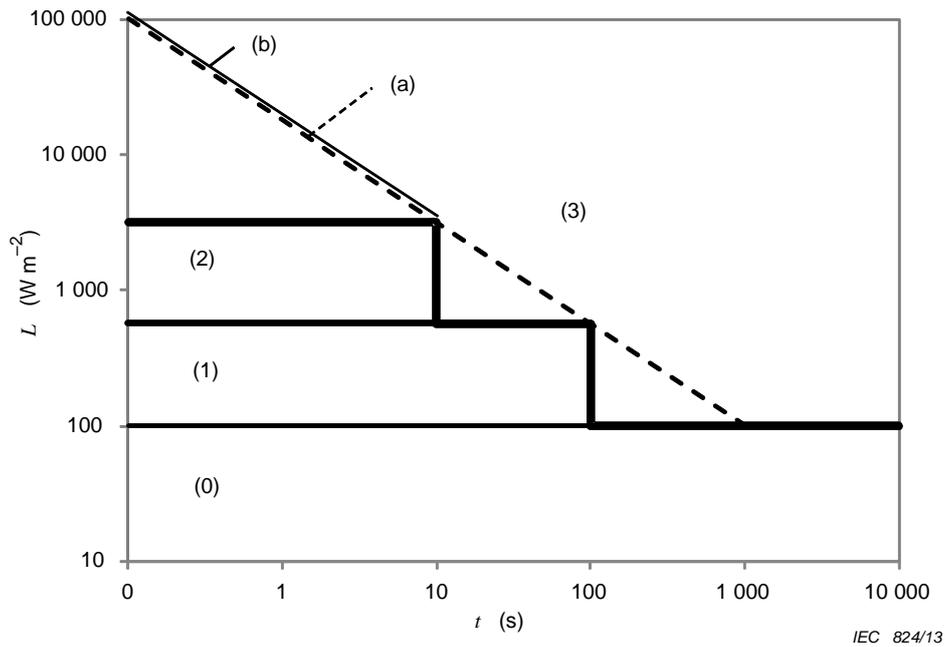
AA.3 Classification

The classification of equipment depends on

- the intended use of the equipment;
- the accessibility of the equipment by the operating staff;
- the time and intervals, the operating staff is expected to spend in exposed areas during operation.

Figure AA.1 illustrates the exposure limits from Table AA.2 and the risk groups for the hazards of burning of the skin and burning of the cornea caused by exposure to high irradiation.

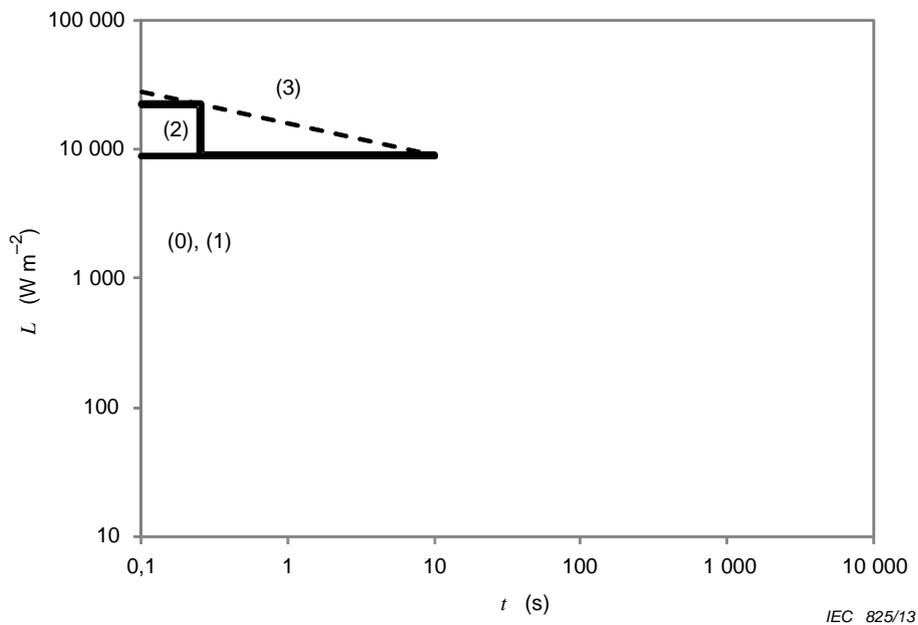
Figure AA.2 illustrates the exposure limits from Table AA.3 and the risk groups for the hazard of retinal burn caused by exposure to high radiation with visual stimulus.



Key

- | | | | |
|-----|---------------------|-----|-----------------------------|
| (0) | Exempt group | (a) | Exposure limit for the eye |
| (1) | Low risk group | (b) | Exposure limit for the skin |
| (2) | Moderate risk group | | |
| (3) | High risk group | | |

Figure AA.1 – Risk groups and exposure limits (see Table AA.2) depending on time of exposure and irradiation



Key

- | | | | |
|-----|----------------|-----|---------------------|
| (0) | Exempt group | (2) | Moderate risk group |
| (1) | Low risk group | (3) | High risk group |

NOTE Angular subtense of the source is not included.

Figure AA.2 – Risk groups and exposure limits (see Table AA.3) depending on time of exposure and radiance

Annex BB (normative)

Measurement procedure

BB.1 General

The measurement of optical radiation for the purpose of computing photobiological radiation values poses significant challenges. Spectral irradiance or radiance measurements using a monochromator or spectrometer are difficult to make in the infrared due to a lack of simple or cost effective equipment made for industrial applications.

As no weighting function is defined at wavelengths greater than 1 400 nm, broadband measurements are suitable in evaluating those infrared hazard conditions that have no weighting function to consider. If the cumbersome measurement of spectrally resolved data and application of weight functions is not undertaken, either the maximum value of the weight function may be used over the complete wavelength range, or the measurement method of Annex EE may be used. This measurement method does not need spectrally resolved measurements in the infrared, but still takes weight functions into account.

All hazard values shall be reported

- at a distance of 100 mm from the equipment, if the equipment is freely accessible, or
- if access is restricted, at all exposed and accessible positions.

The measurement equipment shall be oriented, to capture the highest signal.

BB.2 Measurement conditions

The accurate measurement of radiation sources usually requires a controlled environment, as the operation of sources and of measurement equipment is impacted by environmental factors. As a controlled environment is usually impossible to maintain for industrial equipment, the measurement conditions and an assessment of the influence of measurement conditions on the quality of the measured data shall be part of the measurement protocol. Measurement conditions shall be reported as part of the evaluation against the exposure limits and the assignment of risk classification.

To maintain stable output during the measurement process and provide reproducible results, the equipment shall be seasoned for an appropriate period of time. During the initial period of operation the output characteristic will change as equipment components oxidise, age, or come otherwise to a state of near equilibrium. If measurements are taken with unseasoned equipment the variations within the measurement period and between measurements could be significant.

The necessary ageing period depends on the specific equipment and the environment. It varies with different types of equipment and it is usually impossible to reach sufficient ageing for assessment during commissioning. In this case measurement shall be done again at a later stage of equipment lifetime.

Careful checks shall ensure that other sources of radiation like nearby ovens, hot workload, hot shields, or reflections do not add significantly to the measurement results.

NOTE Visually black surfaces can be reflective to infrared radiation.

The infrared equipment shall be operated under conditions that generate the maximum radiation emission from the equipment within normal operating conditions; single fault

conditions being excluded. If different conditions during normal operation for different phases of the life cycle ensue, all of these need to be tested if possible:

- in case of equipment that is operated with or without workload, both cases shall be considered;
- in case of equipment that runs cyclic, all phases of a cycle shall be considered;
- in case of equipment with doors opening and closing during processing, open and closed states shall be considered.

BB.3 Measurement equipment

Annex B of IEC 62471:2006 applies.

For a simplified measurement method that uses a broad band detector as the sole measurement device, use Annex FF.

All measurement equipment shall be calibrated to traceable calibration sources.

BB.4 Measurement procedure

Subclauses 5.2 and 5.3 of IEC 62471:2006 apply.

If Annex EE of this standard is used as measurement method, it shall supplement 5.2 and 5.3 of IEC 62471:2006.

BB.5 Results and measurement accuracy

The measurement results shall be calculated and stated in the quantities and units in which the exposure limit values are set.

The accuracy of the measurement results shall be calculated and stated. Measurement inaccuracy should not exceed 30 % of the lowest classification limit in absolute values.

Relevant data of the measurements shall be kept at the manufacturer of the equipment. It shall be kept either over the expected lifetime of the equipment or over a time defined by national regulations.

Annex CC (normative)

Qualified calculation of exposure

CC.1 General

The assessment of exposure and subsequent classification can be based on ray tracing calculation of irradiance and radiance at all positions relevant instead of measurements, if a comparable accuracy is reached by the calculation.

CC.2 Calculation domain

As ray tracing is a numerical experiment, the demands on position and orientation of virtual detectors are the same as for physical detectors during measurements. See Annex BB for details of placement of detectors.

The calculation of radiance or irradiance, depending on the defined spatial angles or angular subtenses shall follow the same procedure as for measurement defined in Annex BB.

CC.3 Accuracy and traceability of calculation

The accuracy of the calculation shall be comparable to the achievable accuracy of the measurements in the infrared. This defines the needed accuracy of the implemented geometrical setup and minimum number of rays traced.

The use of calculated data instead of measurements shall be stated in the technical documentation. The documentation of the calculation shall include

- the geometrical setup used;
- all relevant modelling data and a description of the models used for the infrared sources, the oven and all surfaces relevant to the calculation;
- all relevant modelling data and a description of the models used for involved surfaces, their scattering behaviour, diffuse or specular reflection;
- the software and version used;
- set parameters of the software that influence the result, like splitting of rays, maximum number of split rays followed, minimum amount of energy in a single ray or randomisation method;
- number of rays used, energy lost due to numerical effects;
- the method used for verification of the accuracy of the used models and the calculation itself;
- all results used for classification.

It shall be possible from the data stored, to implement the models again and to make the calculation again on another system or with another software.

Relevant data of the measurements shall be kept at the manufacturer of the equipment. It shall be kept either over the expected lifetime of the equipment or over a time defined by national regulations.

Annex DD (normative)

Protective measures against infrared radiation

DD.1 General aspects

Technical measures to reduce exposure to infrared radiation are preferred to organizational ones (refer to ISO 12100:2010), they include:

- The installation of suitable shields to reduce or avoid the emission of visible or infrared radiation from the equipment. This includes sufficient infrared enclosure (i.e. housing) of the infrared equipment. Shields and housing can become dangerously hot to the touch, see Clause 13, if no sufficient measures are taken.
- Positioning of the radiation source so that no or only reduced radiation is directed towards persons.
- Suitable filters reduce the emission of infrared radiation emitted from the infrared electroheating equipment. Absorbing filters can become dangerously hot surfaces to touch, see Clause 13.

Organisational measures are suitable during commissioning or maintenance work only, they include:

- Limiting access by physical means. Installation of infrared barriers to hinder access to areas with high radiation.
- Reducing exposure time of persons.
- Placement of suitable warning signs.
- Instruction of the operating staff in the hazards of infrared radiation and in the use of suitable protective measures.
- Use of personal protective measures and equipment.
- Use of suitable clothing and gloves for the protection of the skin.
- Use of suitable glasses and filters for the protection of the eyes. Filters shall reduce the dangerous level of emission, without impairing the needed visual information.

Measures to reduce exposure include avoidance of exposure through the use of another heating method (see ISO 12100:2010). As most other heating methods generate infrared radiation that reach similar infrared intensity as infrared electroheating itself, avoidance is usually not possible through this measure.

DD.2 Access points in the infrared enclosure

As part of the routine maintenance or setting of a machine, it can be necessary to measure the intensity or intensity distribution inside the infrared equipment, or to inspect the workload visually, or to inspect the inside of the equipment visually. If there is a need for access to the inside of the equipment or to the radiation, access points in the infrared enclosure shall be included during the design stage. The construction of access points shall not create emission of radiation above the level specified in the design targets.

To reduce emission through access points, the following measures shall be considered:

- they may be sealed by a door, which shall be able to open only with a tool, or
- they may have a window that includes an infrared filter reducing the emission from that access point to a safe level.

DD.3 Design of shields

Wherever possible, the infrared radiation shall be enclosed to prevent inadvertent access to levels of radiation above the design target level. The design of enclosure and shields depends on how these components are to be used including whether they will be removable or fixed and if they will require maintenance.

The equipment and the materials used for the attenuation of radiation shall withstand all effects of the environmental and operating conditions expected at intended use as well as during fault conditions. These factors include the climate, chemical and biological factors, the atmosphere near and inside the equipment (dust, vapours, flammability), effects from periodic cleaning, and mechanical factors like vibration.

When applicable, the following requirements for the infrared enclosure and shields shall be fulfilled:

- the infrared emitter(s) shall be positioned so that the enclosure cannot be damaged by normal operation or any single fault condition which would lead to a change in the emission characteristics. If necessary, further mechanical protection shall be provided in order to achieve this;
- the emitter(s) shall be securely mounted. Normal operation or single fault conditions shall not cause them to dislodge;
- if the opening of a shield, a barrier or part of the enclosure gives an automatic "stop" command, the closing of the respective shield, barrier or enclosure shall not reactivate the emission without a further operation;
- the design of the enclosure and the mount(s) shall facilitate infrared emitter replacement without significant exposure to the operator;
- any further mechanical protection shall not increase the radiation emission hazard or other hazards by virtue of its presence or location;
- all detectors and indicators, the power source, all shields, shutters, and interlocks shall operate in a "fail to safety" mode.

DD.4 Removing of shields

If the design target levels of radiation exposure will be exceeded when shields are removed

- the emitters shall be automatically switched off, or
- mechanical shutters or other means used to restrict the emissions to the design target levels shall hinder emission.

If this is not possible, then the shield shall

- have fastenings which require a tool to release them, and
- suitable permanent warnings signs shall be affixed to them.

If shields or parts of them are designed to be removed for maintenance, the arrangement of fasteners shall ensure correct replacement.

Annex EE (informative)

Simplified measurement method for the assessment of thermal infrared radiation exposure

EE.1 General

It is in many cases possible to use a much simpler and less costly approach than to measure radiance or irradiance employing a spectrometer or a monochromator. If the spectral emission characteristics of the infrared emitters or the spectral emission characteristics of hot surfaces of the equipment or of hot workloads are known, namely:

- the temperature of the infrared emitters as well as all other surfaces, that contribute substantially to the radiation emission,
- the spectral and – if applicable – the thermal variation of the emissivity of those surfaces, and
- the spectral transmission of windows and filters used,

the spectral emission characteristic can be calculated from the knowledge of surface temperatures alone, so that the following approach is valid and may be used.

NOTE The method does not allow for the assessment of absorption or emission by atmospheric or process gases.

Depending on irradiance or weighted radiance as the targeted measurement result, the steps as laid out in Table EE.1 constitute the measurement method.

Table EE.1 – Measurement procedure

Step	Irradiance measurement of $E_{\text{IR}} = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ and $E_{\text{H}} = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$, see Table AA.2 and Figure AA.1	Radiance measurement of $L_{\text{IR}} = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ and $L_{\text{R}} = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$, see Table AA.3 and Figure AA.2
a)	generate transfer tables for transferring measured total irradiance into irradiances of the spectral bands – see EE.2	generate transfer tables for transferring measured total radiance into weighted radiances of the spectral bands – see EE.4
b)	use a measurement device, that is capable of measuring the total irradiance (see Annex FF) and calibrate the measurement device for measurement of total irradiance	use a measurement device, that is capable of measuring the total radiance and calibrate the measurement device for measurement of total radiance
c)	measure the total irradiance at all relevant positions (see Annex BB)	measure the total radiance at all relevant positions (see Annex BB)
d)	together with the irradiance measurement the following information shall be documented: position and orientation of the detector; infrared radiation emitting surfaces contributing to the signal, their size and orientation	together with the radiance measurement the following information shall be documented: position and orientation of the detector; infrared radiation emitting surfaces contributing to the signal, their angular subtense and orientation
e)	use the table from step a) to transfer the measured total irradiance into IR-A, IR-B and VIS irradiances	use the table from step a) to transfer the measured total radiance into IR-A and VIS radiance
f)	derive exposure classes from that data	

EE.2 Transfer tables for irradiance measurement

EE.2.1 General

The total irradiance is defined as

$$E_{\text{tot}} = \int_0^{\infty} E(\lambda) \cdot d\lambda \cong \int_{200 \text{ nm}}^{20\,000 \text{ nm}} E(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{EE.1})$$

where

$E(\lambda)$ is the spectrally resolved irradiance;

E_{tot} is the total irradiance.

If the detector is only illuminated by a thermal emitter of known emissivity $\varepsilon(\lambda)$, the irradiance is directly proportional to Planck's formula

$$E(\lambda) = c_{\text{geom}} \cdot \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} \quad (\text{EE.2})$$

where

c_1, c_2 are constants;

c_{geom} describes all geometrical and other losses between the source and the detector;

T is the temperature;

$\varepsilon(\lambda, T)$ is the emissivity.

The transfer factors that convert total irradiance into the band irradiances are then calculated using for eye infrared

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR}}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.3})$$

and for skin thermal

$$\frac{E_{\text{H}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{H}}(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.4})$$

The factors $f_{\text{IR}}(T)$ and $f_{\text{H}}(T)$ may be computed from this in advance. A numerical integration of the functions using a spreadsheet software and sufficient spectral resolution give reliable results.

The contribution of the deviation of the materials emissivity, the filter function and other assumptions made to the measurement error are assessed through a separate calculation. It is suggested that the measurement error does not exceed the overall limit on measurement error, see Annex BB.

EE.2.2 Non-grey emitters

In the case of non-grey emitters causing the measured total irradiance, it is necessary to use the spectrally resolved emissivities $\varepsilon(\lambda, T)$ of all non-grey surfaces. This measurement may be done by Fourier-transform spectroscopy or any other well established method.

NOTE The temperature dependency of emissivity is seldom very pronounced and can be neglected if it affects the result only weakly.

EE.2.3 Grey emitters

In the case of grey emitters, where the emissivity is constant, Formula (EE.3) simplifies to:

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR,g}}(T) = \frac{\int_{780\text{nm}}^{3000\text{nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.5})$$

Figure EE.1 illustrates the relevant factors for the case of grey emitters.

NOTE 1 For instance, most oxidic surfaces have a near grey behaviour over the relevant spectral range.

NOTE 2 The total irradiance can be calculated using the Stefan-Boltzmann law.

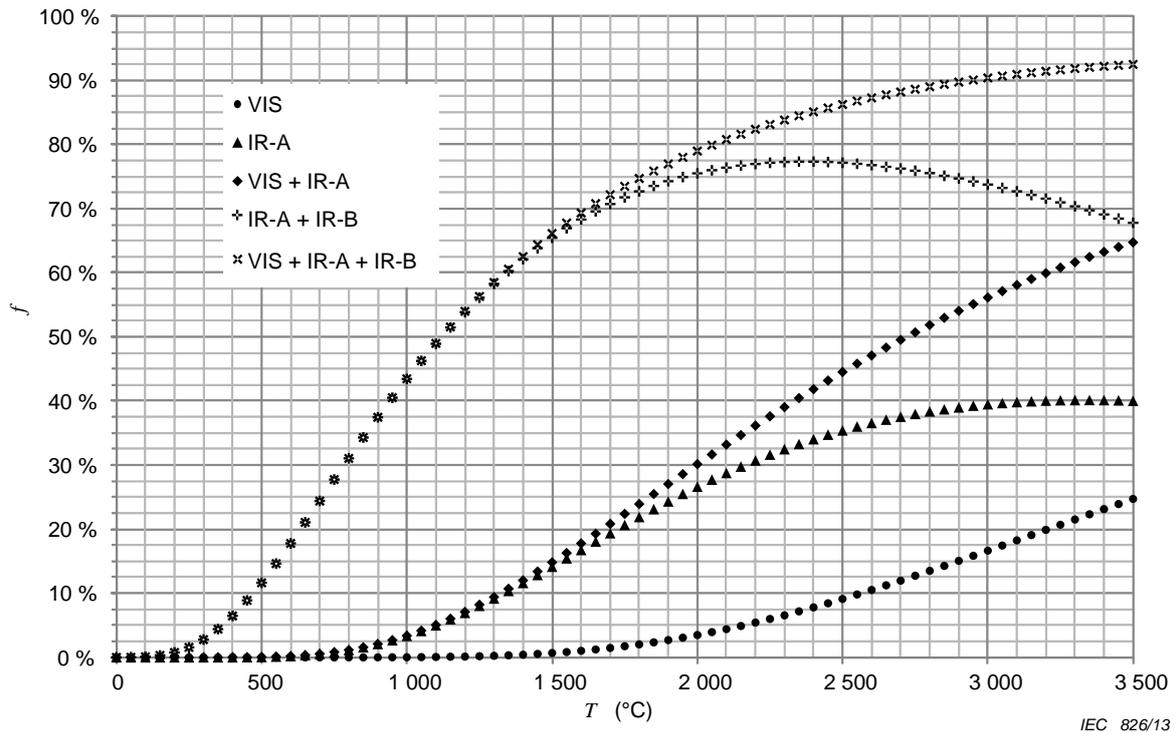


Figure EE.1 – Factors for converting measured total irradiance into band irradiance, depending on surface temperature of a grey emitter generating the signal

EE.2.4 Filters

The wavelength dependent attenuation of emitted light from the source by a filter is described by a filter function, leading to:

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR,Filter}}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.6})$$

where

$F(\lambda)$ is the spectral transmission of the filter.

EE.3 Irradiance contributions from more than one surface

If the measured irradiance signal is caused by more than one surface having different temperatures or spectral emission, the method can still be used. The signal is:

$$E_{\text{tot}} = \sum_i E_i \quad (\text{EE.7})$$

where

i denotes the i -th surface;

E_i is the irradiation caused by the i -th surface.

If one contribution dominates the sum by far, all other can be negligible. For grey emitters and using Stefan-Boltzmann's law:

$$E_{\text{tot}} = \sum_i E_i \approx \sum_i A_i \cdot T_i^4 \cdot \varepsilon_i \quad (\text{EE.8})$$

where

A_i is the area of the i -th surface;

T_i is the temperature of the i -th surface;

ε_i is the emissivity of the i -th surface.

NOTE The sign “ \approx ” has its usual mathematical meaning as “being proportional to”.

In most cases the hottest surface dominates the signal. If the signal is still dominated by one source the problem reduces to above as all other contributions can be neglected. Otherwise, the use of the most disadvantageous factor at the used temperature for the transformation of signal into band irradiation will provide meaningful results.

EE.4 Transfer tables for radiance measurement

For the conversion of measured total radiance into weighted band radiance, the weighting functions $B(\lambda)$ for blue light danger or $R(\lambda)$ for retinal thermal take the role of an extra filter function, so the factors become for the assessment of the risk of retinal thermal damage for grey emitters similar to formula (EE.6):

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}, \quad (\text{EE.9})$$

for non grey emitters:

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}, \quad (\text{EE.10})$$

and for filtered emission:

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.11})$$

These Formulas (EE.9), (EE.10) and (EE.11) are identical for blue light hazard, only $R(\lambda)$ will be replaced by $B(\lambda)$. The functions $B(\lambda)$ and $R(\lambda)$ are stated in IEC 62471:2006, ICNIRP 1997 [1], EN 14255-2 [8], or Directive 2006/25/EC [7]. The factors $g_R(T)$ and $g_{\text{IR}}(T)$ can be computed from this in advance. A numerical integration of the functions using a spreadsheet software and sufficient spectral resolution gives very reliable results.

Figure EE.2 illustrates the factor $g_R(T)$ for retinal thermal damage and for grey emitters.

In all cases, the measurement of total radiance includes the angular aspects as defined in Annex BB and set in Table AA.3.

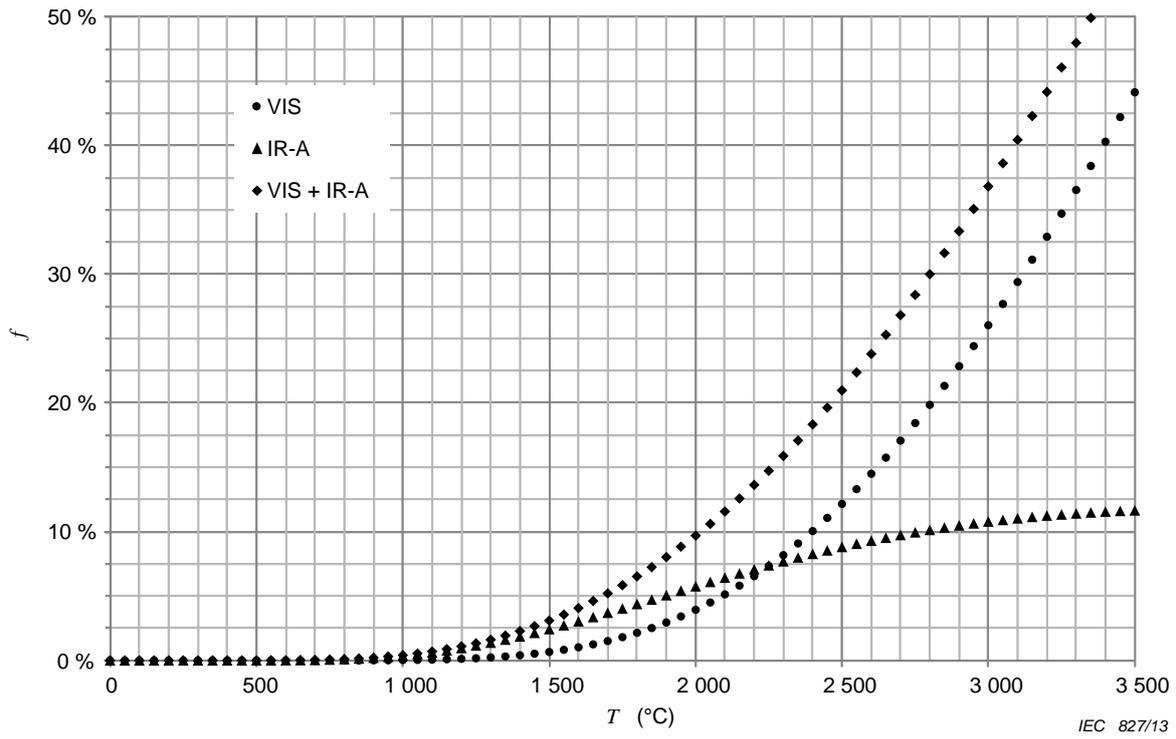


Figure EE.2 – Factor for converting measured total radiance into relevant retinal thermal radiance, depending on surface temperature of a grey emitter generating the signal

The contribution of the deviation of the materials emissivity, the filter function and other assumptions made to the measurement error are assessed through a separate calculation. It is suggested that the measurement error does not exceed the overall limit on measurement error, see Annex BB.

Annex FF (informative)

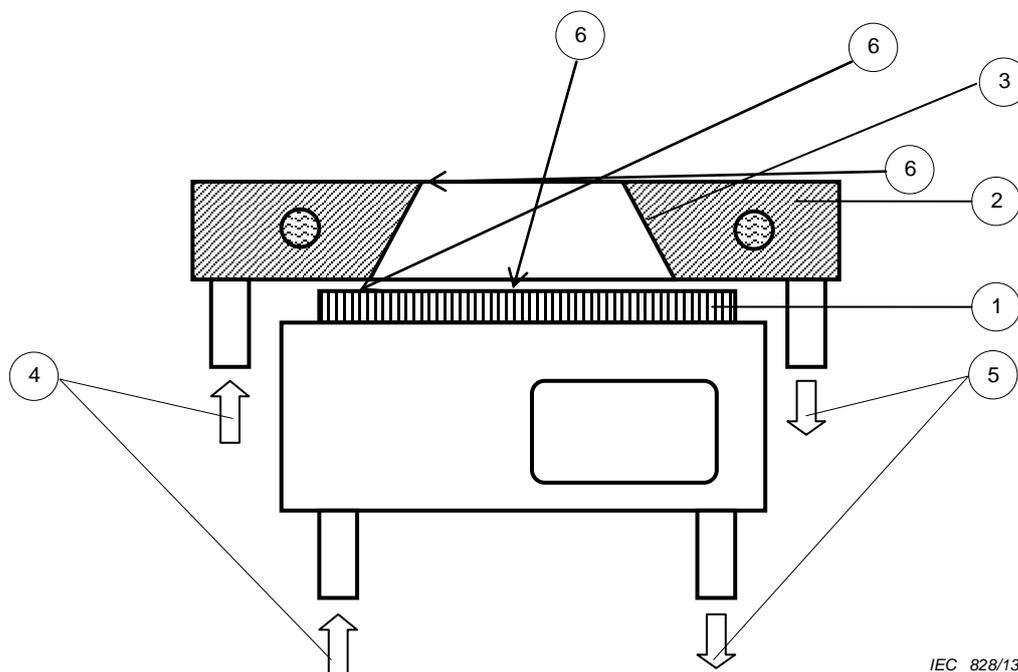
Measurement device for total irradiance

This annex describes a device conforming to 5.2.1 of IEC 62471:2006 and may be used for the measurement of irradiance as is described in Annex EE.

A radiation detector with wavelength independent response characteristic, sufficient sensitivity and signal to noise ratio for the measurement and a cosine dependent angular response may be used. The wavelength independent sensitivity range should at least cover 400 nm to 10 μm but a larger flat response up to 20 μm is preferred. Preferred is a thermopile detector.

The detector is fixed inside a water cooled housing that keeps the temperature of the detector constant and thus limits any effects on measurement accuracy or drift by preventing any heating up of the detector.

To make a thermopile detector with cosine angular response, the water cooled housing should incorporate an entrance optic that reflects any light that does not fall onto the detector directly with one reflection onto the detector surface – refer to Figure FF.1 for an example. The reflector of this optic is made in optical quality and from aluminium or gold to achieve near perfect reflectivity. The surface should be a compound parabolic concentrator or similar.



Key

- | | | | |
|-----|---|-----|----------------|
| (1) | thermopile detector | (4) | water inlet |
| (2) | water cooled front plate with (3), (4), (5) and (6) | (5) | water outlet |
| (3) | concentrator | (6) | different rays |

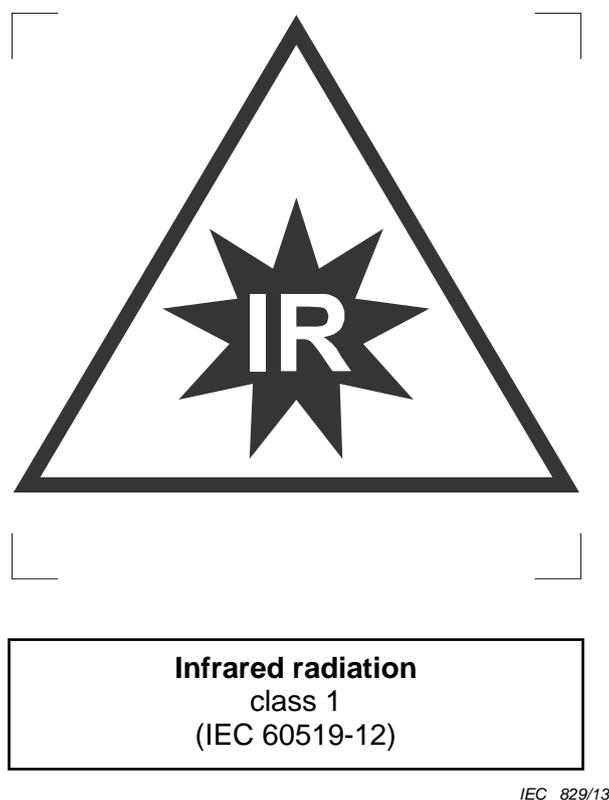
Figure FF.1 – Example of a detector for total irradiance measurement

Annex GG (normative)

Marking of emission or exposure

All openings through which infrared radiation might be emitted and all areas where exposure to infrared radiation is expected shall be marked, if no national regulations state otherwise, when they are class 1 or class 2. This refers to the risk group 2 (moderate risk) and risk group 3 (high risk) as stated in Annex AA.

The marking (see Figure GG.1) consists of a graphical symbol of IEC 60417 (IEC 60417-6151 (2012-02)) and a text label, which states the kind of radiation, the class and the reference. Reference is either this standard, IEC 62471:2006, or national regulations.



IEC 829/13

Figure GG.1 – Example of warning marking for infrared radiation

Bibliography

The Bibliography of Part 1 is applicable, except as follows.

Additions:

- [1] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *Guidelines on limits of exposure to broadband incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm)* – *Health Physics* 73 (3), 539-554, (1997). Available from <<http://www.icnirp.de/documents/broadband.pdf>>
 - [2] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): *ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure*. *Health Physics* 91 (6), 630-645, (2006). Available from <<http://www.icnirp.de/documents/infrared.pdf>>
 - [3] IEC 60519-2:2006, *Safety in electroheat installations – Part 2: Particular requirements for resistance heating equipment*
 - [4] IEC 60825-1:2007 *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*
 - [5] IEC/TR 60825-9:1999, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation*
 - [6] IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*
 - [7] Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Available from <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0038:0059:EN:PDF>>
 - [8] EN 14255-2:2005, *Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation – Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace*
 - [9] EN 12198-1:2000+A1:2008, *Safety of machinery – Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery – Part 1: General principles*
 - [10] EN 12198-2:2002+A1:2008, *Safety of machinery – Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery – Part 2: Radiation emission measurement procedure*
 - [11] EN 12198-3:2002+A1:2008, *Safety of machinery – Assessment and reduction of risks arising from radiation emitted by machinery – Part 3: Reduction of radiation by attenuation or screening*
 - [12] ANSI/IESNA RP 27.1-96. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – General Requirements*
 - [13] ANSI/IESNA RP 27.2-00. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – Measurement Systems – Measurement Techniques*
 - [14] ANSI/IESNA RP 27.3-96. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – Risk Group Classification & Labeling*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	40
INTRODUCTION.....	42
1 Domaine d'application et objet.....	44
2 Références normatives.....	45
3 Termes et définitions.....	45
4 Classification de l'équipement électrothermique.....	48
5 Exigences générales.....	48
6 Sectionnement et coupure.....	52
7 Raccordement au réseau électrique et raccordements internes.....	53
8 Protection contre les chocs électriques.....	53
9 Liaisons équipotentielle.....	53
10 Circuits de commande et fonctions de commande.....	53
11 Protection contre les effets thermiques.....	53
12 Protection contre d'autres dangers.....	54
13 Marquage, étiquetage et documentation technique.....	56
14 Mise en service, inspection, exploitation et entretien.....	57
Annexe A (normative) Protection contre les chocs électriques – mesures particulières.....	58
Annexe AA (normative) Classification de l'exposition au rayonnement infrarouge.....	59
Annexe BB (normative) Mode opératoire de mesure.....	64
Annexe CC (normative) Calcul qualifié de l'exposition.....	66
Annexe DD (normative) Mesures de protection contre le rayonnement infrarouge.....	68
Annexe EE (informative) Méthode de mesure simplifiée pour l'évaluation de l'exposition au rayonnement infrarouge thermique.....	71
Annexe FF (informative) Dispositif de mesure de l'éclairement énergétique total.....	77
Annexe GG (normative) Marquage de l'émission ou de l'exposition.....	78
Bibliographie.....	79
Figure AA.1 – Groupes de risques et limites d'exposition (voir Tableau AA.2) selon le temps d'exposition et l'exposition aux rayonnements.....	62
Figure AA.2 – Groupes de risques et limites d'exposition (voir Tableau AA.3) selon le temps d'exposition et la luminance énergétique.....	63
Figure EE.1 – Facteurs de conversion de l'éclairement énergétique total mesuré en éclairement énergétique de bande, selon la température de surface d'un émetteur à corps gris qui produit le signal.....	73
Figure EE.2 – Facteur de conversion de la luminance énergétique totale mesurée en luminance énergétique thermique rétinienne appropriée, selon la température de surface d'un émetteur à corps gris qui produit le signal.....	76
Figure FF.1 – Exemple de détecteur utilisé pour la mesure de l'éclairement énergétique total.....	77
Figure GG.1 – Exemple de marquage d'avertissement pour le rayonnement infrarouge.....	78
Tableau 101 – Procédure d'évaluation et de réduction de l'exposition au rayonnement par la conception.....	51
Tableau 102 – Sécurité thermique.....	54

Tableau AA.1 – Classification des équipements électrothermiques infrarouges par émission de rayonnements	59
Tableau AA.2 – Limites d'exposition en termes de valeurs basées sur le rayonnement infrarouge et l'éclairage énergétique	59
Tableau AA.3 – Limites d'exposition en termes de valeurs basées sur le rayonnement infrarouge et la luminance énergétique	60
Tableau EE.1 – Mode opératoire de mesure	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 12: Exigences particulières pour les installations électrothermiques par rayonnement infrarouge

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 60519-12 a été établie par le comité d'études 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel et traitement électromagnétique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
27/894/FDIS	27/905/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60519, publiées sous le titre général *Sécurité dans les installations électrothermiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Les articles des parties de la série CEI 60519 (appelées ci-après Exigences particulières) complètent ou modifient les articles correspondants de la CEI 60519-1:2010 (*Exigences générales* appelées ci-après Partie 1).

La présente partie de la CEI 60519 doit être lue conjointement à la Partie 1. Elle complète ou modifie les articles correspondants de la Partie 1. Lorsque le texte indique une "addition" ou un "remplacement" de la disposition correspondante de la Partie 1, ces modifications sont apportées au texte correspondant de la Partie 1. Si aucune modification n'est nécessaire, l'expression "Le présent article de la Partie 1 est applicable" est utilisée. Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 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 en commençant par les chiffres 101.

NOTE Le système de numérotation suivant est appliqué:

- les paragraphes, tableaux et figures numérotés en commençant par les chiffres 101 s'ajoutent à ceux de la Partie 1;
- les notes, à moins qu'elles ne figurent dans un nouveau paragraphe ou qu'elles n'impliquent des notes dans la Partie 1, sont numérotées en commençant par les chiffres 101, y compris celles figurant dans un article ou paragraphe remplacé;
- les annexes supplémentaires portent les lettres AA, BB, etc.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Le domaine d'application de la présente norme couvre des types et des conceptions d'équipements infrarouges très différents, utilisés pour nombre d'objectifs différents par l'industrie. La présente norme est destinée à couvrir tous les types d'équipements infrarouges industriels, avec quelques rares exceptions décrites à l'Article 1.

Étant donné que de nombreux types d'équipements électrothermiques émettent des rayonnements infrarouges à des niveaux pouvant présenter des risques, le domaine d'application de la présente Partie 12 de la série CEI 60519 traite de ces aspects de rayonnements infrarouges également pour les autres parties de la série. Les membres du TC 27 sont convenus, notamment et avec référence à la CEI 60519-2:2006 [3]¹, que la présente norme couvre tous les types de dangers d'émissions infrarouges des installations électrothermiques industrielles.

Les rayonnements infrarouges font l'objet de discussions relativement étayées dans la présente norme du fait de l'absence de source utile unique pour la mise en œuvre de méthodes de mesure simples, polyvalentes, commodes et économiques pour l'industrie.

Les dispositions de la présente norme relatives aux dangers engendrés par l'émission infrarouge des équipements eux-mêmes et des charges de travail chaudes peuvent être utilisées en tant que complément à la CEI 60519-2:2006, étant donné que ces aspects ne sont pas traités dans ladite norme.

La présente norme fournit un guide d'évaluation et de prévention des dangers provoqués par un rayonnement infrarouge émis sur des points accessibles par des charges de travail chaudes, des électrodes ou autres sources thermiques internes aux équipements électrothermiques.

Les autres principes destinés à couvrir les risques engendrés par les rayonnements infrarouges ont été les suivants:

- Ni le fabricant, ni l'utilisateur des équipements électrothermiques ne font habituellement appel à un spécialiste de la mesure du rayonnement optique ou n'ont accès à un laboratoire optique comportant tous les équipements nécessaires pour réaliser des mesures complexes.
- Le personnel d'exploitation ayant une expérience limitée de la mesure des rayonnements est habituellement responsable de la réalisation des mesures nécessaires et pourra apprécier la mise à disposition d'un guide simple et facile à appliquer.
- L'EN 14255-2:2005 est définie et utile pour les lampes uniquement [8].
- La série EN 12198 n'est pas très détaillée concernant les méthodes de mesure. Elle fournit en revanche des recommandations appropriées concernant les procédures d'amélioration de la sécurité des équipements. Certaines informations issues de cette source ont été adaptées [9 – 11].
- Le domaine d'application de la CEI 62471:2006 se limite aux lampes mais cette norme peut en revanche s'appliquer à d'autres sources de lumière. Les aspects principaux ont par conséquent été adaptés et si possible simplifiés pour la présente norme. Le contenu documentaire essentiel pour la sécurité des équipements électrothermiques est inclus dans la présente norme.
- Les chiffres qui illustrent les classes définies dans la CEI 62471:2006 sont inclus afin de fournir une norme plus compréhensible et plus utile (La CEI 62471:2006 fournit des données uniquement dans les tableaux concernés).
- Les documents pertinents de l'American National Standard Institute / Illuminating Engineering Society of North America, à savoir la série de normes ANSI/IESNA RP 27 [12

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

– 14], sont basés également sur les recommandations ICNIRP [1, 2]. Ils ne fournissent toutefois aucune information supplémentaire concernant la présente norme et ses références.

Un nouveau panneau de mise en garde pour l'infrarouge présenté à l'Annexe GG a été défini en liaison avec le SC 3C de la CEI.

SÉCURITÉ DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTROTHERMIQUES –

Partie 12: Exigences particulières pour les installations électrothermiques par rayonnement infrarouge

1 Domaine d'application et objet

Le présent article de la Partie 1 est remplacé par le texte suivant.

Remplacement:

La présente partie de la CEI 60519 spécifie les exigences de sécurité concernant les équipements et installations électrothermiques industriels avec lesquels le rayonnement infrarouge, produit habituellement par des émetteurs de rayonnement infrarouge, prédomine véritablement sur la convection ou la conduction thermique comme moyen de transfert d'énergie au matériau destiné à être chauffé ou traité. Une limite supplémentaire du domaine d'application se traduit par le fait que les émetteurs de rayonnement infrarouge ont une émission spectrale maximale à des longueurs d'ondes plus grandes que 780 nm dans l'air ou le vide, et émettent des spectres continus à large bande tels que ceux émis par un rayonnement thermique ou des arcs à haute pression.

La CEI 60519-1:2010 définit les rayons infrarouges comme un rayonnement dans la gamme de fréquences comprise entre environ 400 THz et 300 GHz. Ceci correspond à la gamme de longueurs d'ondes dans le vide comprise entre 780 nm et 1 mm. Le chauffage par rayonnement infrarouge industriel utilise habituellement des sources de rayonnement infrarouge avec des températures assignées comprises entre 500 °C et 3 000 °C; le rayonnement émis par ces sources domine dans la gamme de longueurs d'ondes comprise entre 780 nm et 10 µm.

Dans la mesure où l'émission importante des émetteurs thermiques à corps noir, par exemple, peut s'étendre au-delà de 78 nm ou 3 000 nm, la présente norme tient également compte des aspects de sécurité de la lumière visible émise et de l'émission à des longueurs d'ondes plus grandes que 3 000 nm.

La présente norme ne s'applique pas aux:

- installations à rayonnement infrarouge avec lasers ou diodes électroluminescentes (DEL) comme sources principales – elles sont couvertes par les CEI 62471:2006, CEI 60825-1:2007 [4] et CEI/TR 60825-9:1999 [5];
- appareils destinés à être utilisés par le grand public;
- appareils destinés à être utilisés par un laboratoire – ils entrent dans le champ de la CEI 61010-1:2010 [6];
- installations électrothermiques dans lesquelles des fils chauffants nus, des tubes ou des barres sont utilisés comme éléments chauffants; et que le rayonnement infrarouge ne constitue pas un effet secondaire dominant de l'usage habituel couvert par la CEI 60519-2:2006 [3];
- équipements de chauffage par rayonnement infrarouge avec une puissance électrique combinée nominale des émetteurs de rayonnement infrarouge inférieure à 250 W;
- équipements infrarouges portatifs.

Les équipements électrothermiques par rayonnement infrarouge industriel qui relèvent du domaine d'application de la présente norme utilisent généralement l'effet Joule pour la conversion de l'énergie électrique en rayonnement infrarouge par une ou plusieurs sources.

Le rayonnement est émis ensuite par un ou plusieurs éléments sur le matériau à traiter. Ces éléments chauffants par infrarouge sont plus particulièrement:

- des émetteurs de rayonnement infrarouge thermiques sous forme de céramiques tubulaires, en plaques ou de toute autre forme, avec un élément résistif interne;
- des émetteurs de rayons infrarouges à tube en verre de quartz ou à lampe halogène comportant un filament chaud comme source de chaleur;
- des éléments non isolés constitués de matériaux en bisulfure de molybdène, carbure de silicium, graphite, alliages fer-chrome-aluminium tels que Kanthal™ ou de matériaux comparables;
- des lampes à arc à large spectre.

2 Références normatives

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Additions:

CEI 60519-1:2010, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 1: Exigences générales*

CEI 62471:2006, *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

ISO 12100:2010, *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risque et réduction du risque*

ISO 13577-1, *Fours industriels et équipements associés – Sécurité – Partie 1: Exigences générales* (disponible en anglais seulement)

ISO 14159, *Sécurité des machines – Prescriptions relatives à l'hygiène lors de la conception des machines*

3 Termes et définitions

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Additions:

3.101

rayonnement infrarouge

rayonnement optique pour lequel les longueurs d'onde sont supérieures à celles du rayonnement visible

Note 1 à l'article: La gamme de rayonnement infrarouge comprise entre 780 nm et 1 mm est habituellement subdivisée en:

IR-A 780 nm à 1 400 nm, ou pour un émetteur de corps gris, une température de surface comprise entre 3 450 °C et 1 800 °C;

IR-B 1 400 nm à 3 000 nm, ou pour un émetteur de corps gris, une température de surface comprise entre 1 800 °C et 690 °C;

IR-C 3 000 nm à 1 mm, ou pour un émetteur de corps gris, une température de surface inférieure à 690 °C.

La température correspond à un spectre où l'intensité maximale se situe à la longueur d'onde de la limite.

Ces plages sont conformes à la CEI 62471:2006.

Note 2 à l'article: Dans la CEI 60050-841:2004, les termes suivants sont définis:

841-24-04 – rayonnement infrarouge court (780 nm à 2 μm);

841-24-03 – rayonnement infrarouge moyen (2 μm à 4 μm);

841-24-02 – rayonnement infrarouge long (4 μm à 1 mm).

Ces termes ne sont pas utilisés dans la présente norme.

[SOURCE: CEI 62471:2006, 3.14, modifiée – la Note 1 a été modifiée et la Note 2 ajoutée]

3.102

chauffage par rayonnement infrarouge

chauffage consistant dans l'absorption de rayonnement optique et thermique, émis par des éléments spécialement conçus à cet effet, le plus souvent en infrarouge

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-05, modifiée – la définition a été améliorée sur le plan rédactionnel]

3.103

installation à rayonnement infrarouge

installation électrothermique par rayonnement infrarouge

installation électrothermique dans laquelle le traitement de la charge de travail est obtenu par chauffage infrarouge

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-09, modifiée – le synonyme a été ajouté; la définition a été raccourcie]

3.104

émetteur de rayonnement infrarouge

composant qui émet un rayonnement infrarouge

Note 1 à l'article: Ce composant peut habituellement être remplacé.

3.105

source de rayonnement infrarouge

partie de l'émetteur de rayonnement infrarouge, dans laquelle l'énergie électrique est convertie, par l'effet Joule, en chaleur ou en rayonnement

3.106

filament

câble ou fil conducteur d'un émetteur de rayonnement infrarouge, dans lequel l'énergie électrique est convertie en chaleur par l'effet Joule

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-27, modifiée – la définition a été clarifiée]

3.107

corps de chauffe en céramique à infrarouge

émetteur de rayonnement infrarouge constitué de, ou recouvert de matériau en céramique

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-13, modifiée – la définition a été raccourcie]

3.108

émetteur tubulaire de rayonnement infrarouge

émetteur de rayonnement infrarouge dans lequel une des dimensions de base est dominante

Note 1 à l'article: L'émetteur peut inclure des moyens de réflexion et être rectiligne ou courbé.

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-24, modifiée – la définition a été raccourcie; la Note 1 a été ajoutée]

3.109**émetteur plaque de rayonnement infrarouge**

source de rayonnement infrarouge dans laquelle deux des dimensions de base sont dominantes

Note 1 à l'article: L'émetteur peut inclure des moyens de réflexion et être plat ou incurvé.

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-25, modifiée – la définition a été raccourcie; la Note 1 a été ajoutée]

3.110**émetteur à quartz de rayonnement infrarouge**

émetteur de rayonnement infrarouge dans lequel la source se situe à l'intérieur d'une enveloppe en verre de quartz

Note 1 à l'article: Les enveloppes de verre dur telles que Vycor™ sont incluses.

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-26, modifiée – la définition a été raccourcie; la Note 1 a été ajoutée]

3.111**émetteur à lampe halogène**

émetteur de rayonnement infrarouge composé d'un filament de tungstène placé dans une enveloppe de verre étanche au gaz remplie d'une atmosphère halogène, dans laquelle l'halogène transporte de manière active le tungstène de la paroi en verre au filament de tungstène

Note 1 à l'article: Les émetteurs à lampe halogène sont généralement des émetteurs à quartz de rayonnement infrarouge.

[SOURCE: CEI 60050-841:2004, 841-24-22, modifiée – la définition a été clarifiée; la Note 1 a été ajoutée]

3.112**réflecteur de rayonnement infrarouge**

composant non émetteur passif qui reflète et dirige le rayonnement infrarouge

Note 1 à l'article: Le réflecteur peut faire partie intégrante d'un émetteur de rayonnement infrarouge et peut produire une réflexion spéculaire ou diffuse.

3.113**réfracteur de rayonnement infrarouge**

composant émetteur passif qui cible et dirige le rayonnement infrarouge

Note 1 à l'article: Le réfracteur peut faire partie intégrante d'un émetteur de rayonnement infrarouge.

3.114**convertisseur de longueurs d'onde infrarouges**

élément à l'intérieur de l'installation à rayonnement infrarouge qui est chauffé par le rayonnement infrarouge au cours du fonctionnement normal à une température, où son propre rayonnement émis participe à l'échauffement de la charge de travail

Note 1 à l'article: Le spectre d'un convertisseur de longueurs d'onde comporte une longueur d'onde bien plus grande que la longueur d'onde de l'émission principale des émetteurs de rayonnement infrarouge.

3.115**module infrarouge**

composant qui héberge un ou plusieurs émetteurs de rayonnement infrarouge

Note 1 à l'article: Le module peut inclure des réflecteurs, des réfracteurs, des filtres ou d'autres moyens de protection de l'émetteur, ainsi que des dispositifs de refroidissement.

3.116

écran infrarouge

composant opaque conçu pour arrêter toute transmission de rayonnement infrarouge par son intermédiaire

3.117

écran de protection

écran servant de protection des individus ou des équipements contre les rayonnements

3.118

filtre

composant partiellement transparent et partiellement absorbant ou réfléchissant, conçu pour réduire la transmission à la longueur d'onde choisie

3.119

barrière infrarouge

barrière physique, qui limite l'accès aux zones d'exposition aux rayonnements potentiellement dangereuse, et pouvant être retirée uniquement à l'aide d'un outil

3.120

enveloppe infrarouge

structure, destinée à limiter le rayonnement infrarouge dans une région définie

EXAMPLE Chambre de traitement fermée, écran infrarouge et réflecteur infrarouge.

Note 1 à l'article: Les barrières infrarouges montées à l'extérieur de l'enveloppe infrarouge ne sont pas considérées comme faisant partie intégrante de l'enveloppe.

3.121

température assignée

température de surface maximale du filament infrarouge ou de l'émetteur de rayonnement infrarouge à la tension assignée

Note 1 à l'article: Cette température permet de déterminer l'émission spectrale de l'émetteur de rayonnement infrarouge thermique.

Note 2 à l'article: La température s'applique dans des conditions de fonctionnement normal.

4 Classification de l'équipement électrothermique

Le présent article de la Partie 1 est applicable.

5 Exigences générales

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

5.1.5

Addition:

Les conducteurs nus doivent être placés de sorte qu'ils ne peuvent pas entrer en contact avec les personnes, la charge de travail ou l'équipement de manutention de la charge de travail dans les conditions d'usage habituel ou dans les conditions de premier défaut. Une exception est possible pour les conducteurs nus fournis par les sources conformes aux exigences concernant la sécurité des très basses tensions (TBT) fournie conformément à la CEI 60364-4-41.

Les conducteurs nus peuvent être utilisés pour le contact avec les émetteurs de rayonnement infrarouge dans les environnements chauds ou peuvent constituer la source de rayonnement infrarouge à ce titre.

5.2.1

Addition:

Dans le cas des parties d'équipements infrarouges à l'intérieur d'un vide, la tension appliquée à toutes les parties soumises à la pression subatmosphérique doit être choisie de manière à ce qu'aucun contournement, ni aucune rupture ne se produisent.

Dans la plupart des cas, cela limite la différence de tension à l'intérieur du vide à environ 80 V.

5.2.5

Addition:

Des mesures de prévention doivent être prises afin de s'assurer que la charge de travail ou l'équipement auxiliaire, par exemple, les dispositifs de manutention, transport et charge, ne constituent pas une source de dommage des modules ou des émetteurs de rayonnement infrarouge. Un soin particulier est nécessaire pour éviter tout dommage aux émetteurs à quartz de rayonnement infrarouge et aux émetteurs à lampe halogène.

Paragraphes additionnels:

5.3.101 Lorsque le matériau du filament ou la source de rayonnement infrarouge a une résistivité électrique spécifique bien plus élevée à la température assignée qu'à la température ambiante – qui dépasse 130 % de la résistivité ambiante à la température assignée – cet effet de courant d'appel doit être pris en compte dans la conception et la spécification des conducteurs et autres composants associés tels que les fusibles, ainsi que eu égard aux fluctuations de tension et au papillotement.

La valeur exacte du courant d'appel et sa durée dépendent notamment du matériau, de l'impédance électrique du circuit d'alimentation complet, de la température de la source ou du filament à l'état froid, et de la température d'équilibre des filaments à la tension appliquée.

Cet effet est très prononcé avec les filaments constitués de métaux réfractaires, tels que le tungstène.

5.5.101 Dangers engendrés par un rayonnement infrarouge

Les équipements et installations infrarouges doivent être conçus et construits de sorte que l'émission de rayonnement infrarouge soit limitée selon le degré nécessaire à leur fonctionnement et de sorte que leurs effets sur les personnes exposées soient inexistantes ou réduits à des proportions non dangereuses.

Les limites de sécurité propres à une exposition dangereuse sont définies dans l'Annexe AA (qui est conforme à la CEI 62471:2006). On doit en tenir compte, si aucune autre exigence ne figure dans des réglementations nationales.

Les conditions suivantes peuvent conduire à une exposition dangereuse:

- Émission de rayonnement par les ports d'entrée et de sortie d'équipements à fonctionnement continu;
- Émission de rayonnement en cas d'ouverture en cours de traitement ou de maintien en position ouverte, de la ou des portes des équipements en discontinu, les équipements, la

- charge de travail ou les émetteurs de rayonnement infrarouge n'ayant pas refroidi au préalable;
- Émission de rayonnement par une charge de travail très chaude, après sortie de l'installation infrarouge;
 - Émission de rayonnement provoqué par une insuffisance de précautions au cours de la maintenance ou de mise en service;
 - Utilisation d'émetteurs de rayonnement infrarouge ou de modules infrarouges à l'extérieur des équipements infrarouges;
 - Utilisation de réflecteurs ou de réfracteurs de rayonnement infrarouge ou de parois réfléchissantes à l'intérieur de l'installation infrarouge générant des zones d'exposition aux rayonnements intense à l'extérieur de l'installation;
 - Utilisation de parois chaudes et de convertisseurs de longueurs d'onde à l'intérieur de l'équipement infrarouge générant des zones d'exposition aux rayonnements intense à l'extérieur de l'installation.

Différentes phases du cycle de vie des équipements peuvent engendrer différents niveaux d'émission de rayonnements.

5.5.102 Procédure de réduction des risques dus au rayonnement infrarouge

Lorsque les équipements peuvent provoquer une émission dangereuse de rayonnement infrarouge au cours de certaines phases de leur cycle de vie, la procédure donnée dans le Tableau 101 doit être utilisée pour l'appréciation et la réduction des risques.

Certaines étapes de la procédure d'évaluation et de réduction de l'exposition des personnes au rayonnement des équipements par des moyens techniques dépendent du fait que le produit est soit une installation unique fabriquée sur commande ou fabriquée de manière répétitive. Les équipements fabriqués de manière répétitive et les équipements fabriqués sur commande relèvent habituellement d'un processus de conception différent. Les fabricants et les utilisateurs conviennent généralement conjointement de la conception uniquement dans le processus de conception concernant les équipements fabriqués sur commande. De ce fait, dans ce cas, la responsabilité concernant les décisions liées à la conception peut être partagée entre le fabricant et l'utilisateur.

**Tableau 101 – Procédure d'évaluation et de réduction
de l'exposition au rayonnement par la conception**

	Équipements industriels fabriqués sur commande	Equipements industriels fabriqués de manière répétitive
	Il s'agit d'un processus individuel à exécuter pour chaque installation de manière individuelle. Le processus a lieu pendant les phases de conception, construction et mise en service du produit.	Ce processus constitue un essai de type, exécuté en une seule fois, avant la commercialisation du produit. La procédure doit être répétée si les modifications de conception peuvent affecter l'émission par le produit d'un rayonnement infrarouge.
a)	Spécifier la conception visée des groupes de risque selon l'objet prévu, l'environnement et les réglementations nationales pour toutes les phases du cycle de vie. Le constructeur peut impliquer l'utilisateur au cours de ce processus. L'Annexe AA doit être utilisée si aucune réglementation nationale n'est applicable pour la définition des conceptions visées.	Spécifier la conception visée des groupes de risque selon l'objet prévu, l'environnement et les réglementations nationales pour toutes les phases du cycle de vie. L'Annexe AA doit être utilisée si aucune réglementation nationale n'est applicable pour la définition des conceptions visées.
b)	Caractériser toutes les émissions de rayonnement infrarouge provoquées par les équipements, directes et indirectes pour toutes les phases d'exploitation, compte tenu <ul style="list-style-type: none"> – du nombre de sources; – de la géométrie des émetteurs par exemple, source ponctuelle, émetteur tubulaire de rayonnement infrarouge, émetteur plaque de rayonnement infrarouge; – du spectre émis des émetteurs – qui dépend de la température assignée, de l'émissivité des surfaces, ainsi que des conditions au cours du fonctionnement normal; – de la surface efficace des sources d'émission ou des surfaces et de la puissance émise de ces dernières selon les conditions d'exploitation; – de la direction d'émission de toutes les surfaces d'émission; – de la réaction temporelle des sources. 	
c)	Définir des directions précises de l'exposition aux rayonnements, l'intensité de l'exposition aux rayonnements prévue et l'accès à la zone soumise aux rayonnements. Le point d'utilisation et les interférences potentielles avec d'autres équipements ou processus doivent être récupérés auprès de l'utilisateur, dans toute la mesure du possible.	Définir des directions précises de l'exposition aux rayonnements, l'intensité de l'exposition aux rayonnements prévue et l'accès des équipements à la zone soumise aux rayonnements.
d)	Examiner les équipements disponibles afin d'identifier les écrans infrarouges, écrans de protection, barrières, enveloppes ou filtres infrarouges. Les équipements doivent être capables de résister à toutes les conditions d'environnement et aux effets de toutes les conditions d'exposition aux rayonnements provoqués pendant le fonctionnement aux fins prévues des équipements et pour les modes de défaillance prévus.	
e)	Le constructeur doit faire participer l'utilisateur à la prise des décisions de conception nécessaires. Les décisions de conception doivent être basées sur l'Annexe DD.	Le constructeur prend les décisions de conception. Ces décisions doivent être basées sur l'Annexe DD.
f)	Passer à l'étape h) ou calculer l'émission et l'exposition des équipements selon l'Annexe CC, puis comparer les résultats avec les niveaux spécifiés définis à l'étape a).	
g)	Lorsque les résultats calculés présentent une différence avec les niveaux spécifiés définis à l'étape a), modifier la conception par la répétition des étapes e) et f).	
h)	Fabriquer et installer les équipements sur le site de l'utilisateur. Mesurer conformément à l'Annexe BB dans les cas suivants: <ul style="list-style-type: none"> – aucun calcul concernant l'étape f) n'a été effectué; – les calculs concernant l'étape f) ou la conception nécessitent une vérification. 	Fabriquer les équipements. Mesurer conformément à l'Annexe BB dans les cas suivants: <ul style="list-style-type: none"> – aucun calcul concernant l'étape f) n'a été effectué; – les calculs concernant l'étape f) ou la conception nécessitent une vérification.

	Équipements industriels fabriqués sur commande	Equipements industriels fabriqués de manière répétitive
i)	Lorsque les résultats mesurés présentent une différence avec les niveaux spécifiés définis à l'étape a), déterminer les mesures nécessaires à mettre en œuvre: améliorations de conception, installation d'écrans ou de barrières ou adoption de moyens organisationnels. Une fois convenues, modifier la conception et répéter les étapes e), h) et i).	Lorsque les résultats mesurés présentent une différence avec les niveaux spécifiés définis à l'étape a), modifier alors la conception et répéter les étapes e), h) et i).
j)	Préparer la documentation et les instructions pour la mise en service et les opérations de maintenance, et établir la liste des moyens organisationnels nécessaires.	

Si l'émission (de rayonnement) se produit de manière intentionnelle uniquement au cours de la phase de mise en service ou de maintenance, et si les moyens organisationnels sont suffisants pour éviter tout dommage, la procédure indiquée dans le Tableau 101 n'est pas nécessaire, mais la classification et la documentation doivent toutefois respecter la présente norme.

5.5.103 Filtrage du rayonnement

Aucune réduction exclusive ou aucun filtrage exclusif d'un rayonnement visible ne doivent être effectués.

NOTE La réduction du stimulus visuel du rayonnement accroît le risque pour les personnes, comme cela est avancé dans le document ICNIRP *Guidelines* 1997 [1].

5.5.104 Rayonnement visible et ultraviolet

Les équipements et installations infrarouges doivent être conçus et construits de sorte que toute émission de rayonnement visible ou ultraviolet soit limitée selon le degré nécessaire à leur fonctionnement et de sorte que les effets sur les personnes exposées soient inexistantes ou réduits à des proportions non dangereuses. Pour la classification et le mode opératoire de mesure, se reporter à la CEI 62471:2006 ou aux réglementations nationales.

NOTE 1 Certains types d'émetteurs de rayonnement infrarouge peuvent émettre des niveaux dangereux de rayonnement visible ou ultraviolet. Ceci inclut les lampes à arc ou les émetteurs à lampe halogène fonctionnant à une température assignée élevée.

NOTE 2 Les réglementations nationales peuvent comporter des exigences bien plus strictes que celles spécifiées dans la CEI 62471:2006 dans les domaines de rayonnements visibles et ultraviolets.

6 Sectionnement et coupure

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Addition:

6.101 Courant de fuite

Des mesures de protection doivent être appliquées pour s'assurer que les personnes ne sont pas exposées à des dangers électriques dus aux courants de fuite engendrés dans des conditions d'usage habituel. Des mesures efficaces doivent être prises pour s'assurer que le courant de fuite ne provoque pas de dangers électriques, de quelque nature que ce soit.

NOTE Les émetteurs de rayonnement infrarouge à quartz et les émetteurs à lampe halogène comportant une enveloppe à verre de quartz chaud, dans la mesure où le verre devient conducteur à une température élevée, constituent une source de courants de fuite.

7 Raccordement au réseau électrique et raccordements internes

Le présent article de la Partie 1 est applicable.

8 Protection contre les chocs électriques

Le présent article de la Partie 1 est applicable.

9 Liaisons équipotentielle

Le présent article de la Partie 1 est applicable.

10 Circuits de commande et fonctions de commande

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

10.3.5 Manœuvres d'urgence

Addition:

Des dispositifs de protection à limite de température doivent être fournis si les conditions de défaut sont susceptibles de provoquer des dangers en raison de la défaillance du régulateur de température. Ces dispositifs doivent être indépendants tant sur le plan fonctionnel, que sur le plan électrique.

Dans le cas de régulateurs électroniques de puissance et de disjoncteurs électroniques, ainsi que dans le cas de contacteurs à commande électromagnétique avec une fréquence de fonctionnement élevée, un contacteur de sécurité distinct doit permettre d'interrompre les équipements ou émetteurs de rayonnement infrarouge.

11 Protection contre les effets thermiques

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Paragraphes additionnels:

11.101 Les équipements électrothermiques infrarouges doivent être conçus, installés et manœuvrés de sorte que, même lorsque les équipements ne sont pas surveillés, ou lorsqu'ils sont mis sous tension de manière intempestive, aucun danger dû à la température n'est susceptible de menacer le personnel d'exploitation ou l'environnement.

11.102 Les équipements électrothermiques infrarouges doivent être conçus et installés de sorte que toutes les mesures nécessaires soient prises afin de limiter tout danger dû à un chauffage excessif de la charge de travail.

11.103 Si les équipements doivent être utilisés pour transformer une charge de travail susceptible de s'enflammer ou d'engendrer un dommage après un arrêt d'urgence, la conception et l'installation des équipements doivent comprendre:

- les moyens nécessaires au retrait instantané de la charge de travail des équipements;
- tous les équipements de refroidissement nécessaires doivent fonctionner sur un circuit séparé et ce, jusqu'à ce que l'on parvienne à des conditions de température sûres à l'intérieur des équipements;

- en l'absence de refroidissement suffisant des équipements, les écrans d'isolation thermique doivent séparer instantanément la charge de travail ou les autres sources de chaleur des parties des équipements susceptibles de s'enflammer ou d'être, à défaut, endommagées par la chaleur résiduelle stockée dans la charge de travail ou d'autres sources de chaleur;
- dans l'impossibilité d'un refroidissement suffisant des équipements en raison d'une charge thermique résiduelle élevée à l'intérieur de l'équipement dépassant les capacités de refroidissement de l'équipement, les écrans d'isolation thermique doivent séparer instantanément la charge de travail ou les autres sources de chaleur des parties des équipements susceptibles de s'enflammer ou d'être, à défaut, endommagées par la chaleur résiduelle.

NOTE 1 La chaleur résiduelle stockée dans les équipements peut être libérée sur une longue période après la mise hors tension.

NOTE 2 Les surfaces peuvent subir une augmentation de la température après mise hors tension suite à la libération de la chaleur stockée.

11.104 En cas de défaut du circuit de régulation thermique, les dispositifs et les mesures de sécurité appropriés spécifiés dans le Tableau 102 doivent être appliqués afin de garantir le degré de sécurité nécessaire.

Tableau 102 – Sécurité thermique

Classe	Objectif de protection	Étendue de la protection	Dispositif de protection	Mesures de sécurité
0	Équipements électrothermiques infrarouges et environnement y afférent	-	-	Exploitation sous surveillance avec charge de travail non dangereuse uniquement
				Surchauffe interdite par les mesures de construction
1	Équipements électrothermiques infrarouges et environnement y afférent	En cas de panne, aucun danger engendré par un équipement électrothermique	Thermorupteur, protecteurs de température ou dispositifs comparables	Selon l'utilisation et le site d'installation
2	Équipements électrothermiques infrarouges et environnement y afférent et charge de travail	En cas de panne, aucun danger engendré par un équipement électrothermique ou la charge de travail	Régulateurs de température présélectionnés ou dispositifs comparables	

Dans le cas d'une exploitation sans surveillance, l'état de fonctionnement des équipements électrothermiques doit être vérifié selon des intervalles limités de manière raisonnable.

Il convient que les consignes d'utilisation contiennent les classes de sécurité applicables aux équipements électrothermiques concernés, par exemple, classe thermique 2 selon 11.102.

12 Protection contre d'autres dangers

Le présent article de la Partie 1 est remplacé comme suit.

12.101 Généralités

Outre les dangers potentiels dus aux champs et rayonnements électriques, mécaniques, magnétiques et électromagnétiques décrits dans les Articles 5, 8 ou 11, les dangers suivants doivent être pris en compte et abordés dans les manuels d'utilisation et d'entretien:

- ergonomie de l'environnement de travail;
- incendie provoqué par l'équipement électrothermique lui-même ou par la charge de travail;
- explosion provoquée par l'équipement électrothermique lui-même ou par la charge de travail;
- implosion des équipements;
- explosion ou expansion soudaine de la charge de travail;
- fuite d'eau ou d'autres liquides conducteurs;
- vibrations, infra- et ultrasons;
- bruit acoustique et interférence du bruit avec les signaux (d'avertissement) acoustiques;
- émission, production et utilisation de substances dangereuses (par exemple, gaz, liquides, poussières, brouillards, vapeurs toxiques);
- chocs mécaniques, basculement, entraînement/emprisonnement, écrasement, cisaillement, happement/enroulement;
- éjection de pièces, éjection d'une charge de travail chaude.

La liste exhaustive des dangers figurant dans l'Annexe B de l'ISO 12100:2010, l'approche définie dans cette même norme pour la sécurité des machines en général, ainsi que l'approche définie dans l'ISO 13577-1 pour la sécurité des équipements électrothermiques industriels doivent être utilisées.

D'autres dangers, par exemple, foudre, tremblement de terre, tsunamis, inondations, peuvent être pris en compte en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

12.102 Association des équipements

Si les équipements sont destinés à être utilisés en association avec d'autres équipements, tout danger résultant de cette association doit être pris en compte. Des instructions doivent être fournies concernant le fonctionnement des équipements en association.

12.103 Équipements de transformation des aliments

Lorsque les équipements sont destinés à la transformation des denrées alimentaires pour les humains ou pour les animaux, cosmétiques, produits médicaux ou autres produits destinés à être consommés ou à entrer en contact avec le corps humain, les dangers suivants doivent être pris en compte et abordés dans les manuels d'utilisation et d'entretien:

- tout contact entre l'équipement et la charge de travail;
- toute contamination de la charge de travail par l'équipement (notamment par des substances dangereuses, piquantes ou toxiques);
- l'hygiène alimentaire;
- la réaction potentielle entre le matériel de l'équipement et la charge de travail générant des substances dangereuses;
- le nettoyage de l'équipement, y compris l'élimination entravée de résidus, et agents nettoyants admis.

L'ISO 14159 doit être utilisée à moins que les réglementations nationales n'imposent des exigences spécifiques concernant l'hygiène alimentaire et les équipements de transformation des aliments.

12.104 Risques pour le public

Lorsque les équipements infrarouges sont utilisés pour la transformation des denrées alimentaires pour les humains ou pour les animaux, cosmétiques, produits médicaux ou autres produits destinés à être consommés ou à entrer en contact avec le corps humain, tous les moyens nécessaires doivent être mis en œuvre pour s'assurer que ces produits ne contiennent des éclats de verre générés par des émetteurs à quartz de rayonnement

infrarouge, des émetteurs à lampe halogène ou d'autres émetteurs de rayonnement infrarouge comportant une enveloppe en verre et cassés, des filtres en verre, ou par des fenêtres de protection.

13 Marquage, étiquetage et documentation technique

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

13.1 Marquage

13.1.1

Addition:

- aa) température assignée du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge;
- bb) nom ou marque du fournisseur ou du constructeur du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge, référence de type, tension assignée et puissance assignée de l'émetteur de rayonnement infrarouge;
- cc) classification et type de rayonnement émis;
- dd) degré de protection contre l'humidité le cas échéant – voir la CEI 60529.

13.2 Marquage d'avertissement

Addition:

Les zones extérieures à l'installation dans laquelle le personnel d'exploitation pourrait être exposé à un rayonnement de classe 2 ou plus (voir Annexe AA) doivent faire l'objet d'un marquage approprié.

Les barrières supplémentaires posées de manière à éviter tout accès fortuit doivent comporter des panneaux d'avertissement appropriés.

Le marquage d'avertissement apposé sur l'installation ou sur les barrières, relatif aux dangers liés à un rayonnement infrarouge doit être conforme à l'Annexe GG.

Lorsqu'il est fait référence aux réglementations nationales plutôt qu'à la classification de la présente norme ou de la CEI 62471:2006, ceci doit faire l'objet d'un marquage respectif et les mesures de protection doivent être prises comme spécifié.

13.4 Documentation technique

Addition:

Les informations pour l'utilisation doivent inclure:

- toutes les informations nécessaires concernant l'émission et la classification des rayonnements et
- une description complète des aspects de protection contre le rayonnement optique de l'équipement ou de l'installation.

Lorsque des émetteurs de rayonnement infrarouge remplaçables sont utilisés dans les équipements infrarouges, la documentation technique doit comporter les données suivantes:

- le nom du constructeur ou du fournisseur du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge;
- la référence de type;
- la tension assignée et la puissance assignée du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge;

- la température assignée du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge.

Les émetteurs de rayonnement infrarouge individuels et les émetteurs de rayonnement infrarouge de rechange doivent porter un marquage indélébile comprenant les informations suivantes:

- le nom du constructeur ou du fournisseur du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge;
- la référence de type;
- la tension assignée et la puissance assignée du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge;
- la température assignée du ou des émetteurs de rayonnement infrarouge.

S'il n'est pas possible d'apposer ces informations sur l'émetteur de rayonnement infrarouge lui-même, le marquage doit être apposé sur l'emballage.

Une référence à l'effet, la durée et la résistance du courant d'appel doit être ajoutée si l'équipement électrothermique absorbe plus de 130% de la puissance assignée à l'état froid.

14 Mise en service, inspection, exploitation et entretien

Le présent article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Paragraphes additionnels:

14.1.101 Le constructeur doit indiquer le niveau de compétence estimé nécessaire pour exécuter les différents processus en toute sécurité pendant les phases de mise en service, inspection, exploitation et maintenance.

14.3.101 Le constructeur doit indiquer si l'équipement peut fonctionner sans surveillance ou doit préciser le niveau de compétence du personnel d'exploitation nécessaire pour exploiter l'équipement en toute sécurité.

14.4.101 Le constructeur doit indiquer le niveau de compétence du personnel d'exploitation chargé du remplacement des émetteurs de rayonnement infrarouge à quartz, émetteurs à lampe halogène et autres émetteurs de rayonnement infrarouge exceptionnellement fragiles ou utilisant des enveloppes de verre. Le constructeur doit également mentionner les mesures de protection individuelle nécessaires qui permettent d'éviter ou de réduire tout danger dû à des éclats de verre lors d'un travail de remplacement.

Annexe A
(normative)

**Protection contre les chocs électriques –
mesures particulières**

L'Annexe A de la Partie 1 n'est pas applicable.

Annexe AA (normative)

Classification de l'exposition au rayonnement infrarouge

AA.1 Généralités

Le Tableau AA.1 résume la classification des groupes de risques utilisés tout au long de la présente norme. Ce mécanisme est conforme aux ICNIRP *Guidelines* 1997 [1]. Si les exigences des réglementations nationales sont plus restrictives que les limites de la présente norme, elles doivent s'y substituer. La classification dépend du risque simple le plus élevé, résumé pour toutes les positions et toutes les bandes d'émission pour un emplacement donné.

NOTE Des emplacements distincts tels que les portes séparées de l'équipement, peuvent comporter des classes de risque différentes.

Tableau AA.1 – Classification des équipements électrothermiques infrarouges par émission de rayonnements

Classe	Groupe de risques les plus élevés	Protection et blindage	Information et instruction du personnel d'exploitation
0	aucun risque groupe de risques faibles / 1	–	–
1	groupe de risques moyens / 2	limite de l'accès des mesures de protection peuvent être nécessaires	informations concernant les dangers de rayonnement, les risques et l'effet secondaire du rayonnement
2	groupe de risques moyens plus/ 3	limite stricte de l'accès mesures de protection	informations concernant les dangers de rayonnement, les risques et l'effet secondaire du rayonnement instruction pouvant être obligatoire

AA.2 Définitions des groupes de risques

AA.2.1 Généralités

Les groupes de risques simplifient l'évaluation de l'exposition. Ils reflètent les aspects spécifiques du comportement du personnel d'exploitation ou des tâches que ce dernier exécute. Ils sont issus des limites d'exposition données dans le Tableau AA.2 et le Tableau AA.3.

Tableau AA.2 – Limites d'exposition en termes de valeurs basées sur le rayonnement infrarouge et l'éclairement énergétique

Identification du danger	Formule	Gamme de longueurs d'onde	Durée d'exposition	Ouverture	Limite d'exposition en termes d'éclairement énergétique constant
Œil soumis à un rayonnement infrarouge	$E_{IR} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm, ou visible, IR-A, IR-B	$\leq 1\ 000$ s	1,4 rad / 80 °	$18\ 000/t^{0,75}$ W m ⁻²
Œil soumis à un rayonnement infrarouge	$E_{IR} = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 3 000 nm, ou IR-A et IR-B	$> 1\ 000$ s	1,4 rad / 80 °	100 W m ⁻²
Thermique cutané	$E_H = \sum E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 3 000 nm, ou visible, IR-A, IR-B	< 10 s	2π rad	$20\ 000/t^{0,75}$ J m ⁻²

NOTE La valeur limite d'exposition liée au danger thermique pour la peau constitue une dose et non pas une puissance, de ce fait elle est exprimée en Joules (J) par unité de surface.

où

$E(\lambda)$ est l'éclairement spectral énergétique;

λ est la longueur d'onde;

t est le temps d'exposition;

$E_{IR}(\lambda)$ est l'éclairement énergétique intégré des rayonnements IR-A et IR-B (780 nm à 3 000 nm) de la source de lumière;

$E_H(\lambda)$ est l'éclairement énergétique intégré des rayonnements visibles, IR-A et IR-B (380 nm à 3 000 nm) de la source de lumière.

Tableau AA.3 – Limites d'exposition en termes de valeurs basées sur le rayonnement infrarouge et la luminance énergétique

Identifica-tion du danger	Formule	Gamme de longueurs d'onde	Durée d'exposition	Ouverture	Limite d'exposition en termes d'éclairement énergétique constant
Thermique rétinien	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	< 0,25 s	0,0017 rad	$50\,000 / (\alpha \cdot t^{0,25}) \text{ W m}^{-2}$
Thermique rétinien	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380 nm – 1 400 nm	0,25 – 10 s	$0,011 \cdot \sqrt{t/10}$ rad	$50\,000 / (\alpha \cdot t^{0,25}) \text{ W m}^{-2}$
Thermique rétinien, faible stimulus visuel	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780 nm – 1 400 nm	> 10 s	0,011 rad	$6000 / \alpha \text{ W m}^{-2}$

où

$R(\lambda)$ est la fonction de pondération du danger de brûlure conformément à la CEI 62471:2006;

$L(\lambda)$ est l'éclairement spectral énergétique;

$L_R(\lambda)$ est l'éclairement spectral énergétique intégré, pondéré par $R(\lambda)$;

$L_{IR}(\lambda)$ est l'éclairement énergétique IR-A intégré (780 nm à 1 400 nm) pour toute source de rayonnement infrarouge, pour laquelle un stimulus visuel faible est inapproprié pour activer la réponse d'aversion.

La présente norme ne permet pas le filtrage ou la réduction exclusifs de l'émission de lumière visuelle en raison du risque élevé qui y est associé. Dans la mesure où la quasi-totalité des sources couvertes par le domaine d'application de la présente norme présentent un certain stimulus visuel en rapport avec le rayonnement infrarouge, l'indication suivante du rayonnement infrarouge en l'absence de stimulus visuel fort est donnée uniquement à titre de référence et pour des situations imprévues.

Comme l'indique le document ICNIRP *Guidelines* 1997 [1] pour l'ensemble des sources d'arc et incandescentes connues actuellement, l'apport de la région spectrale IR-C ne constitue pas habituellement une source de préoccupation concrète du point de vue d'un danger pour la santé. Toutefois, certaines situations peuvent comporter une exposition IR-C importante susceptible de contribuer de manière significative au stress thermique subi par le personnel d'exploitation. La dépendance du stress thermique à l'égard d'autres facteurs environnementaux tels que le mouvement de l'air, la température et l'humidité, ainsi que la charge thermique d'émission, ne permet pas d'évaluer l'IR-C comme un facteur isolé. La contrainte thermique doit être évaluée au moyen des lignes directrices appropriées qui prennent en compte tous les facteurs contributifs – se reporter au document ICNIRP *Statement* 2006 [2] pour des informations détaillées.

AA.2.2 Groupe sans risque

Tout équipement qui ne présente aucun danger photobiologique lorsqu'il est soumis à un rayonnement infrarouge est classé dans le Groupe sans risque. Cette exigence est satisfaite par tout équipement infrarouge qui

- ne présente pas de danger thermique rétinien dans un délai de 10 s;
- ne présente pas de danger pour l'œil, engendré par un rayonnement infrarouge, dans un délai de 1 000 s, ou
- émet un rayonnement infrarouge en l'absence d'un stimulus visuel fort (c'est-à-dire moins de $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et qui ne présente aucun danger rétinien de type IR-A dans un délai de 1 000 s.

AA.2.3 Groupe de risques 1 (risque faible)

Tout équipement qui ne présente aucun danger engendré par les limites de comportement normales à une exposition est classé dans le Groupe de risques faibles. Cette exigence est satisfaite par tout équipement infrarouge qui dépasse les limites applicables au Groupe sans risque, mais qui

- ne présente pas de danger thermique rétinien dans un délai de 10 s;
- ne présente pas de danger pour l'œil, engendré par un rayonnement infrarouge, dans un délai de 100 s,
- et qui émet effectivement un rayonnement infrarouge en l'absence d'un stimulus visuel fort (c'est-à-dire moins de $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et qui ne présente aucun danger rétinien de type IR-A dans un délai de 100 s.

AA.2.4 Groupe de risques 2 (risque modéré)

Tout équipement, qui ne présente aucun danger engendré par la réponse irréversible à des sources de lumière très claires ou par une gêne thermique, est classé dans le Groupe de risques modérés. Cette exigence est satisfaite par tout type d'équipement qui dépasse les limites applicables au Groupe de risques 1 (risque faible) mais qui

- ne présente pas de danger thermique rétinien dans un délai de 0,25 s (réponse irréversible);
- ne présente pas de danger pour l'œil, engendré par un rayonnement infrarouge, dans un délai de 10 s,
- et qui émet effectivement un rayonnement infrarouge en l'absence d'un stimulus visuel fort (c'est-à-dire moins de $10 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$) et qui ne présente aucun danger rétinien de type IR-A dans un délai de 10 s.

AA.2.5 Groupe de risques 3 (risque élevé)

Tout équipement susceptible de présenter un danger, y compris pour une exposition momentanée ou de courte durée, ou qui dépasse les limites applicables au Groupe de risques 2 (risque modéré), est classé dans le Groupe de risques 3 (risque élevé).

AA.2.6 Équipements pulsés

Pour la définition des groupes de risques applicables aux sources pulsées infrarouges relevant du domaine d'application de la présente norme, le 6.2 de la CEI 62471:2006 s'applique.

AA.2.7 Danger thermique engendré par une exposition de la peau

En cas de danger de brûlure provoqué par un rayonnement infrarouge, la limite est définie comme une dose, et non pas par une exposition aux rayonnements spécifique. Comme l'illustre la Figure AA.1 pour une exposition aux rayonnements constante, les limites applicables à la cornée et à la peau sont comparables. Le personnel d'exploitation peut être

exposé à une dose sûre de manière répétée, dans la mesure où les doses ne se cumulent pas, contrairement, par exemple, à l'exposition au rayonnement ultraviolet.

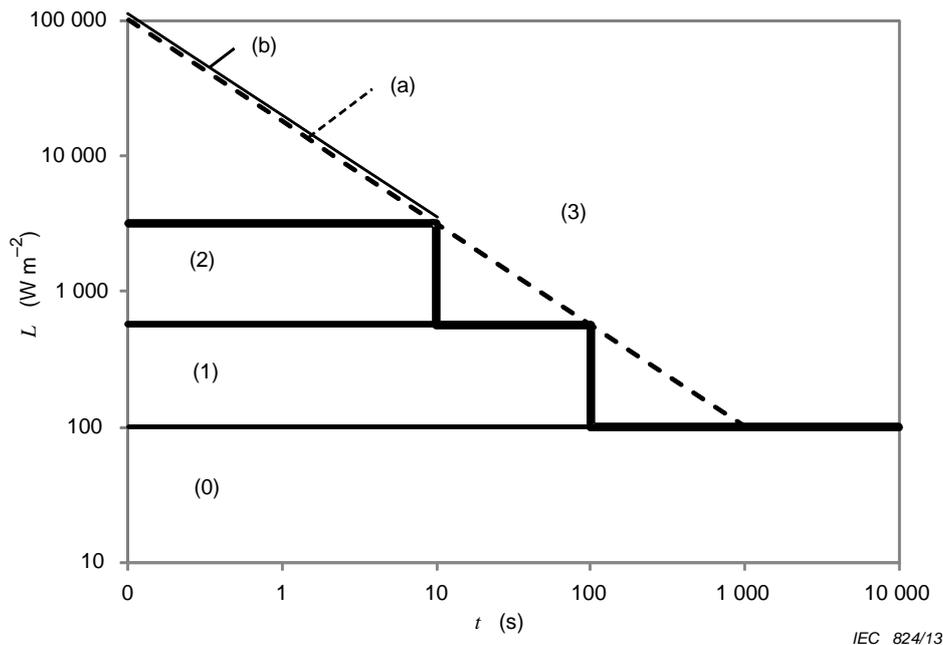
AA.3 Classification

La classification des équipements dépend

- de l'usage habituel des équipements;
- de l'accessibilité des équipements par le personnel d'exploitation;
- du temps et de la fréquence de présence du personnel d'exploitation dans les zones exposées en cours d'exploitation.

La Figure AA.1 illustre les limites d'exposition indiquées dans le Tableau AA.2 et les groupes de risques applicables aux dangers de brûlure de la peau et de la cornée engendrés par une exposition à des rayonnements élevés.

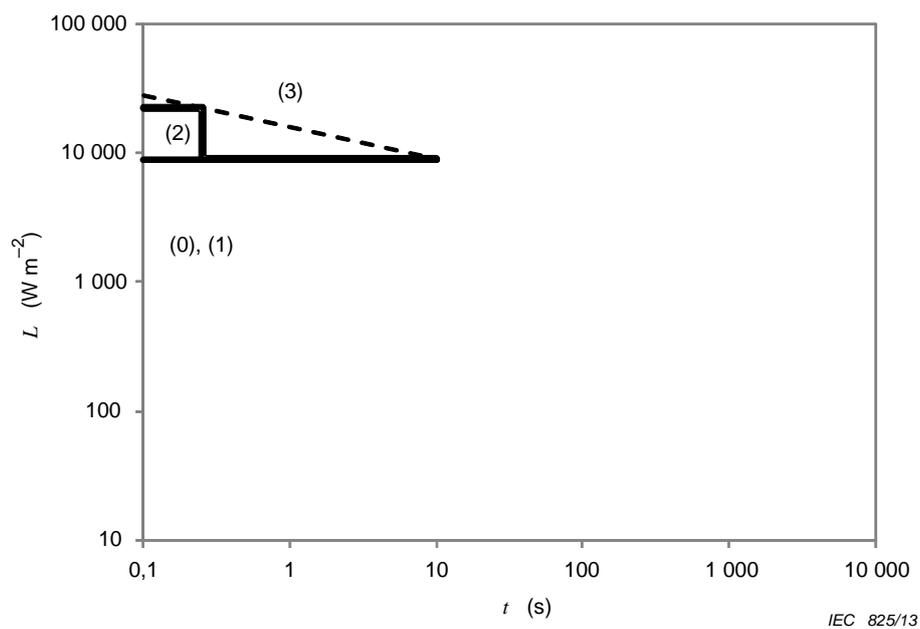
La Figure AA.2 illustre les limites d'exposition indiquées dans le Tableau AA.3 et les groupes de risques applicables au danger de brûlure de la rétine engendré par une exposition à un rayonnement élevé avec stimulus visuel.



Légende

- | | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| (0) Groupe sans risque | (a) Limite d'exposition de l'œil |
| (1) Groupe de risques faibles | (b) Limite d'exposition de la peau |
| (2) Groupe de risques modérés | |
| (3) Groupe de risques élevés | |

Figure AA.1 – Groupes de risques et limites d'exposition (voir Tableau AA.2) selon le temps d'exposition et l'exposition aux rayonnements



Légende

- | | | | |
|-----|---------------------------|-----|---------------------------|
| (0) | Groupe sans risque | (2) | Groupe de risques modérés |
| (1) | Groupe de risques faibles | (3) | Groupe de risques |

NOTE L'étendue angulaire de la source n'est pas incluse.

Figure AA.2 – Groupes de risques et limites d'exposition (voir Tableau AA.3) selon le temps d'exposition et la luminance énergétique

Annexe BB (normative)

Mode opératoire de mesure

BB.1 Généralités

La mesure du rayonnement optique dans le but de calculer par méthodes informatiques les valeurs de rayonnement photobiologique pose des problèmes importants. Les mesures de l'éclairement ou de la luminance énergétiques spectraux au moyen d'un monochromateur ou d'un spectromètre dans le domaine de l'infrarouge sont difficiles à effectuer, du fait de l'absence d'un équipement simple ou économique dédié aux applications industrielles.

Dans la mesure où aucune fonction de pondération n'est définie pour des longueurs d'onde supérieures à 1 400 nm, les mesures à larges bandes permettent d'évaluer les conditions d'existence d'un danger infrarouge, pour lesquelles il n'est pas nécessaire de tenir compte d'une fonction de pondération. En l'absence de mesure compliquée des données à résolution spectrale et de l'application de fonctions de pondération, on peut utiliser soit la valeur maximale de la fonction de pondération sur la plage de longueurs d'onde complète, soit la méthode de mesure décrite à l'Annexe EE. Cette méthode ne nécessite pas la réalisation de mesures à résolution spectrale dans le domaine de l'infrarouge, mais toutefois, tiennent toujours compte des fonctions de pondération.

Toutes les valeurs concernant les dangers doivent être consignées dans un rapport

- à une distance de 100 mm des équipements, si l'accès à ces derniers est libre, ou
- en cas d'accès limité, à toutes les positions exposées et accessibles.

L'appareil de mesure doit être orienté, de manière à enregistrer le signal le plus élevé.

BB.2 Conditions de mesure

La mesure précise des sources de rayonnement requiert habituellement un environnement contrôlé, étant donné que l'exploitation des sources et de l'appareil de mesure est influencée par des facteurs environnementaux. Il est habituellement impossible de maintenir un environnement contrôlé pour les équipements industriels, aussi, les conditions de mesure ainsi qu'une évaluation de l'influence des dites conditions sur la qualité des données mesurées, doivent faire partie intégrante du protocole de mesure. Les conditions de mesure doivent être mentionnées comme faisant partie de l'évaluation des limites d'exposition et du positionnement dans la classe de risques.

Afin de maintenir une émission stable pendant la procédure de mesure et d'obtenir des résultats reproductibles, les équipements doivent être vieillis pendant une durée appropriée. Pendant la période initiale d'utilisation, la caractéristique d'émission change car les composants des équipements s'oxydent, vieillissent ou s'approchent de l'équilibre. Si les mesures étaient effectuées sur un équipement non vieilli, les variations, dans la période de mesure et entre les mesures, pourraient être significatives.

La période de vieillissement nécessaire dépend de l'équipement spécifique et de l'environnement. Cette période varie avec différents types d'équipement et il est habituellement impossible d'atteindre un vieillissement suffisant pour une évaluation lors de la mise en service. Dans ce cas, la mesure doit être effectuée à nouveau à une phase ultérieure de la durée de vie des équipements.

Des contrôles minutieux doivent être effectués afin de s'assurer que d'autres sources de rayonnement telles que des étuves à proximité, une charge de travail chaude, des écrans

chauds ou des réflexions, ne se cumulent pas de manière significative aux résultats de mesure.

NOTE Les surfaces visuellement considérées comme noires peuvent être réfléchissantes au rayonnement infrarouge.

Les équipements infrarouges doivent être utilisés dans des conditions qui génèrent une émission de rayonnement maximale des équipements et ce, dans des conditions de fonctionnement normal, en excluant toutefois les conditions de premier défaut. Si des conditions différentes s'ensuivent, lors d'un fonctionnement normal pour les différentes phases du cycle de vie, ces dernières doivent dans leur ensemble faire l'objet d'une vérification par essai dans toute la mesure du possible:

- pour les équipements utilisés avec ou sans charge de travail, les deux cas doivent être pris en compte;
- pour les équipements à fonctionnement cyclique, toutes les phases d'un cycle doivent être prises en compte;
- pour les équipements avec ouverture et fermeture de portes en cours de traitement, les états "ouverture" et "fermeture" doivent être pris en compte.

BB.3 Appareil de mesure

L'Annexe B de la CEI 62471:2006 s'applique.

Pour une méthode de mesure simplifiée qui utilise un détecteur à large bande comme dispositif de mesure unique, utiliser l'Annexe FF.

Tous les appareils de mesure doivent être étalonnés avec des sources d'étalonnage traçables.

BB.4 Mode opératoire de mesure

Les paragraphes 5.2 et 5.3 de la CEI 62471:2006 s'appliquent.

Si l'Annexe EE de la présente norme est utilisée comme méthode de mesure, elle doit compléter les 5.2 et 5.3 de la CEI 62471:2006.

BB.5 Résultats et exactitude de mesure

Les résultats de mesure doivent être calculés et indiqués avec des grandeurs et unités dans lesquelles les valeurs de limite d'exposition sont définies.

L'exactitude des résultats de mesure doit être calculée et indiquée. Il convient que l'inexactitude d'une mesure ne dépasse pas 30% de la limite de classification la plus basse en valeurs absolues.

Le constructeur des équipements doit conserver les données pertinentes des mesures. Ces données doivent être conservées pendant la durée de vie prévue des équipements ou pendant une période définie par les réglementations nationales.

Annexe CC (normative)

Calcul qualifié de l'exposition

CC.1 Généralités

L'évaluation de l'exposition et la classification qui en découle peut être fondée sur un calcul de lancer de rayon de l'éclairement et de la luminance énergétiques à toutes les positions appropriées, en lieu et place de mesures, si le calcul permet d'obtenir une exactitude comparable.

CC.2 Domaine de calcul

Etant donné que le lancer de rayon constitue une expérience numérique, les exigences portant sur la position et l'orientation des détecteurs virtuels sont identiques à celles qui s'appliquent pour les détecteurs physiques au cours des mesures. Voir l'Annexe BB pour les détails de positionnement des détecteurs.

Le calcul de la luminance et de l'éclairement énergétiques, selon les angles spatiaux ou les étendues angulaires définis, doit suivre le même mode opératoire que celui utilisé pour la mesure définie en Annexe BB.

CC.3 Exactitude et traçabilité du calcul

L'exactitude du calcul doit être comparable à l'exactitude réalisable des mesures dans le domaine de l'infrarouge. Ceci définit l'exactitude nécessaire du dispositif géométrique mis en œuvre et le nombre minimum de rayons tracés.

L'utilisation des données calculées en lieu et place des mesures doit être indiquée dans la documentation technique. La documentation du calcul doit comporter:

- le dispositif géométrique utilisé;
- toutes les données de modélisation pertinentes, et une description des modèles utilisés pour les sources infrarouges, l'étuve et toutes les surfaces pertinentes pour le calcul;
- toutes les données de modélisation pertinentes et une description des modèles utilisés pour les surfaces concernées, leur comportement de diffusion, la réflexion diffuse ou spéculaire;
- le logiciel et la version de logiciel utilisés;
- les paramètres définis du logiciel qui influent sur le résultat, tels que la séparation de rayons, le nombre maximum de rayons séparés, la quantité d'énergie minimale dans un rayon simple ou la méthode de randomisation;
- le nombre de rayons utilisés, la perte d'énergie due aux effets numériques;
- la méthode employée pour la vérification de l'exactitude des modèles utilisés et du calcul lui-même;
- tous les résultats utilisés pour la classification.

Les données stockées doivent permettre de mettre à nouveau en œuvre les modèles et d'effectuer le calcul une nouvelle fois sur un autre système ou avec un autre logiciel.

Le constructeur des équipements doit conserver les données pertinentes des mesures. Ces données doivent être conservées pendant la durée de vie prévue des équipements ou pendant une période définie par les réglementations nationales.

Annexe DD (normative)

Mesures de protection contre le rayonnement infrarouge

DD.1 Aspects généraux

Les mesures techniques visant à réduire l'exposition au rayonnement infrarouge sont préférables aux mesures organisationnelles (se reporter à l'ISO 12100:2010). Les mesures techniques incluent:

- L'installation d'écrans adaptés afin de réduire ou d'éviter l'émission de rayonnements visibles ou infrarouges des équipements. Ceci inclut une enveloppe infrarouge suffisante (c'est-à-dire un boîtier) des équipements infrarouges. Les écrans et le boîtier peuvent devenir extrêmement chauds et dangereux au toucher en l'absence de mesures suffisantes, voir l'Article 13.
- Le positionnement de la source de rayonnement de sorte qu'aucun rayonnement ou qu'un rayonnement réduit uniquement soit dirigé vers les personnes.
- Des filtres adaptés réduisent l'émission de rayonnements infrarouges émis par les équipements électrothermiques infrarouges. Les filtres absorbants peuvent devenir des surfaces extrêmement chaudes et dangereuses au toucher, voir l'Article 13.

Les mesures organisationnelles conviennent lors de la mise en service ou des travaux de maintenance uniquement. Ces mesures incluent:

- Une limitation de l'accès par des moyens physiques. L'installation de barrières infrarouges destinées à entraver l'accès aux zones soumises à un rayonnement élevé.
- La réduction du temps d'exposition des personnes.
- La mise en place de panneaux d'avertissement adaptés;
- L'information du personnel d'exploitation concernant les dangers du rayonnement infrarouge et l'utilisation de mesures de protection adaptées.
- L'utilisation de mesures et d'équipements de protection individuelle.
- L'utilisation de vêtements et de gants adaptés pour la protection de la peau.
- L'utilisation de lunettes et de filtres adaptés pour la protection des yeux. Les filtres doivent réduire le niveau d'émission dangereux, sans affecter l'information visuelle nécessaire.

Les mesures de réduction de l'exposition incluent la prévention de toute exposition par l'utilisation d'une autre méthode de chauffage (voir ISO 12100:2010). Etant donné que la plupart des autres méthodes de chauffage génèrent un rayonnement infrarouge dont l'intensité est similaire à celle du chauffage électrique infrarouge lui-même, cette mesure ne permet habituellement pas de prévenir toute exposition.

DD.2 Points d'accès à l'enveloppe infrarouge

Il peut être nécessaire, dans le cadre de la maintenance ou du réglage régulier d'une machine, de mesurer l'intensité ou la distribution d'intensité interne à l'équipement infrarouge, ou d'examiner visuellement la charge de travail, voire d'examiner visuellement la partie interne de l'équipement. Lorsqu'il est nécessaire d'accéder à la partie interne de l'équipement ou au rayonnement, les points d'accès à l'enveloppe infrarouge doivent être inclus dans phase de conception. La réalisation des points d'accès ne doit pas générer l'émission d'un rayonnement supérieur au niveau spécifié dans les conceptions visées.

Afin de réduire l'émission par les points d'accès, les mesures suivantes doivent être prises en compte:

- ces points d'accès peuvent être fermés au moyen d'une porte, dont l'ouverture ne doit pouvoir s'effectuer qu'à l'aide d'un outil, ou
- ils peuvent comporter une fenêtre comprenant également un filtre infrarouge qui réduit l'émission provenant d'un point d'accès donné à un niveau de sécurité.

DD.3 Conception des écrans

Le rayonnement infrarouge doit, dans toute la mesure du possible, être délimité afin d'éviter tout accès intempestif à des niveaux de rayonnement supérieurs au niveau des conceptions visées. La conception de l'enveloppe et des écrans dépend de la pratique d'utilisation de ces composants, y compris le fait d'établir s'ils seront démontables ou fixes et s'ils exigeront un entretien.

Les équipements et les matériaux utilisés pour l'atténuation d'un rayonnement doivent résister à tous les effets des conditions d'environnement et d'utilisation prévues en utilisation habituelle, ainsi que dans des conditions de défaut. Ces facteurs incluent le climat, des facteurs chimiques et biologiques, l'atmosphère à proximité et à l'intérieur des équipements (poussière, vapeurs, inflammabilité), les effets d'un nettoyage régulier, ainsi que des facteurs mécaniques tels que les vibrations.

Le cas échéant, les exigences suivantes concernant l'enveloppe infrarouge et les écrans doivent être satisfaites:

- le ou les émetteurs de rayonnement infrarouge doivent être positionnés de sorte que l'enveloppe ne puisse pas être endommagée par un fonctionnement normal ou toute condition de premier défaut qui entraînerait un changement des caractéristiques d'émission. Une protection mécanique supplémentaire doit, si nécessaire, être prévue pour atteindre cet objectif;
- le ou les émetteurs doivent être solidement fixés. Un fonctionnement normal ou des conditions de premier défaut ne doivent pas provoquer leur désolidarisation;
- lorsque l'ouverture d'un écran, d'une barrière ou d'une partie de l'enveloppe produit un ordre d'arrêt automatique, la fermeture de l'écran, de la barrière ou de l'enveloppe respectifs ne doit pas réactiver l'émission sans manœuvre supplémentaire;
- la conception de l'enveloppe et du ou des supports de fixation doit faciliter le remplacement de l'émetteur à rayonnement infrarouge en évitant toute exposition importante de l'opérateur;
- toute protection mécanique supplémentaire ne doit pas accroître le danger lié aux émissions de rayonnement ou d'autres dangers, du fait de sa présence ou de son emplacement;
- tous les détecteurs et indicateurs, la source d'alimentation, tous les écrans, obturateurs et dispositifs de verrouillage doivent fonctionner en mode "sûreté intégrée".

DD.4 Retrait des écrans

Lorsque les niveaux de conceptions visées de l'exposition aux rayonnements sont dépassés lors du retrait des écrans,

- les émetteurs doivent être mis hors tension automatiquement, ou
- des obturateurs mécaniques ou d'autres moyens permettant de limiter les émissions aux niveaux de conceptions visées doivent perturber les émissions.

Si cela n'est pas possible, l'écran doit alors

- comporter des fixations dont le retrait requiert l'utilisation d'un outil, et
- des panneaux d'avertissement permanents adaptés doivent y être apposés.

Si les écrans ou certains de leurs composants sont conçus pour être retirés en vue d'opérations de maintenance, la configuration des fixations doit garantir leur bon remplacement.

Annexe EE (informative)

Méthode de mesure simplifiée pour l'évaluation de l'exposition au rayonnement infrarouge thermique

EE.1 Généralités

Il est possible, dans de nombreux cas, d'utiliser une approche bien plus simple et moins coûteuse que la mesure de la luminance ou de l'éclairement énergétique à l'aide d'un spectromètre ou d'un monochromateur. Si les caractéristiques d'émission spectrale des émetteurs de rayonnement infrarouge ou les caractéristiques d'émission spectrale des surfaces chaudes des équipements ou des charges de travail chaudes sont connues, à savoir:

- la température des émetteurs de rayonnement infrarouge ainsi que de toutes les autres surfaces, qui contribuent considérablement à l'émission de rayonnement,
- la variation spectrale et – le cas échéant – la variation thermique de l'émissivité de ces surfaces, et
- la transmission spectrale des fenêtres et des filtres utilisés,

la caractéristique d'émission spectrale peut être calculée sur la base des seules températures de surface effectives, de sorte que l'approche suivante est valide et peut être appliquée.

NOTE La méthode ne permet pas d'évaluer l'absorption ou l'émission par des gaz atmosphériques ou utilisés.

Selon l'éclairement énergétique ou la luminance énergétique pondérée utilisé(e) comme résultat de mesure recherché, les étapes définies dans le Tableau EE.1 constituent la méthode de mesure.

Tableau EE.1 – Mode opératoire de mesure

Etape	Mesure de l'éclairement énergétique de $E_{IR} = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ et $E_H = \sum E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$, voir Tableau AA.2 et Figure AA.1	Mesure de la luminance énergétique de $L_{IR} = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ et $L_R = \sum L(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$, voir Tableau AA.3 et Figure AA.2
a)	générer des tables de transfert dédiées au transfert de l'éclairement énergétique total mesuré vers les éclairements énergétiques des bandes spectrales – voir EE.2	générer des tables de transfert dédiées au transfert de la luminance énergétique totale mesurée vers les luminances énergétiques pondérées des bandes spectrales – voir EE.4
b)	utiliser un dispositif de mesure capable de mesurer l'éclairement énergétique total (voir Annexe FF) et étalonner le dispositif pour la mesure dudit éclairement	utiliser un dispositif de mesure capable de mesurer la luminance énergétique totale et étalonner le dispositif pour la mesure de ladite luminance
c)	mesurer l'éclairement énergétique total à toutes les positions appropriées (voir Annexe BB)	mesurer la luminance énergétique totale à toutes les positions appropriées (voir Annexe BB)
d)	les informations suivantes, qui accompagnent la mesure de l'éclairement énergétique, doivent être documentées: position et orientation du détecteur, surfaces d'émission de rayonnement infrarouge contribuant au signal, leurs dimension et orientation	les informations suivantes, qui accompagnent la mesure de la luminance énergétique, doivent être documentées: position et orientation du détecteur, surfaces d'émission de rayonnement infrarouge contribuant au signal, leurs étendue angulaire et orientation
e)	utiliser la table de l'étape a) pour transférer l'éclairement énergétique total mesuré vers les éclairements énergétiques IR-A, IR-B et VIS	utiliser la table de l'étape a) pour transférer la luminance énergétique totale mesurée vers les luminances énergétiques IR-A et VIS
f)	déduire les classes d'exposition de ces données	

EE.2 Tables de transfert pour la mesure de l'éclairement énergétique

EE.2.1 Généralités

L'éclairement énergétique total est défini comme:

$$E_{\text{tot}} = \int_0^{\infty} E(\lambda) \cdot d\lambda \cong \int_{200\text{nm}}^{20000\text{nm}} E(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{EE.1})$$

où

$E(\lambda)$ est l'éclairement à résolution spectrale énergétique;

E_{tot} est l'éclairement énergétique total.

Lorsque le détecteur est éclairé uniquement par un émetteur thermique d'émissivité connue $\varepsilon(\lambda)$, l'éclairement énergétique est directement proportionnel à la formule de Planck

$$E(\lambda) = c_{\text{geom}} \cdot \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} \quad (\text{EE.2})$$

où

c_1, c_2 sont des constantes;

c_{geom} décrit toutes les pertes géométriques et autres pertes entre la source et le détecteur;

T est la température;

$\varepsilon(\lambda, T)$ est l'émissivité.

Les facteurs de transfert qui permettent de convertir l'éclairement énergétique total en éclairagements énergétiques de bande sont ensuite calculés, en utilisant, pour un œil soumis à un rayonnement infrarouge,

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR}}(T) = \frac{\int_{780\text{nm}}^{3000\text{nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.3})$$

et pour un risque thermique cutané:

$$\frac{E_{\text{H}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{H}}(T) = \frac{\int_{380\text{nm}}^{3000\text{nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.4})$$

Les facteurs $f_{\text{IR}}(T)$ et $f_{\text{H}}(T)$ peuvent être calculés au préalable sur la base de ces éléments. Une intégration numérique des fonctions en utilisant un logiciel tableur et une résolution spectrale suffisante produit des résultats fiables.

Un calcul séparé permet d'évaluer la contribution de l'écart de l'émissivité des équipements, la fonction de filtre et d'autres hypothèses formulées par rapport à l'erreur de mesure. Il est

proposé que l'erreur de mesure ne dépasse pas la limite globale qui lui est applicable, voir Annexe BB.

EE.2.2 Émetteurs à corps non gris

Dans le cas d'émetteurs à corps non gris à l'origine de l'éclairement énergétique total mesuré, il est nécessaire d'utiliser les émissivités à résolution spectrale $\varepsilon(\lambda, T)$ de toutes les surfaces non grises. Cette mesure peut être réalisée par spectroscopie par transformée de Fourier ou par toute autre méthode éprouvée.

NOTE La dépendance de l'émissivité à la température n'est que rarement importante, et peut être négligée lorsqu'elle n'affecte le résultat que très modérément.

EE.2.3 Émetteurs à corps gris

Dans le cas d'émetteurs à corps gris, où l'émissivité est constante, la Formule (EE.3) prend la forme simplifiée suivante:

$$\frac{E_{\text{IR}}}{E_{\text{tot}}} = f_{\text{IR,g}}(T) = \frac{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.5})$$

La Figure EE.1 illustre les facteurs pertinents à utiliser pour le cas des émetteurs à corps gris.

NOTE 1 Par exemple, la plupart des surfaces oxydées ont un comportement quasi-gris dans le domaine spectral concerné.

NOTE 2 La loi de Stefan-Boltzmann permet de calculer l'éclairement énergétique total.

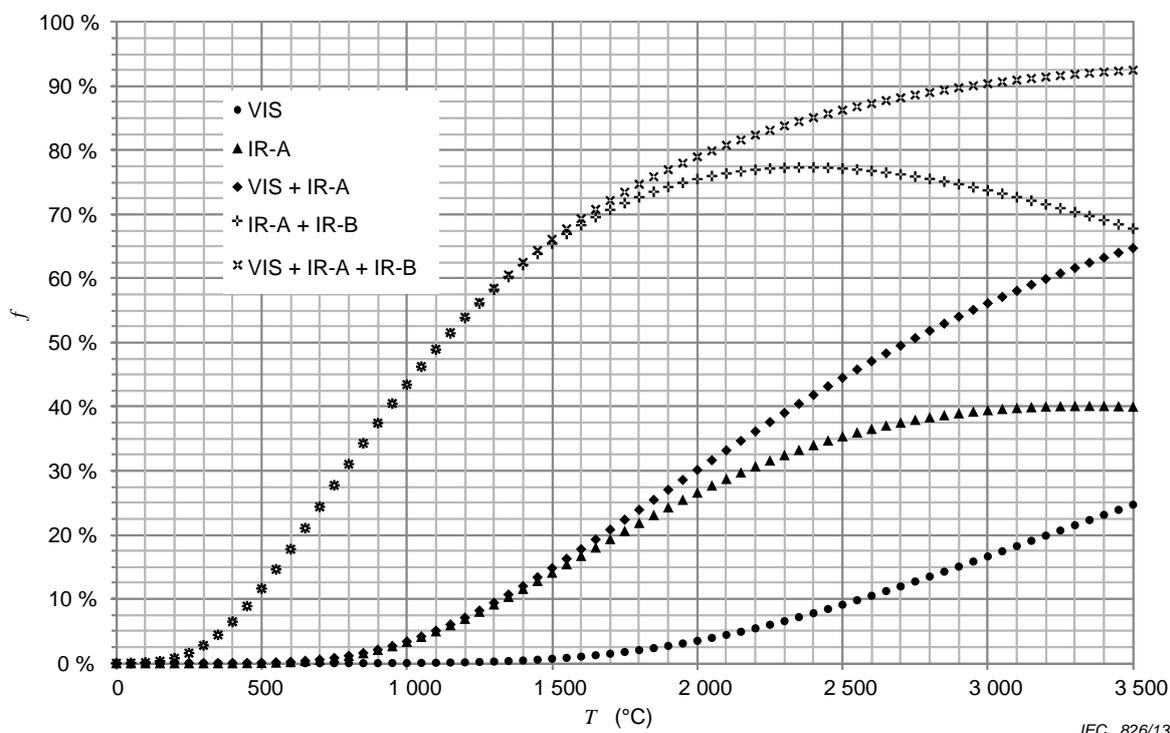


Figure EE.1 – Facteurs de conversion de l'éclairement énergétique total mesuré en éclairement énergétique de bande, selon la température de surface d'un émetteur à corps gris qui produit le signal

EE.2.4 Filtres

L'atténuation, au moyen d'un filtre, dépendant de la longueur d'onde de la lumière émise par la source, est décrite par une fonction de filtre, produisant l'équation suivante:

$$\frac{E_{IR}}{E_{tot}} = f_{IR,Filtre}(T) = \frac{\int_{780\text{ nm}}^{3000\text{ nm}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda,T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda,T) \cdot F(\lambda)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.6})$$

où

$F(\lambda)$ est la transmission spectrale du filtre.

EE.3 Contributions de deux surfaces ou plus à l'éclairement énergétique

Lorsque le signal de l'éclairement énergétique mesuré est provoqué par deux surfaces ou plus ayant des températures différentes, ou par une émission spectrale, la méthode employée peut toujours être utilisée. Le signal est le suivant:

$$E_{tot} = \sum_i E_i \quad (\text{EE.7})$$

où

i désigne la i -ème surface;

E_i est l'éclairement énergétique provoqué par la i -ème surface.

Si une contribution domine fortement cette somme, toutes les autres contributions peuvent être négligeables. Dans le cas des émetteurs à corps gris et en appliquant la loi de Stefan-Boltzmann:

$$E_{tot} = \sum_i E_i \approx \sum_i A_i \cdot T_i^4 \cdot \varepsilon_i \quad (\text{EE.8})$$

où

A_i est la zone de la i -ème surface;

T_i est la température de la i -ème surface;

ε_i est l'émissivité de la i -ème surface.

NOTE Le signe "≈" revêt sa signification mathématique habituelle "être proportionnel à".

Dans la plupart des cas, la surface la plus chaude domine le signal. Lorsque le signal demeure dominé par une source, le problème se réduit au phénomène susmentionné étant donné que toutes les autres contributions peuvent être négligées. Dans le cas contraire, l'utilisation du facteur le plus défavorable à la température d'application pour la transformation du signal en éclairement énergétique de bande produira des résultats significatifs.

EE.4 Tables de transfert pour la mesure de la luminance énergétique

Pour la conversion de la luminance énergétique totale mesurée en luminance énergétique de bande pondérée, les fonctions de pondération $B(\lambda)$ pour le danger de la lumière bleue ou $R(\lambda)$ pour le risque thermique rétinien assument le rôle d'une fonction de filtre supplémentaire, si bien que les facteurs permettant d'évaluer le risque du dommage thermique rétinien pour les émetteurs à corps gris sont semblables à la formule (EE.6):

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.9})$$

pour les émetteurs à corps non gris:

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.10})$$

et pour une émission filtrée:

$$\frac{L_R}{L_{\text{tot}}} = g_R(T) = \frac{\int_{380 \text{ nm}}^{1400 \text{ nm}} R(\lambda) \cdot F(\lambda) \cdot \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda^5} \frac{\varepsilon(\lambda, T)}{\exp(c_2/\lambda T) - 1} d\lambda} \quad (\text{EE.11})$$

Ces Formules (EE.9), (EE.10) et (EE.11) sont identiques pour le danger de la lumière bleue, seule $R(\lambda)$ sera remplacée par $B(\lambda)$. Les fonctions $B(\lambda)$ et $R(\lambda)$ sont indiquées dans les documents CEI 62471:2006, ICNIRP 1997 [1], EN 14255-2 [8] ou la Directive 2006/25/CE [7]. Les facteurs $g_R(T)$ et $g_{\text{IR}}(T)$ peuvent être calculés au préalable sur la base de ces éléments. Une intégration numérique des fonctions en utilisant un logiciel tableur et une résolution spectrale suffisante produit des résultats très fiables.

La Figure EE.2 illustre le facteur $g_R(T)$ pour le dommage thermique rétinien et pour les émetteurs à corps gris.

Dans tous les cas, la mesure de la luminance énergétique totale inclut les aspects angulaires définis dans l'Annexe BB et spécifiés dans le Tableau AA.3.

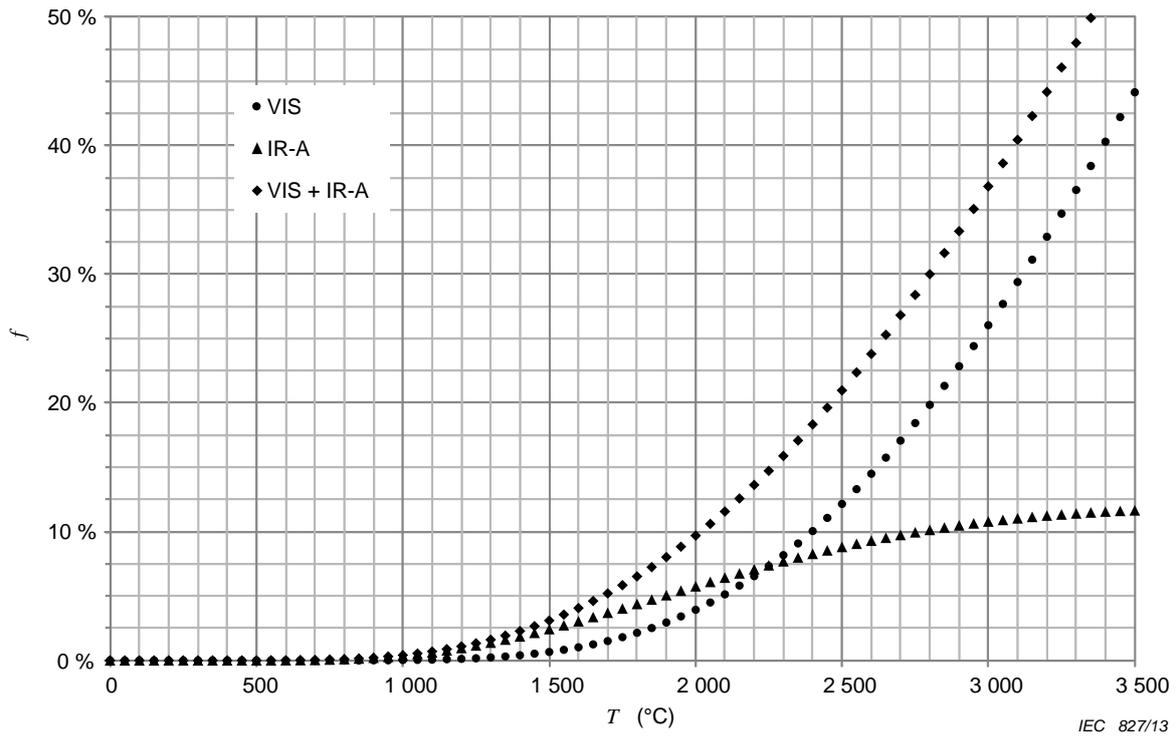


Figure EE.2 – Facteur de conversion de la luminance énergétique totale mesurée en luminance énergétique thermique rétinienne appropriée, selon la température de surface d'un émetteur à corps gris qui produit le signal

Un calcul séparé permet d'évaluer la contribution de l'écart de l'émissivité des équipements, la fonction de filtre et d'autres hypothèses formulées par rapport à l'erreur de mesure. Il est proposé que l'erreur de mesure ne dépasse pas la limite globale qui lui est applicable, voir Annexe BB.

Annexe FF (informative)

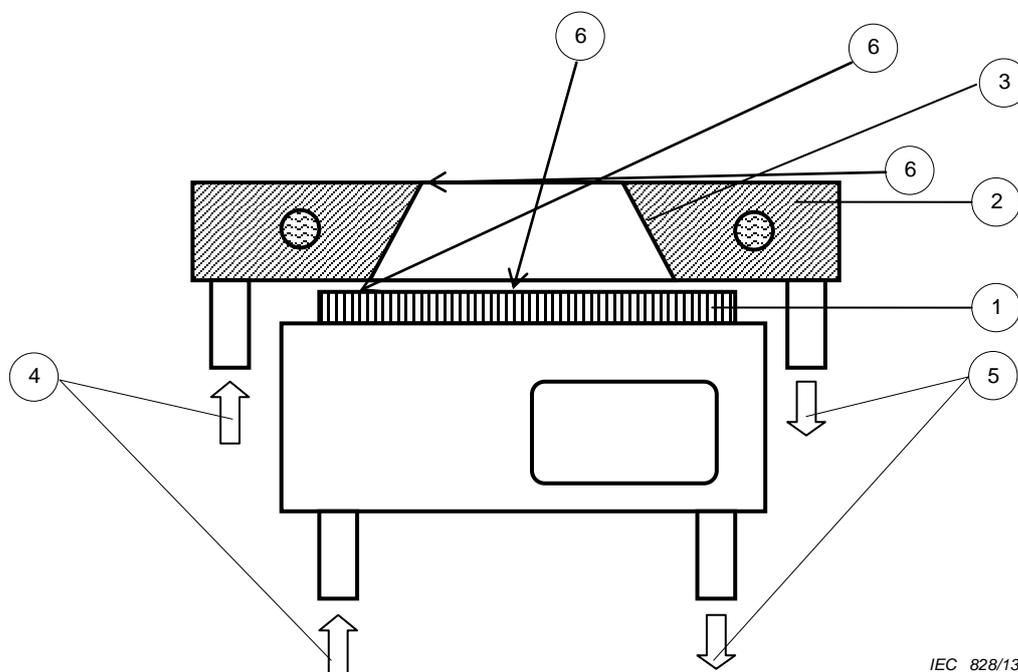
Dispositif de mesure de l'éclairage énergétique total

La présente annexe décrit un dispositif conforme au 5.2.1 de la CEI 62471:2006 et peut servir à mesurer l'éclairage énergétique tel que décrit dans l'Annexe EE.

Un détecteur de rayonnement avec une caractéristique de réponse indépendante de la longueur d'onde, une sensibilité suffisante et un rapport signal/bruit dédié aux mesures, ainsi qu'une réponse angulaire dépendant du cosinus, peut être utilisé. Il convient que la gamme de sensibilité indépendante de la longueur d'onde soit comprise au moins entre 400 nm et 10 μm , mais une plus grande réponse uniforme pouvant atteindre 20 μm au maximum est préférable. Un détecteur à thermopile est préférable.

Le détecteur est installé à l'intérieur d'une enveloppe refroidie par eau qui maintient constante la température du détecteur et limite ainsi les effets potentiels sur l'exactitude de mesure ou la dérive de l'appareil de mesure, en évitant tout échauffement du détecteur.

Afin de constituer un détecteur à thermopile avec réponse angulaire du cosinus, il convient que l'enveloppe refroidie par eau intègre une optique d'entrée qui reflète la lumière qui n'éclaire pas directement le détecteur, une réflexion étant dirigée vers la surface de ce dernier – se reporter à la Figure FF.1 à titre d'exemple. Le réflecteur de cette optique présente une qualité optique et est constitué d'aluminium ou d'or afin d'obtenir une réflectivité quasi parfaite. Il convient que la surface soit un miroir composé ou dispositif similaire.



IEC 828/13

Légende

- | | |
|--|-----------------------|
| (1) détecteur à thermopile | (4) arrivée d'eau |
| (2) plateau avant refroidi par eau avec (3), (4), (5) et (6) | (5) sortie d'eau |
| (3) concentrateur (miroir) | (6) différents rayons |

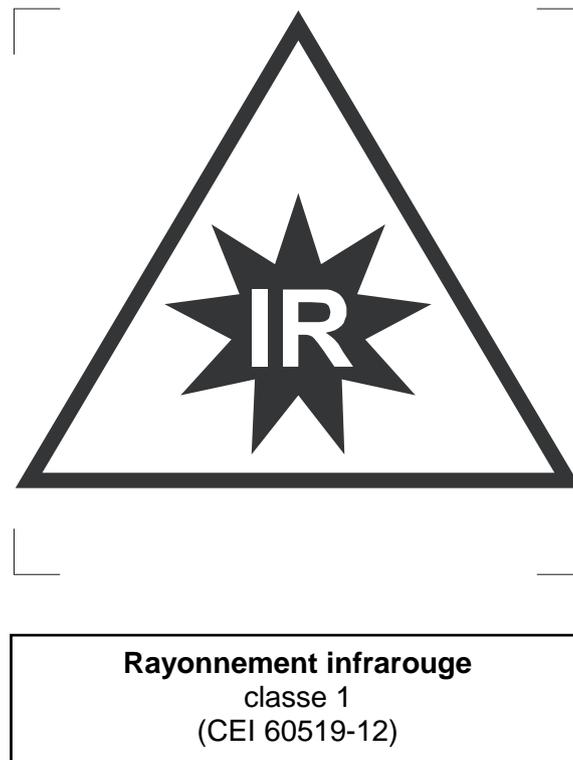
Figure FF.1 – Exemple de détecteur utilisé pour la mesure de l'éclairage énergétique total

Annexe GG (normative)

Marquage de l'émission ou de l'exposition

Toutes les ouvertures d'émission possible d'un rayonnement infrarouge et toutes les surfaces prévisibles d'exposition au rayonnement infrarouge doivent faire l'objet d'un marquage, sauf indication contraire d'une législation nationale, lorsqu'elles sont de classe 1 ou de classe 2. Ceci fait référence au groupe de risques 2 (risque modéré) et au groupe de risques 3 (risque élevé) comme indiqué à l'Annexe AA.

Le marquage (voir Figure GG.1) consiste en un symbole graphique de la CEI 60417 (CEI 60417-6151 (2012-02)) et une étiquette de texte, mentionnant le type de rayonnement, la classe et la référence. La présente norme, la CEI 62471:2006 ou les réglementations nationales constituent la référence.



IEC 829/13

Figure GG.1 – Exemple de marquage d'avertissement pour le rayonnement infrarouge

Bibliographie

La Bibliographie de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit.

Additions:

- [1] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants): *Guidelines on limits of exposure to broadband incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm) – Health Physics* 73 (3), 539-554, (1997). Disponible à l'adresse: <http://www.icnirp.de/documents/broadband.pdf> (disponible en anglais seulement)
- [2] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) (Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants): *ICNIRP Statement on far Infrared Radiation Exposure. Health Physics* 91 (6), 630-645, (2006). Disponible à l'adresse <http://www.icnirp.de/documents/infrared.pdf> (disponible en anglais seulement)
- [3] CEI 60519-2:2006, *Sécurité dans les installations électrothermiques – Partie 2: Exigences particulières pour les installations de chauffage par résistance*
- [4] CEI 60825-1:2007, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*
- [5] IEC/TR 60825-9:1999, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation* (disponible en anglais uniquement)
- [6] CEI 61010-1:2010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesure, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Exigences générales*
- [7] Directive 2006/25/CE du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2006 relative aux prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (rayonnements optiques artificiels) (dix-neuvième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CEE). Disponible à l'adresse: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0038:0059:FR:PDF>
- [8] EN 14255-2:2005, *Mesure et évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements optiques incohérents – Partie 2: Rayonnements visibles et infrarouges émis par des sources artificielles sur les lieux de travail*
- [9] EN 12198-1:2000+A1:2008, *Sécurité des machines – Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines – Partie 1: Principes généraux*
- [10] EN 12198-2:2002+A1:2008, *Sécurité des machines – Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines – Partie 2: Procédures de mesure des émissions de rayonnement*
- [11] EN 12198-3:2002+A1:2008, *Sécurité des machines – Estimation et réduction des risques engendrés par les rayonnements émis par les machines – Partie 3: Réduction du rayonnement par atténuation ou par écrans*
- [12] ANSI/IESNA RP 27.1-96. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – General Requirements* (disponible en anglais seulement)
- [13] ANSI/IESNA RP 27.2-00. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – Measurement Systems – Measurement Techniques* (disponible en anglais seulement)
- [14] ANSI/IESNA RP 27.3-96. *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – Risk Group Classification & Labeling* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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