

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires

Application de la CEI 62471 aux sources de lumière et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires

Application de la CEI 62471 aux sources de lumière et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.140

ISBN 978-2-83220-146-6

**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
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 General	10
5 Spectrum, colour temperature, and blue light hazard	12
5.1 Calculation of blue light hazard quantities and photometric quantities from emission spectra	12
5.2 Luminance and illuminance regimes that give rise to $t_{\max}$ values below 100 s	14
6 LED packages, LED modules, lamps and luminaires	16
7 Measurement information flow	17
7.1 Basic flow	17
7.2 Conditions for the radiance measurement.....	19
7.3 Special cases (I): Replacement by a lamp or LED module of another type	21
7.4 Special cases (II): Arrays and clusters of primary light sources	22
8 Risk group classification	22
Annex A (informative) Geometrical relations between radiance, irradiance and radiant intensity	23
Annex B (informative) Distance dependence of $t_{\max}$ for a certain light source	25
Annex C (informative) Summary of recommendations to assist the consistent application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires	27
Annex D (informative) Detailed assessment of arrays and clusters of primary light sources, e.g. LED packages	31
Bibliography.....	32
Figure 1 – Blue light hazard efficacy of luminous radiation, $K_{B,v}$, for a range of light sources from different technologies, and for a few typical daylight spectra.....	13
Figure 2 – Comparison between the curves involved in calculating $K_{B,v}$ (the photopic eye sensitivity curve and the blue light spectral weighting function) and the CIE 1931 Y and Z curves involved in calculating the CIE 1931 x, y colour coordinates	14
Figure 3 – Correlation plot between the quantity $(1 - x - y)/y$, calculated from the CIE 1931 x, y colour coordinates, and the value of $K_{B,v}$, for all the spectra analyzed to generate Figure 1	14
Figure 4 – Estimate of the luminance level where $L_B = 10\,000\text{ W}/(\text{m}^2\text{sr})$, border between RG1 ($t_{\max} > 100\text{ s}$) and RG2 ($t_{\max} < 100\text{ s}$) in the large source regime, as a function of CCT.....	15
Figure 5 – Estimate of the illuminance level where $E_B = 1\text{ W}/\text{m}^2$, border between RG1 ($t_{\max} > 100\text{ s}$) and RG2 ($t_{\max} < 100\text{ s}$) in the small source regime, as a function of CCT	15
Figure 6 – Relation of illuminance E , distance d and intensity I	19
Figure 7 – Flow chart describing the flow of information from the primary light source (in blue) to the luminaire based on this light source (in amber).....	21
Figure A.1 – Schematic image of the situation considered in Annex A.....	23
Figure B.1 – General appearance of $t_{\max}$ as a function of viewing distance d , for any light source with homogeneous luminance L and diameter D	26

Figure C.1 – Luminance values from Table C.1 in relation to the RG1/RG2 border as function of correlated colour temperature	28
Figure C.2 – Illuminance values from Table C.2 in relation to the RG1/RG2 border as function of correlated colour temperature	29
Table 1 – Correlation between exposure time and risk group	9
Table C.1 – Luminance values giving risk group not greater than RG1	28
Table C.2 – Illuminance values giving risk group not greater than RG1	29

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62778:2012

Withd 2012

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

APPLICATION OF IEC 62471 FOR THE ASSESSMENT OF BLUE LIGHT HAZARD TO LIGHT SOURCES AND LUMINAIRES

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62778, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 34A: Lamps, of IEC technical committee 34: Lamps and related equipment.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
34A/1541/DTR	34A/1566/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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.

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.

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62778:2012

Withdrawn

APPLICATION OF IEC 62471 FOR THE ASSESSMENT OF BLUE LIGHT HAZARD TO LIGHT SOURCES AND LUMINAIRES

1 Scope

This Technical Report brings clarification and guidance concerning the assessment of blue light hazard of all lighting products which have the main emission in the visible spectrum (380 nm to 780 nm). By optical and spectral calculations, it is shown what the photobiological safety measurements as described in IEC 62471 tell us about the product and, if this product is intended to be a component in a higher level lighting product, how this information can be transferred from the component product (e.g. the LED package, the LED module, or the lamp) to the higher level lighting product (e.g., the luminaire).

A summary of recommendations to assist the consistent application of IEC 62471 to light sources and luminaires for the assessment of blue light hazard is given in Annex C.

NOTE It is expected that HID and LED product safety standards will make reference to this Technical Report.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-845:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 845: Lighting*

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

CIE S 017/E:2011, *ILV: International Lighting Vocabulary*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62471:2006 and CIE S 017/E:2011 as well as the following apply.

NOTE Other terms and definitions related to lamps, LED modules and luminaires are to be found in the relevant standards.

3.1 blue light hazard efficacy of luminous radiation

$K_{B,v}$

quotient of blue light hazard quantity to the corresponding photometric quantity

Note 1 to entry: The blue light hazard efficacy of luminous radiation is expressed in W/lm.

Note 2 to entry: The quantity $\phi_{\lambda}(\lambda)$ in the formula below can be replaced by $L_{\lambda}(\lambda)$ or $E_{\lambda}(\lambda)$.

$$K_{B,v} = \frac{\int \phi_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{K_m \cdot \int \phi_{\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}$$

where $K_m = 683 \text{ lm/W}$.

Note 3 to entry: $K_{B,v} = L_B/L = E_B/E$.

3.2 blue light hazard efficiency of radiation

η_B

ratio of blue light hazard quantity to the corresponding radiometric quantity

Note 1 to entry: The quantity $\Phi_\lambda(\lambda)$ in the formula below can be replaced by $L_\lambda(\lambda)$ or $E_\lambda(\lambda)$.

$$\eta_B = \frac{\int \Phi_\lambda(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{\int \Phi_\lambda(\lambda) \cdot d\lambda}$$

3.3 correlated colour temperature CCT

temperature of the Planckian radiator having the chromaticity nearest the chromaticity associated with the given spectral distribution on a diagram where the (CIE 1931 standard observer based) u' , $2/3 v'$ coordinates of the Planckian locus and the test stimulus are depicted

Note 1 to entry: The correlated colour temperature is expressed in K.

Note 2 to entry: The concept of correlated colour temperature should not be used if the chromaticity of the test source differs more than $\Delta C = [(u'_t - u'_p)^2 + \frac{4}{9}(v'_t - v'_p)^2]^{1/2} = 5 \times 10^{-2}$ from the Planckian radiator, where

u'_t , v'_t refer to the test source, u'_p , v'_p to the Planckian radiator.

Note 3 to entry: Correlated colour temperature can be calculated by a simple minimum search computer program that searches for that Planckian temperature that provides the smallest chromaticity difference between the test chromaticity and the Planckian locus, or e.g. by a method recommended by Robertson, A. R. "Computation of correlated color temperature and distribution temperature", J. Opt. Soc. Am. 58, 1528-1535, 1968.

(Note that the values in some of the tables in this reference are not up-to-date).

[SOURCE: CIE S 017/E:2011, 17-258, modified: T_{cp} is not referenced.]

3.4 illuminance (at a point of a surface)

E

quotient of the luminous flux $d\Phi$ incident on an element of the surface containing the point, by the area dA of that element

Note 1 to entry: The illuminance is expressed in $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-38]

3.5 blue light weighted irradiance

E_B

irradiance spectrally weighted with the blue light spectral weighting function as defined in IEC 62471

Note 1 to entry: The blue light weighted irradiance is expressed in W/m^2 .

3.6 threshold illuminance

E_{thr}

threshold illuminance value, below which the light source can never give rise to $t_{max} < 100 \text{ s}$, regardless of the light source's L_B value

Note 1 to entry: It can be calculated by taking the E_B value for $t_{max} = 100 \text{ s}$, which is $E_B = 1 \text{ W}/\text{m}^2$, and dividing it by the $K_{B,v}$ value corresponding to the spectrum of the light source.

Note 2 to entry: The threshold illuminance is expressed in $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$.

3.7

etendue

geometrical property of a collection of light rays in an optical system, given by the integral over all positions in a plane that these light rays pass through and over all directions into which they travel

Note 1 to entry: It takes the form of a product of area and solid angle, unit: m^2sr . It can be seen as a volume in phase space. Basic physical conservation laws, related to the 'Second Law of Thermodynamics', dictate that optical components that change only the direction of light (lenses, reflectors, all beam shaping optics) can never decrease the etendue for a given packet of flux.

Note 2 to entry: The etendue is expressed in m^2sr .

3.8

irradiance (at a point of a surface)

E_e

quotient of the radiant flux $d\Phi_e$ incident on an element of the surface containing the point, by the area dA of that element

Note 1 to entry: The irradiance (at a point of a surface) is expressed in W/m^2 .

Note 2 to entry: The spectral power distribution of the irradiance, as a function of wavelength, is denoted by $E_e(\lambda)$.

Note 3 to entry: For the purposes of this document, it is important to mention that when $E_e(\lambda)$ is known, it can be converted to illuminance (E) when weighted with the CIE 1924 photopic eye sensitivity spectrum $V(\lambda)$, and to blue light weighted irradiance (E_B) when weighted with the blue light spectral weighting function as defined in IEC 62471.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-37, modified: Note 2 and Note 3 introduced.]

3.9

luminance (in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface)

L

quantity defined by the formula

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

where $d\Phi$ is the luminous flux transmitted by an elementary beam passing through the given point and propagating in the solid angle $d\Omega$ containing the given direction; dA is the area of a section of that beam containing the given point; θ is the angle between the normal to that section and the direction of the beam

Note 1 to entry: The illuminance (in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface) is expressed in cd/m^2 .

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-35, modified: " L " instead of " L_v " is used. The notes of 845-01-34 are not referred to.]

3.10

blue light weighted radiance

L_B

radiance spectrally weighted with the blue light spectral weighting function as defined in IEC 62471

Note 1 to entry: The blue light weighted radiance is expressed in $\text{W}/(\text{m}^2\text{sr})$.

3.11

light source

any product that produces light, be it e.g. an LED package, an LED module, a lamp, or a luminaire

3.12**luminaire**

apparatus which distributes, filters or transforms the light transmitted from one or more lamps and which includes, except the lamps themselves, all the parts necessary for fixing and protecting the lamps and, where necessary, circuit auxiliaries together with the means for connecting them to the electric supply

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-10-01]

3.13**luminaire optics**

all luminaire components that modify the spatial and directional characteristics of the radiation emitted by the primary light source inside the luminaire

3.14**primary light source**

surface or object emitting light produced by a transformation of energy

Note 1 to entry: For the purpose of this document, it may refer to an LED package, an LED module, or a lamp.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-07-01]

3.15**radiance (in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface)**

L_e

quantity defined by the formula

$$L_e = \frac{d\Phi_e}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

where $d\Phi_e$ is the radiant flux transmitted by an elementary beam passing through the given point and propagating in the solid angle $d\Omega$ containing the given direction; dA is the area of a section of that beam containing the given point; θ is the angle between the normal to that section and the direction of the beam.

Note 1 to entry: The radiance (in a given direction, at a given point of real or imaginary surface) is expressed in $W/(m^2 \cdot sr)$.

Note 2 to entry: The spectral power distribution of the radiance, as a function of wavelength, is denoted by $L_\lambda(\lambda)$.

Note 3 to entry: For the purposes of this document, it is important to mention, that when $L_\lambda(\lambda)$ is known, it can be converted to luminance (L) when weighted with the CIE 1924 photopic eye sensitivity spectrum $V(\lambda)$, and to blue light weighted radiance (L_e) when weighted with the blue light spectral weighting function as defined in IEC 62471.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-34, modified: Notes 1 to 5 have been dropped, new notes are introduced.]

3.16**risk group**

RG

risk classification when the product, at the relevant evaluation position, gives rise to a certain t_{max} value, according to Table 1, as defined in IEC 62471:

Table 1 – Correlation between exposure time and risk group

Risk group number	Risk group name	Corresponding t_{max} range (s)
RG0	Exempt	> 10 000
RG1	Low risk	100 to 10 000
RG2	Moderate risk	0,25 to 100
RG3	High risk	< 0,25

3.17

maximum permissible exposure time

$t_{\max}$

maximum permissible exposure time as calculated using the relevant formulae in 4.3.3 and 4.3.4 of IEC 62471

3.18

true luminance

luminance value as obtained by integrating the equation as given in the definition of luminance according to IEC 60050-845, definition 845-01-35, over a certain area of a light source, such that only the light emitting surface (or part of it) is included in the integration, and no dark surface area surrounding the light emitting part of the light source

Note 1 to entry: When a luminance measurement is performed over a certain field of view, it will only give a true luminance value when the field of view underfills the light emitting part of the light source.

3.19

true radiance

radiance value as obtained by integrating the equation as given in the definition of radiance according to IEC 60050-845, definition 845-01-34, over a certain area of a light source, such that only the light emitting surface (or part of it) is included in the integration, and no dark surface area surrounding the light emitting part of the light source

Note 1 to entry: When a radiance measurement is performed over a certain field of view, it will only give a true radiance value when the field of view underfills the light emitting part of the light source.

3.20

LED package

one single electrical component encapsulating principally one or more LED dies, possibly with optical elements and thermal, mechanical, and electrical interfaces

Note 1 to entry: The component does not include the control unit of the controlgear, does not include a cap, and is not connected directly to the supply voltage.

Note 2 to entry: A LED package is a discrete component and part of the LED module. For a schematic build-up of a LED package, see Annex A of IEC/TS 62504¹.

4 General

IEC 62471 is a comprehensive horizontal standard, describing all potential health hazards associated with artificial optical radiation, from the ultraviolet, visible, and infrared portions of the spectrum. This Technical Report deals exclusively with the hazard described in 4.3.3 and 4.3.4 of IEC 62471:2006. This hazard is called the retinal blue light hazard, as it is an effect mainly induced by the blue portion of the visible spectrum, which has its potentially damaging effects on the retina. The effects are described in Clause A.3 to the same standard.

Because the effect takes place on the retina, it is a function not only of the total amount of light that reaches the eye, but also of the size of the light source that produced this light. Larger light sources are imaged onto a larger portion of the retina, and therefore produce a lower irradiance on the retina than smaller light sources producing the same amount of light in the direction of the viewer's eye. Subclause 4.3.3 of IEC 62471:2006 takes this into account by relating the maximum permissible exposure time, $t_{\max}$, to the radiance of the light source. Radiance (unit: $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) is a quantity describing the radiometric intensity, which is the radiation power emitted into a certain direction, divided by the apparent area of the light source when viewed from that same direction. In an imaging system, such as the eye, the

¹ In preparation.

local irradiance on the image plane (which for the eye is on the retina) is proportional to the radiance of the source.

Only when the light source is too small to be imaged sharply, or when it is so small that it will never be fixated on the same portion of the retina for so long that it can produce any damage, the radiance value is not the appropriate value. In this case, Subclause 4.3.4 of IEC 62471:2006 shall be applied, where the irradiance on the pupil is used as a value proportional to the effective irradiance on the retina.

The question whether a light source is “large”, such that 4.3.3 shall be applied, or “small”, such that 4.3.4 shall be applied, depends on the size of the light source as well as on the viewing distance. The subtended angle of the light source is used as discriminating quantity. When the time needed to produce damage is longer than 10 s, IEC 62471 states that the limiting subtended angle for a light source to be large or small is 0,011 rad. For light sources just on the edge between large and small, $t_{\max}$ can be calculated either way (using its radiance according to 4.3.3 and using the irradiance according to 4.3.4), which will produce the same result within about 5 %. The deviation of 5 % is caused by rounding of the conversion factors used to convert the radiometric quantity to $t_{\max}$.

In the context of IEC 62471, “light source” means any product used to produce light. In real life, there is a hierarchy of lighting products, where light source is generally used to describe the constituent component of the lighting product that actually produces the light. Since some of the other components of the lighting product, most notably the luminaire optics, may change the radiation characteristics of the primary light source, it is important to know whether and how a photobiological assessment of the primary light source can be transferred to the product using this primary light source as light generating component.

Next to this, IEC 62471 makes a statement about risk classification of products. Because the $t_{\max}$ values as calculated in 4.3 of IEC 62471:2006 are determined both by the product itself and by the distance from which it is viewed, these cannot in themselves be used to determine a unique risk classification for a product. For this reason, Clause 6 states the standard conditions where photobiological safety must be evaluated to determine risk classification of the products. For lamps intended for general lighting service (GLS), as defined in 3.11 of the same standard, the hazard values shall be reported at a distance which produces an illuminance of 500 lx, but not at a distance less than 200 mm. For all other light sources, including pulsed lamp sources, the hazard values shall be reported at a distance of 200 mm. Examples of these non-GLS light sources are given in the same 3.11 and include lamps for such uses as film projection, sun-tanning, and industrial processes. In some cases, the same lamp may be used in both GLS and special applications and in such cases should be evaluated and rated for the intended applications. At the evaluation distance, $t_{\max}$ is determined, and when it falls below 100 s, the product is classified as Risk Group 2 (RG2) and a cautionary labelling is required.

It is important to assess carefully what information these two different evaluation conditions can give that are relevant to the assessment of the risk in the actual application. While 500 lx is a typical value for illuminance in a wide range of lighting applications, there are undeniably some applications where the illuminance at the viewer's position is higher than 500 lx. What then does a risk classification at 500 lx tell us? On the other hand, setting the evaluation distance to 200 mm for all light sources will lead to exaggerated risk assessment for high-power light sources used in applications where people will never be within short range of the operating light sources; examples are road lighting and stadium lighting; this aside from the practical problems of measuring such a light source at this short distance, which will damage any standard optical measurement equipment.

Although IEC 62471 guides towards the 500 lx measurement for GLS situations, in practice illumination to a level of 500 lx does not necessarily represent an appropriate exposure scenario, illumination levels both above and below 500 lx being very common. Therefore this Technical Report recommends measurements at 200 mm, 0,011 rad, with determination of the RG1/2 boundary condition where appropriate.

This report will investigate the following two matters: (a) transferring the photobiological safety information from a light source component to a higher level lighting product based on this component; (b) making recommendations about measurement distance and risk group classification. It will base these recommendations on an analysis of the quantities relevant to blue light hazard, through spectral calculations and optical considerations.

5 Spectrum, colour temperature, and blue light hazard

5.1 Calculation of blue light hazard quantities and photometric quantities from emission spectra

In order to determine blue light hazard, a measurement of either radiance or irradiance is performed on the light source.

In a radiance measurement, care is taken that the detector measures a signal proportional to the radiance of the source. This can be accomplished by making an image of the source using imaging optics, and placing a detector or detector array in the image plane. Alternatively, it can be performed by placing a diaphragm with a specified opening close to the light source, such that only the light from a known portion of the surface area of the source hits the detector. The radiance can then be calculated from the detector signal when all relevant geometrical parameters are known (diaphragm size, diaphragm distance to the light source and to the detector).

In an irradiance measurement, no imaging optics or diaphragms are placed between light source and detector, and the total amount of radiation that was emitted from the source into the reception aperture of the detector is measured.

In order to determine the blue light weighted radiance or irradiance, both measurements shall record not just the total radiation power, but also the spectral power distribution of the radiation falling on the detector. The spectral power distribution is then multiplied with the blue light spectral weighting function, as defined by Table 4.2 and Figure 4.2 of IEC 62471:2006. If the original measurement is a radiance measurement, the resulting quantity is the blue light weighted radiance L_B . If the original measurement is an irradiance measurement, the resulting quantity is the blue light weighted irradiance E_B .

It is important to note that there is a close relationship between these blue light weighted quantities and two corresponding photometric quantities with which many lighting designers and lighting product engineers are familiar with. The blue light weighted radiance L_B is closely related to the luminance L (unit: cd/m^2). The blue light weighted irradiance E_B is closely related to the illuminance E (unit: lx).

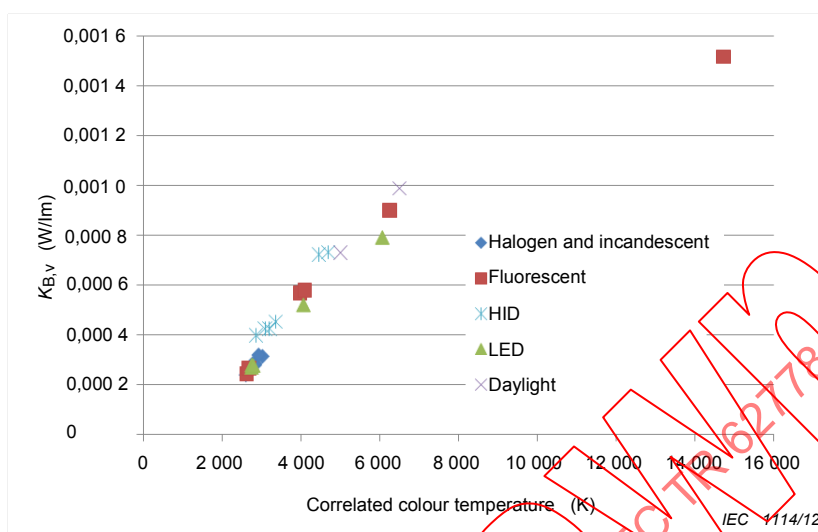
Luminance L is in principle determined from the same spectral radiance measurement that produced the L_B value, but in the case of L the spectrum is multiplied with the CIE 1924 photopic eye sensitivity curve $V(\lambda)$. For any given spectrum, L_B will be proportional to L .

In a similar way, the illuminance E is determined from a spectral irradiance measurement, and so for any given spectrum, E_B will be proportional to E .

It is important to realize that the calculations are numerically the same, regardless of whether the spectrum was determined by an irradiance measurement or a radiance measurement. Therefore, for any given spectrum, the proportionality factor between L_B and L is equal to the proportionality factor between E_B and E . This proportionality factor is called the blue light hazard efficacy of luminous radiation, and is denoted by the symbol $K_{B,v}$. It is given in units of W/lm .

When $K_{B,v}$ is determined for a range of different light source spectra, an interesting observation occurs, see Figure 1. For all white light sources, regardless of whether they are based on incandescent, high-intensity discharge, fluorescent, or LED technology, a strong

correlation is seen between $K_{B,v}$ and the correlated colour temperature (CCT) of the spectrum. Even daylight, though strictly speaking not subject to IEC 62471, which deals only with artificial light sources, follows the same trend.



NOTE $K_{B,v}$ is displayed against the correlated colour temperature of the light source spectrum to reveal the strong correlation between CCT and $K_{B,v}$.

Figure 1 – Blue light hazard efficacy of luminous radiation, $K_{B,v}$, for a range of light sources from different technologies, and for a few typical daylight spectra

This can be understood from the following observation (see Figure 2). The photopic eye sensitivity curve is, by definition, equal to the CIE 1931 Y curve. The blue light spectral weighting function has a large overlap with the CIE 1931 Z curve. These are two of the curves used to determine the colour point (x, y) of a certain spectrum. From the definition of the CIE 1931 x, y coordinates through

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (1)$$

and

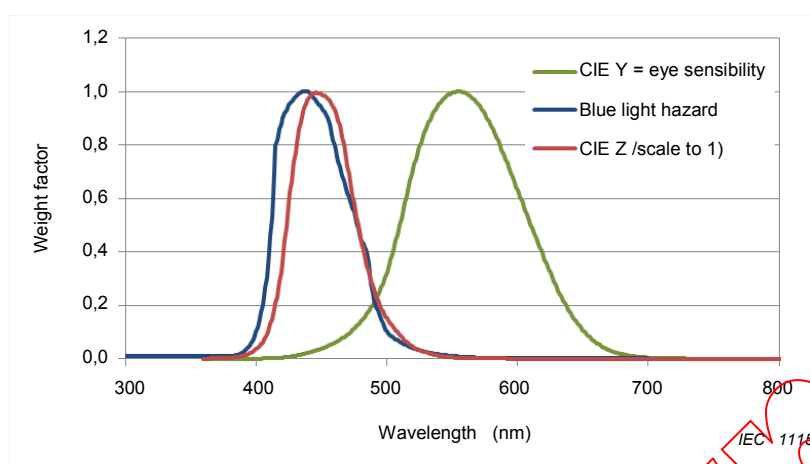
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (2)$$

it can easily be derived that

$$\frac{Z}{Y} = \frac{1-x-y}{y} \quad (3)$$

Figure 3 shows for all the studied spectra the correlation between $K_{B,v}$ and $(1-x-y)/y$. Although not perfect, the quantity $(1-x-y)/y$ which can be calculated from the colour coordinates alone, without knowing the details of the spectrum, can give an estimate of the $K_{B,v}$ value to within 15 % accuracy.

It should be pointed out that this 15 % accuracy does not reflect a measurement accuracy, but it is the expected uncertainty when correlating colour point to the value of $K_{B,v}$ without knowing any other details of the spectrum. A full spectral measurement will always produce an accurate value of $K_{B,v}$.



NOTE All curves scaled to maximum 1.

Figure 2 – Comparison between the curves involved in calculating $K_{B,v}$ (the photopic eye sensitivity curve and the blue light spectral weighting function) and the CIE 1931 Y and Z curves involved in calculating the CIE 1931 x, y colour coordinates

The blue light hazard efficacy of luminous radiation ($K_{B,v}$) is a useful value for calculations involving white light sources. For coloured sources, e.g. blue LED packages, that have their flux specified in watts rather than lumens, it is more useful to use the blue light hazard efficiency of radiation (η_B), which is a dimensionless number.

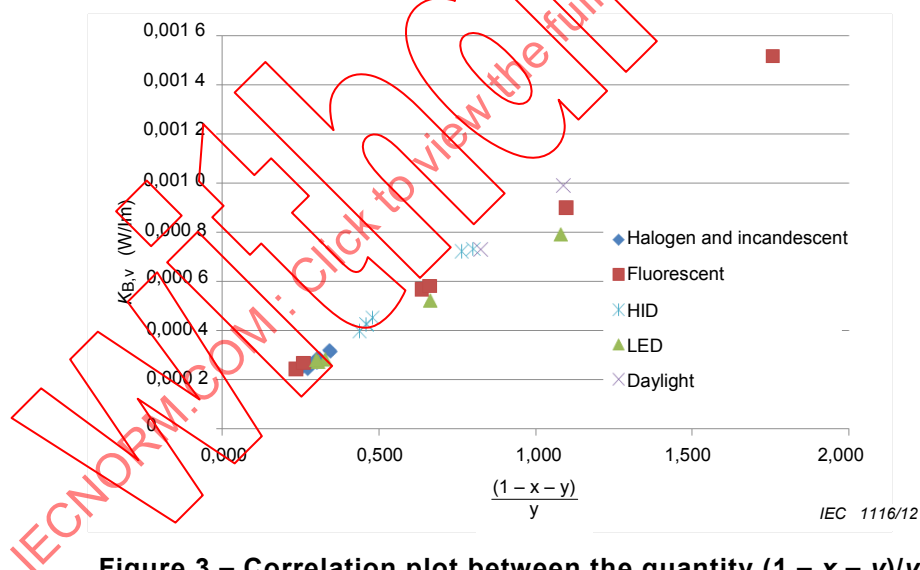


Figure 3 – Correlation plot between the quantity $(1 - x - y)/y$, calculated from the CIE 1931 x, y colour coordinates, and the value of $K_{B,v}$, for all the spectra analyzed to generate Figure 1

5.2 Luminance and illuminance regimes that give rise to $t_{\max}$ values below 100 s

Using the quantity $K_{B,v}$, one can now investigate what luminance and illuminance values possibly give rise to $t_{\max}$ values that would require labelling, according to IEC 62471. For blue light hazard, the threshold value from where labelling is required is 100 s. The label should state a cautionary warning not to stare into the light source.

Note that this threshold value still does not give rise to any sizeable risk of eye injury, because of the innate aversion response that causes people and animals alike to close or avert the eyes away from a bright light source, which evolved to prevent eye damage from direct viewing of the sun. For comparison, $t_{\max}$ for the sun, if it should fall under IEC 62471, would be around 1 s.

$t_{\max} = 100$ s is reached:

- In the case of a large source, for $L_B = 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ (4.3.3 of IEC 62471:2006).
- In the case of a small source, for $E_B = 1 \text{ W}/\text{m}^2$ (4.3.4 of IEC 62471:2006).

Using the estimated $K_{B,v}$ values for all CCTs, the curves as shown in Figure 4 and Figure 5 can be generated. With these two curves, an estimate can be made if a certain situation (combination of light source and viewing distance) is above or below the 100 s mark for $t_{\max}$, based on the luminance and the CCT of the light source and on the local illuminance level at the eye position of the viewer of the light source. As said before, the estimate is only accurate to about $\pm 15\%$, therefore a more detailed spectral measurement is required to determine the true $K_{B,v}$ value for the spectrum of the source.

First, it shall be determined if the light source at the viewer's eye position is large or small. If it is large, one only needs the light source's luminance, and Figure 4 shall be used. If it is small, the illuminance at the viewer's eye position shall be evaluated, and Figure 5 shall be used. The two curves look very similar, since they were both derived from the same $K_{B,v}$ values as a function of CCT.

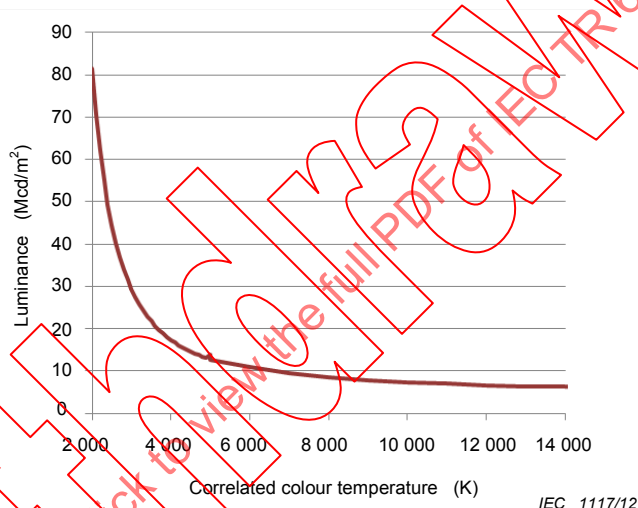


Figure 4 – Estimate of the luminance level where $L_B = 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, border between RG1 ($t_{\max} > 100$ s) and RG2 ($t_{\max} < 100$ s) in the large source regime, as a function of CCT

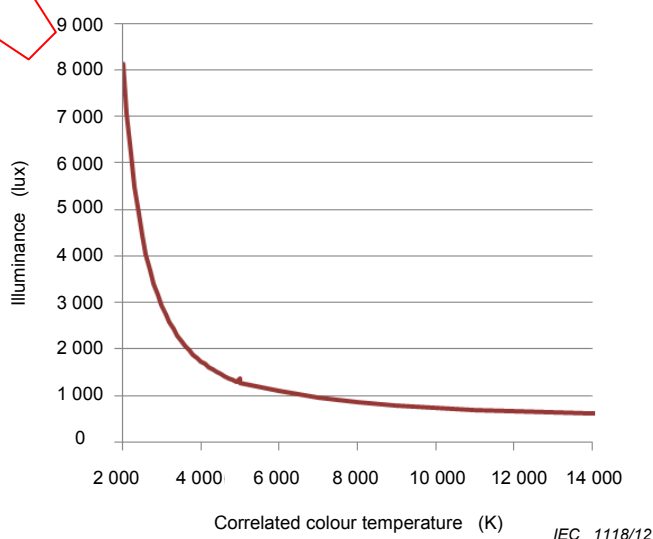


Figure 5 – Estimate of the illuminance level where $E_B = 1 \text{ W}/\text{m}^2$, border between RG1 ($t_{\max} > 100$ s) and RG2 ($t_{\max} < 100$ s) in the small source regime, as a function of CCT

Note that the small source regime presents a sort of “worst case” in terms of source luminance. From basic geometrical relations between the involved optical quantities, as explained in Annex A, it can be derived that illuminance at a certain position is equal to the luminance of the source, multiplied by the subtended angle of the source. For a range of situations with the same illuminance value, sources with small subtended angles shall have higher luminance values than sources with large subtended angles.

Knowing the E_B value at a certain illuminance level essentially gives the $t_{\max}$ maximum limit regardless of which luminance. This leads to an important simplification of the discussion. It means that if the illuminance level at the viewer's eye position is well below the illuminance where $E_B = 1 \text{ W/m}^2$ (the red line of Figure 5), $t_{\max}$ cannot be below 100 s, regardless of the luminance of the light source. Note that the 500 lx mark is below the red line throughout the CCT range relevant for general lighting. In other words, the 500 lx criterion can never generate a RG2 classification for white light.

Another simplification of the discussion can be inferred from Figure 4. The large source regime is valid at short distances, and luminance is a light source property independent of viewing distance. If a light source has $L_B < 10\,000 \text{ W/(m}^2\text{sr)}$, it will have $t_{\max} > 100 \text{ s}$ even at the shortest viewing distances. At longer distances, where it would pass from the large source to the small source regime, $t_{\max}$ can only increase and never decrease. An example for an idealized, but in all other ways unspecified light source is given in Annex B. Therefore, if a light source has an L_B value below $10\,000 \text{ W/(m}^2\text{sr)}$ (i.e. when its luminance lies below the red line in Figure 4), it cannot be in RG2 no matter at what distance it is evaluated.

From the two statements marked in the paragraphs above (“...if the illuminance level at the viewer's eye position...” and “...if a light source has an L_B value below...”), it follows that whenever either of the two conditions is fulfilled, then a classification greater than RG1 is not possible. In order to give rise to a RG2 situation, both the luminance of the light source and the illuminance at the viewer's eye position have to be above a limiting value. The luminance of the light source is above the red line in Figure 4, and the illuminance at the viewer's position is above the red line in Figure 5. In all other situations, the risk group is RG1 maximum.

The reasoning as given above is not only valid for white light sources, but to all light sources that have their main emission in the 380 nm to 780 nm range. For white light sources in the CCT range as displayed, Figure 4 and Figure 5 can be used to obtain an estimate of the limiting values of luminance and illuminance.

For all other light sources with their main emission in the 380 nm to 780 nm range, the $K_{B,v}$ value can be calculated from a spectral measurement, and the limiting values for luminance and illuminance can be determined from that $K_{B,v}$ value.

NOTE RG3 for blue light hazard is highly unlikely for white light sources. RG3 is defined by IEC 62471 for $t_{\max} < 0,25 \text{ s}$. This occurs when the blue light level is a factor of 400 higher than at the RG2 lower limit. Along the same line of thinking as above for RG2, RG3 for blue light hazard at e.g. 6 000 K is only reached when the light source luminance is above 4 Gcd/m^2 and when the illuminance is above 400 000 lx. RG3 can still be reached for hazards other than the blue light hazard.

6 LED packages, LED modules, lamps and luminaires

In the lighting business, a hierarchy of products exists based on level of integration. Products on different integration levels are often produced by different manufacturers. There is a need to pass photobiological safety information down the chain, to avoid reassessment at each next level as much as possible. This is especially desired since each next level is generally associated with a steep increase in product diversity.

For all the lighting technologies that existed before the advent of LED technology, there are two levels: the lamp and the luminaire. The lamp is the primary light source, which is placed into a luminaire using an open industry standard for the mechanical and electrical interface. Luminaires are designed with a certain lamp type in mind, but since the interface standard is

open, the end user of the luminaire has the possibility to replace this lamp by a lamp of another lamp type, as long as it conforms to the same interface standard.

For LED technology, the situation is more diverse. A chain of product levels exists, where there is a convention in the industry to number them in the following way:

Level 0: the LED chip or die.

Level 1: the LED package, allowing soldering and handling outside a clean room environment. For white LED packages, the phosphor material that converts the blue light of the chip into the other wavelengths that together produce white light is contained in the package.

Level 2: basic LED module, consisting of one or more LED packages on a printed circuit board.

Level 3: LED module with extended functionality, usually consisting of a level 2 board with additional features to allow mechanical mounting, electrical connection or an optical function. The actual additional features present depend on the type of product and may include some or all of the electronic control gear needed to operate the LED module.

Level 4: the luminaire, the LED product as it is used in the application.

Not all levels exist for all products; some products may use a level 2 board that was made directly from level 0 chips ("chip on board"), and many level 4 products are directly based on a level 2 LED module without any additional level 3 LED module in between. It depends, next to technical considerations, on the industrial competences of the various players in the chain.

Usually, the lower level LED modules and LED packages in the level 4 product are not designed to be easily replaceable by the end user. Interfaces between the levels are rarely based on open industry standards.

LED replacement lamps present a special case. They are LED products, sold to the open market, designed to the open interface standards of the previously existing lamp technologies. They will be placed in the luminaire by the end user, as a replacement of the lamp that the luminaire was originally designed for.

An important point to notice is that product diversity sharply increases with each next level in the chain. For efficiency reasons, it makes sense to perform the photobiological safety measurements as early as possible in the chain, and hand all relevant information on along the chain in a way to be able to assess the risk group at the luminaire level or level 4, where it is needed, if possible without any additional measurement effort at this level, where diversity is huge.

Clause 7 details a recommended measurement information flow from one level to the next. It makes use of an optical law, which states that passive optical components can never increase radiance in any way whatsoever, generally known as the 'law of conservation of luminance'.

7 Measurement information flow

7.1 Basic flow

The considerations enabling the flow of information from one level to the next are based on

- the 'law of conservation of luminance';
- the findings as explained in Clause 5 of this Technical Report.

The 'Law of Conservation of Luminance' states that if the luminance (or radiance) of the primary light source is known, this also gives the upper limit for the luminance (or radiance) of any product that contains this primary light source. It is actually a combination of two fundamental conservation laws: the conservation of flux and the conservation of etendue. Radiance, though usually described as intensity per surface area, can also be written as the quotient of flux and etendue. Increasing radiance would amount to either increasing flux or decreasing etendue, and both are forbidden by the basic conservation laws. While it is easy to explain why flux does not increase in a passive optical system, it is less easy to grasp why decreasing etendue is not possible. Nevertheless, the etendue conservation law is just as forbidding; when investigated more deeply, the underlying reasoning is similar to the 'second law of thermodynamics'.

When making use of the 'Law of Conservation of Luminance', one shall take care to use only luminance/radiance values that are obtained as true luminance/radiance values.

Because of the 'Law of Conservation of Luminance', the best starting point of the information flow is a radiance measurement. This radiance value can be handed on along the chain from primary light source to luminaire, without additional measurements required, provided the light source is operated in the luminaire under similar conditions as when tested as a component.

Only when optical measures are taken in the luminaire to reduce the radiance (such as a diffusing cover and/or operation at lower current), an additional measurement can be performed to verify the reduced radiance value. If this measurement is not performed, the original radiance value remains a worst case estimate which is always on the safe side.

If the radiance measurement on the primary light source gives an L_B value in the RG0 ($0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ to $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) or RG1 ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ to $10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) region, this information can pass to all products based on this primary light source. They can never be in RG2, regardless of the type of optics (including beam shaping optics that produce directional light output) and regardless of viewing distance in the application.

If the radiance measurement on the primary light source gives an L_B value in the RG2 region ($10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ to $4\,000\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$), there is a possibility that the final product will also be in the RG2 region, depending on the situation in the application. To find out if this is the case, the findings described in Clause 5 of this Technical Report can be applied. In the application, there will only be a RG2 situation when the illuminance at the viewing position is above a threshold value E_{thr} , which can be calculated using the RG1 upper limit for E_B ($1 \text{ W}/\text{m}^2$) and the $K_{B,v}$ value. This value can be calculated using the spectrum acquired in the radiance measurement.

Note that, as discussed in 5.2 of this Technical Report, an estimate of E_{thr} can already be made if only the CCT of the primary light source is known, as shown by the red line in Figure 5.

Passive optical components, such as lenses and reflectors, will not change E_{thr} . If the radiance of the primary light source is above $10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, the value of E_{thr} can be handed on along the chain, in order to determine the true risk group classification in the application.

Note that in this context, all components that substantially change the colour, such as dichroic reflectors, phosphor containing components, and therefore the spectrum, of the light source, are not considered to be passive. When the spectrum changes, the $K_{B,v}$ value changes, and therefore E_{thr} obtains a different value.

Summarizing the above, the radiance measurement of the primary light source can give three possible outcomes:

- a) RG0 unlimited: The primary light source gives rise to maximum RG0 in all luminaires at all distances;

- b) RG1 unlimited: The primary light source gives rise to maximum RG1 in all luminaires at all distances;
- c) E_{thr} for RG2: The primary light source gives rise to RG2 at distances where the luminaire containing the light source produces an illuminance above E_{thr} , RG1 at distances where the luminaire containing the light source produces an illuminance below E_{thr} .

NOTE 1 RG3 situations for blue light hazard are extremely unlikely. Therefore they are not considered in this Technical Report.

If the third outcome is produced, the risk group classification depends on the use conditions. At the minimum distance where people are very likely viewing the luminaire, is the illuminance above or below the E_{thr} value? This distance depends on the luminaire optics and can therefore not be transferred from primary light source to luminaire. It can be calculated when the peak of the angular light distribution from the luminaire optics is known, both in magnitude and direction. For many beam shaping optics, these light distributions are already known, as the distributions are needed for professional lighting design.

In order to find the maximum direction of the beam, i.e. direction of the maximum intensity, a goniophotometer should be used for the evaluation of the distribution of the intensities.

NOTE 2 For the calculation of the distance from the light distribution curve and the E_{thr} value, the following formula is applicable, see Figure 6:

$$E_{thr} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad (4)$$

where

I is the intensity of the source into the direction of the position where E_{thr} is evaluated;

d is the distance for the light source to this position;

α is the angle between the direction of the light and the normal of the plane in which E_{thr} is determined.

The plane on which E_{thr} is determined is perpendicular to the direction of the light and the cosine of the angle α equals 1. This represents the condition when the eye looks directly at the light source.

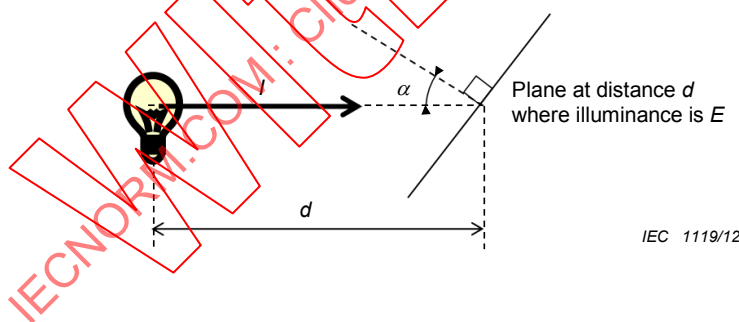


Figure 6 – Relation of illuminance E , distance d and intensity I

NOTE 3 In the case when a white light source is covered by a coloured filter, e.g. for safety lighting, the following approach can be followed if the effect of the coloured filter on $K_{B,v}$ is not known. One can take the white light source, determine the E_{thr} (if applicable) and then calculate the d_{thr} . When the source is now covered with a filter, the conservative approach is to keep the d_{thr} as in the uncovered situation. As this might lead to an over restrictive assessment, the alternative would be to measure the luminaire with the filter in place.

7.2 Conditions for the radiance measurement

For practical implementation of the above, it shall be established what the standard measurement conditions are for the radiance measurement on the primary light source. These conditions shall at least specify a measurement distance and a field of view over which the radiance is averaged. In line with the existing practice as given in IEC 62471, 200 mm distance and 0,011 rad field of view gives a good starting point. These conditions give a true radiance value if the field of view underfills the emitting area of the source. As this corresponds to a diameter of only 2,2 mm, this is the case for many light sources.

As mentioned before, the result can be transferred only when the test conditions of the primary light source are identical to the test conditions for the luminaire. Since the manufacturer of the primary light source will in general not know the test conditions for the luminaire, at least the result for the worst case test conditions should be reported (e.g. for LED packages at the maximum rated current), leaving the possibility to additionally report the result for other specified test conditions (e.g. for LED packages at specified current levels below the maximum rated current).

NOTE 1 In some proposals, the worst case field of view of 0,001 7 rad is proposed for the true radiance measurement. In the case of an homogeneous light source, there will be no difference between the 0,001 7 rad value and the 0,011 rad value. However, in the case of a light source with high luminance hot spots, the 0,001 7 rad measurement will produce a higher value. This value would only be relevant to risk group classification if the high luminance hot spot is enlarged by the luminaire optics to such an extent that it covers a field of view of 0,011 rad at the distance relevant for the application. This would only be the case for very narrow beam optics, without any faceting or segmenting to even out irregularities in the light source, viewed from a distance not much larger than 200 mm, and can be considered an unlikely scenario.

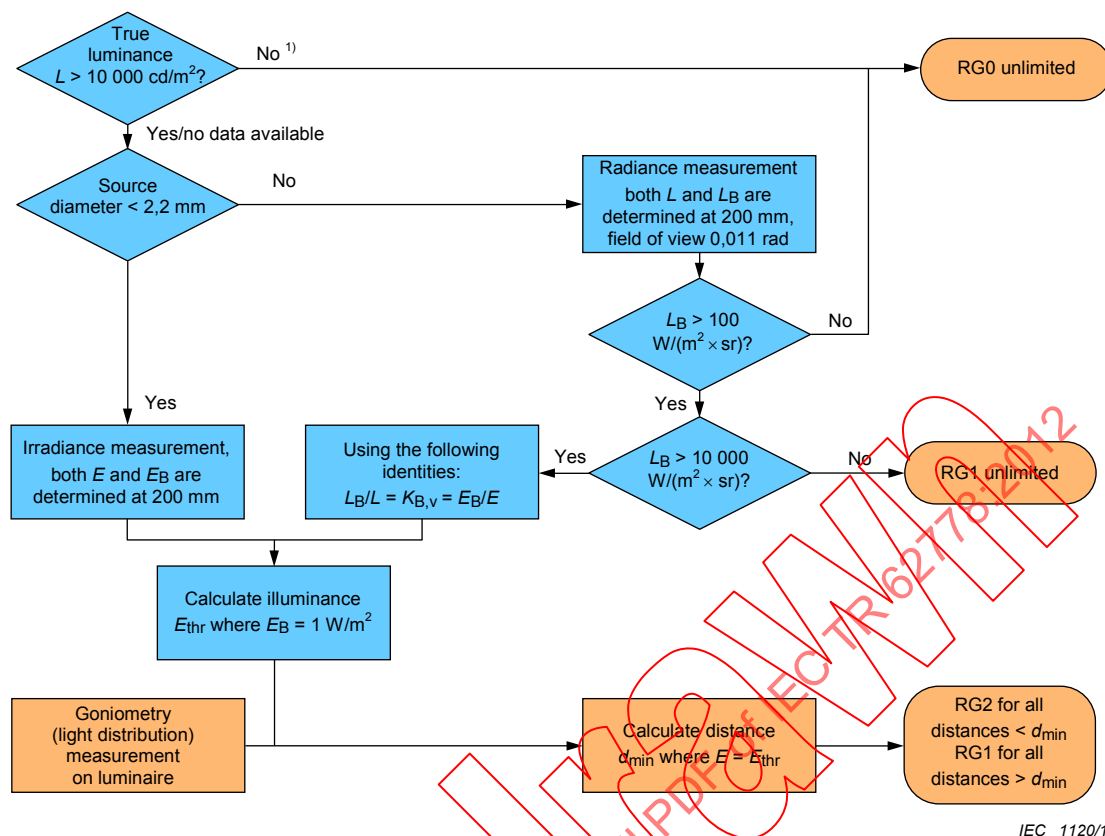
If the field of view of 0,011 rad overfills the light source even at a distance of 200 mm, the measurement does not give a true radiance value. In that case, two routes can be taken:

- a) The field of view of the measurement can be reduced such that it underfills the light source. In that case, a radiance value L_B is determined, and one of the three outcomes given in 7.1 can be assigned to the light source.
- b) The measurement is performed as an irradiance measurement. This gives the data to calculate E_{thr} . Since no radiance measurement is performed, worst case is assumed, and only outcome c) of 7.1 can be generated: the E_{thr} value for RG2.

Some light sources may generate so much light that it is technically impossible to produce the measurement at 200 mm, due to overheating or saturation of the measurement equipment. In these cases, the measurement distance can be increased to the lowest value where a measurement becomes possible. Again, it will have to be evaluated if the field of view overfills or underfills the light source. If it underfills the light source, the measurement will produce a true radiance value, as desired. If it overfills the light source, there is again the choice to either reduce the viewing angle, or to perform an irradiance measurement and assume worst case: outcome c), E_{thr} value for RG2.

Figure 7 shows the flow diagram that summarizes the required measurements and the information that needs to be handed down the chain from the primary light source, in order to make the right risk group classification of the luminaire in the application.

Measurements are always made at 200 mm and 0,011 rad field of view. In case RG0 is required for a certain application, a second measurement could be made at 200 mm and 0,1 rad field of view.



¹⁾ The RG0 result following from the $\leq 10\,000\text{ cd/m}^2$ condition is only valid for white light sources.

Figure 7 – Flow chart describing the flow of information from the primary light source (in blue) to the luminaire based on this light source (in amber)

The product safety standard applicable to the luminaire shall give guidelines as to what distance or at what illuminance level the risk group shall be evaluated. This is not relevant for all RG0 and RG1 unlimited primary light sources, but is needed in case of a primary light source with an E_{thr} value for RG2.

7.3 Special cases (I): Replacement by a lamp or LED module of another type

Subclause 7.3 gives a recommendation for the following case: when a lamp in a luminaire can be replaced by a lamp of another type, including LED replacement lamps, for which the luminaire was not designed.

The analysis detailed in 7.1 and 7.2 assumes that the luminaire manufacturer knows exactly what light source will be used in the luminaire. In practice, this is often only partly true. While the luminaire is obviously designed with a certain primary light source in mind, open industry standards generally make replacement with a lamp of another type possible.

It is recommended that the luminaire manufacturer assesses the luminaire risk group making use of the data for the worst case primary light source (lamp or LED module) that fits the interface standard. This will generally be the light source with the highest luminance (not necessarily the highest luminous flux output) and the highest CCT value.

7.4 Special cases (II): Arrays and clusters of primary light sources

Subclause 7.4 describes a case that is more common in LED lighting technology than in the other lighting technologies. Many LED modules consist of an array of individual LED packages. Because one does not, in general, know beforehand what the effects of the geometrical arrangement and/or luminaire optics will be on the average luminance of the array, it is advised to follow a conservative approach to produce a result that is valid for all applications. To be conservative, the luminance of the single LED package is taken as the average luminance of the entire array.

In general, one should then take the outcome of the measurement of a single LED package as a basis for the evaluation of the array of LED packages. This means that if the outcome of a single LED package is either RG0 unlimited or RG1 unlimited, this classification directly applies to the array as well.

In the case of an E_{thr} result, the E_{thr} of the LED package also directly applies to the array. In other words, the E_{thr} of the array is the same as for the LED package. The distance that corresponds to this E_{thr} is then determined using the peak intensity of the full array.

For a more detailed assessment, reference is made to Annex D. The assessment, making use of geometrical and optical parameters of the LED array, will never result in a higher risk group classification at a certain distance than the approach as outlined above but may, in some specific cases, lead to a shorter threshold distance for RG2.

8 Risk group classification

It is very important to note that, for the above to be implemented in a meaningful way, there shall be a clear distinction between the conditions for the measurement and the conditions under which the risk is evaluated and the risk group classification is made. While it is recommended that primary light sources are measured at short distance to perform a true radiance measurement, the risk group classification shall still depend on the actual use conditions. Since these may vary between different applications, it is recommended to define the evaluation conditions in the relevant product safety standard, whenever they are different from the evaluation conditions (500 lx for general lighting service products, 200 mm for other and unknown applications) as specified by the horizontal IEC 62471 standard.

Annex A (informative)

Geometrical relations between radiance, irradiance and radiant intensity

The simplified geometrical situation as shown in Figure A.1 is considered. In the limit of small subtended angles (where the cosine of the subtended angle is approximately equal to 1) the following relations between optical and geometrical quantities are valid:

$$I = L \cdot A \quad (\text{A.1})$$

where

I is the intensity of the light source in the direction considered;

L is the luminance of the light source;

A is the apparent area of the light source, which is the true area projected onto a plane perpendicular to the considered direction.

This relation follows from the definition of luminance. It assumes a constant luminance over the surface area; if not, the formula can still be applied, but then L denotes the average luminance over the surface area.

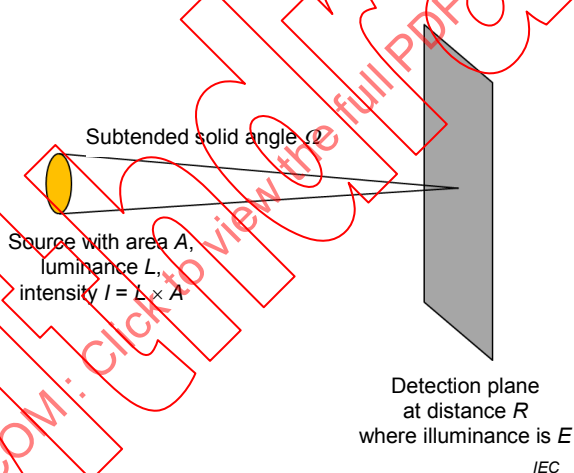


Figure A.1 – Schematic image of the situation considered in Annex A

$$\Omega = \frac{A}{R^2} \quad (\text{A.2})$$

where

Ω is the subtended solid angle;

A is the apparent area of the light source as defined above;

R is the distance from light source to detection plane.

The formula follows from the basic definition of solid angle. In the true definition, A is defined as the area on a sphere with radius R that intersects with the cone that describes Ω . When Ω is small, this area is nearly equal to the area of a plane that intersects with the cone that describes Ω . Ω can be considered small when $\cos \alpha \approx 1$, where α is the apex angle of the cone that encompasses Ω . For $\alpha = 0,011$ rad, this is the case, since $\cos \alpha = 0,999\ 94$.

$$E = \frac{I}{R^2} \quad (\text{A.3})$$

where

E is the illuminance in the detection plane;

I is the intensity in the direction from light source to detection plane;

R is the distance from light source to detection plane.

This is a well-known relation to lighting designers, valid in the case of one single source with a small solid angle.

Combining Formula (A.1) with Formula (A.3) gives:

$$E = \frac{L \cdot A}{R^2} \quad (\text{A.4})$$

And then, combining Formula (A.4) with Formula (A.2) gives:

$$E = L \cdot \Omega \quad (\text{A.5})$$

This relation means that, when the illuminance level is constant, there is an inverse proportional relation between luminance and solid angle. Larger solid angle means lower luminance, and vice versa.

Annex B (informative)

Distance dependence of $t_{\max}$ for a certain light source

A general picture of what happens with $t_{\max}$ as a function of viewing distance can be achieved in the following way.

For a light source with blue light weighted radiance L_B and diameter D , the following expressions for $t_{\max}$ hold:

Large source regime: viewing distance d where the subtended angle is larger than 0,011 rad; this is the case when $d < D / 0,011$. In this regime, $t_{\max}$ is determined by the L_B value through

$$t_{\max} = \frac{10^6 [J/(m^2 sr)]}{L_B [W/(m^2 sr)]} \quad (B.1)$$

where L_B is the blue light weighted radiance and $t_{\max}$ is, apart from the boundary condition $d < D / 0,011$, independent of distance.

Small source regime: subtended angle is smaller than 0,011 rad, so $t_{\max}$ is determined by the E_B value, through

$$t_{\max} = \frac{100 [J/m^2]}{E_B [W/m^2]} \quad (B.2)$$

where E_B is the blue light weighted irradiance.

The E_B value can be calculated from the L_B value and from the apparent surface of the light source A , using Formula (A.4) of Annex A:

$$E_B = \frac{L_B \cdot A}{d^2} \quad (B.3)$$

where E_B is the blue light weighted irradiance, L_B is the blue light weighted radiance, A is the apparent area of the light source; and d is the viewing distance.

The result is that $t_{\max}$ has a quadratic dependence of viewing distance:

$$t_{\max} = \frac{d^2 \cdot 100 \text{ s}}{A \cdot L_B [W/(m^2 sr)]} \quad (B.4)$$

When $d = D / 0,011$, the two regimes meet; when calculated according to the large source definition, $t_{\max} = 10^6 \text{ s} / (L_B [W/(m^2 sr)])$ still holds (as it is independent of distance). When evaluated according to the small source definition, one substitutes $d = D / 0,011$ and $A = \pi(D/2)^2 = (\pi/4)D^2$ (assuming a circular or spherical source) and obtains

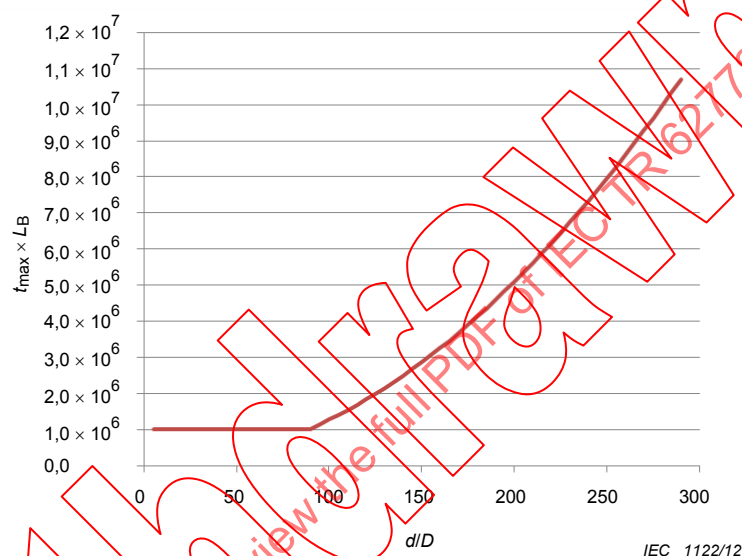
$$t_{\max} = \frac{(D/0,011)^2 \cdot 100 \text{ s}}{\pi/4 \cdot D^2 \cdot L_B [W/(m^2 sr)]} = \frac{1,05 \cdot 10^6 \text{ s}}{L_B [W/(m^2 sr)]} \quad (B.5)$$

where L_B is the blue light weighted radiance and D is the diameter of the light source.

The result deviates only a few per cent from the large source value at this distance. The exact deviation depends on the shape of the source.

From this point on towards longer distances, $t_{\max}$ will increase proportional to d^2 . For the sake of the discussion, this implies that any light source will have its shortest $t_{\max}$ at short distances in the large source regime. At larger distances, in the small source regime, $t_{\max}$ will always be longer.

Figure B.1 shows the general behaviour of $t_{\max}$ as a function of distance, as given by the formulas derived above. In order to obtain a general curve, independent of L_B and D , the horizontal axis is scaled to D and the vertical axis is multiplied by L_B , to give $t_{\max} \times L_B = 10^6$ s for all light sources in the large source regime.



NOTE The tipping point from large source regime (flat line, no dependence of d) to small source regime (quadratic dependence of d) lies at $d = D/0.011 = 91D$.

Figure B.1 – General appearance of $t_{\max}$ as a function of viewing distance d , for any light source with homogeneous luminance L and diameter D

Annex C (informative)

Summary of recommendations to assist the consistent application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires

C.1 General

Annex C provides a summary of the recommendations of this Technical Report to assist the consistent application of IEC 62471 to light sources and luminaires for the assessment of blue light hazard. Clause C.2 describes the situations where risk group assessment can be made without detailed spectral measurements. For all other situations, Clauses C.3 to C.5 give guidance as to what measurements to perform and what information to pass on to determine the risk group classification.

C.2 Situation of RG0 or RG1 classification not requiring radiance or irradiance measurement

C.2.1 Boundary conditions

If, for white light only, the true luminance of the light source is less than 10 000 cd/m², it is classified RG0.

In addition, for white light only, the light source and any luminaire using the light source are considered RG0 or RG1, without further spectral assessment, where any one of the conditions given in C.2.2 and C.2.3 apply.

The values mentioned in Table C.1 (see Figure C.1) and Table C.2 (see Figure C.2) are intended as an upper limit where measurements are not necessary. When a light source or a luminaire has luminance or illuminance values below the mentioned values, one can predict that any measurement will always give at most RG1 unlimited as an answer; therefore one does not have to make the measurement. When a light source or a luminaire has luminance or illuminance values above these mentioned values, it may still be RG1 unlimited, but a measurement is required to prove this.

NOTE The mentioned luminance and illuminance values in Table C.1 and Table C.2 are based on an estimate of blue light hazard related to CCT, where a safety margin of a factor of 2 is included to account for the uncertainty in this estimation. The use of this safety factor of 2 is due to the use of photometric data instead of radiometric data.

C.2.2 True luminance values giving risk group not greater than RG1

If the true luminance of the light source complies with the following values for the given correlated colour temperatures (CCT) its classification will not be greater than RG1.

Table C.1 – Luminance values giving risk group not greater than RG1

Rated CCT	Luminance L (Mcd/m ²)
$CCT \leq 2\,350\text{ K}$	40
$2\,350\text{ K} < CCT \leq 2\,850\text{ K}$	18,5
$2\,850\text{ K} < CCT \leq 3\,250\text{ K}$	14,5
$3\,250\text{ K} < CCT \leq 3\,750\text{ K}$	11
$3\,750\text{ K} < CCT \leq 4\,500\text{ K}$	8,5
$4\,500\text{ K} < CCT \leq 5\,750\text{ K}$	6,5
$5\,750\text{ K} < CCT \leq 8\,000\text{ K}$	5

The manufacturer's rated data for CCT and luminance may be used as a basis for this assessment.

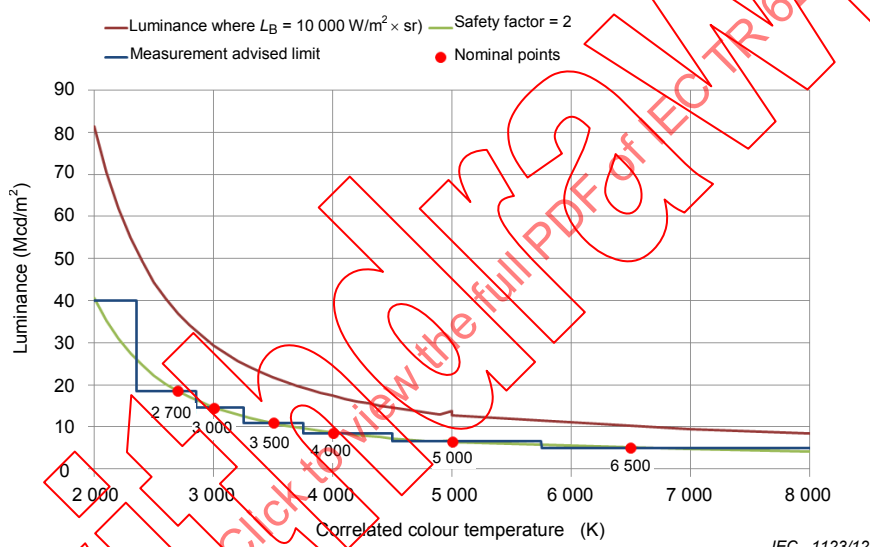


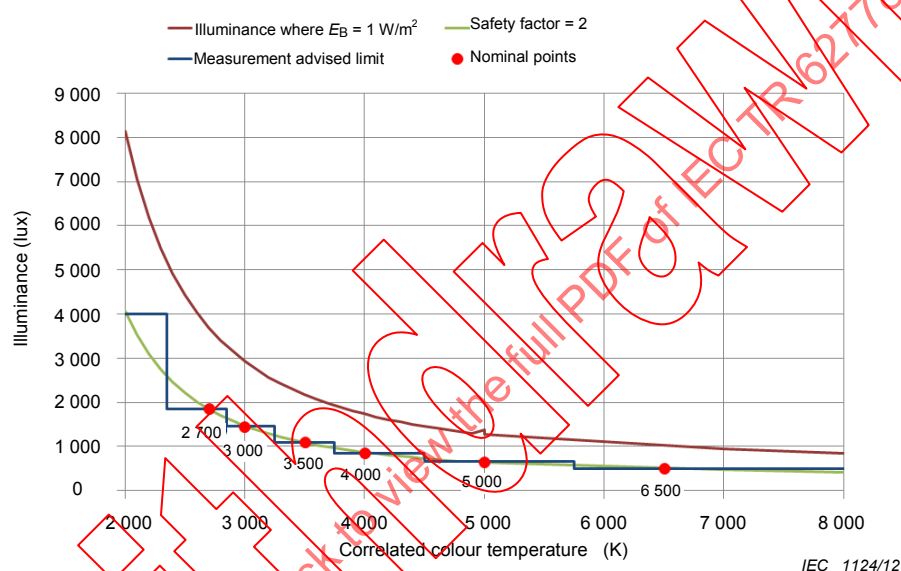
Figure C.1 – Luminance values from Table C.1 in relation to the RG1/RG2 border as function of correlated colour temperature

C.2.3 Illuminance values giving risk group not greater than RG1

If the true luminance of the light source does not comply with the values in C.2.2, but the illuminance from the luminaire in the direction of the maximum intensity, at the specified distance, complies with the following values for the given correlated colour temperatures (CCT) its classification will not be greater than RG1.

Table C.2 – Illuminance values giving risk group not greater than RG1

Rated CCT	Illuminance E (lx)
$CCT \leq 2\,350\text{ K}$	4 000
$2\,350\text{ K} < CCT \leq 2\,850\text{ K}$	1 850
$2\,850\text{ K} < CCT \leq 3\,250\text{ K}$	1 450
$3\,250\text{ K} < CCT \leq 3\,750\text{ K}$	1 100
$3\,750\text{ K} < CCT \leq 4\,500\text{ K}$	850
$4\,500\text{ K} < CCT \leq 5\,750\text{ K}$	650
$5\,750\text{ K} < CCT \leq 8\,000\text{ K}$	500

**Figure C.2 – Illuminance values from Table C.2 in relation to the RG1/RG2 border as function of correlated colour temperature**

C.3 Situation for the classification of light sources larger than 2,2 mm and luminaires using these light sources

For the situation of light sources with a diameter $> 2,2 \text{ mm}$, the following should be applied:

- The IEC 62471 radiance measurement is made at a distance of 200 mm with a field of view of 0,011 rad at current(s) as defined in 7.2.
- If $L_B < 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, the light source is classified RG0.
- If $L_B < 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ and $> 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, the light source is classified RG1.
- Where $L_B > 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ the maximum illuminance E_{thr} appropriate to an RG1/RG2 border classification ($E_B = 1 \text{ W}/\text{m}^2$) should be calculated.
- The light source manufacturer should provide information regarding the RG0, RG1, or E_{thr} classification of the light source as appropriate.
- For luminaires using large light sources classified as RG0 or RG1, the RG classification of the source is directly transferrable to the luminaire, regardless of any optical systems that the luminaire may use.

- g) For luminaires using large light sources classified with an E_{thr} value (RG1/RG2 border condition), a warning not to stare into the luminaire, or the distance from the luminaire that the blue light risk is attenuated to RG1, should be reported.

NOTE Updating of IEC 60598-1 to specify precisely the safety requirements for luminaires in this respect is expected.

C.4 Situation for the classification of light sources smaller than 2,2 mm and luminaires using these light sources

For the situation of small light sources with a diameter $< 2,2$ mm, the following should be applied: The measurement may be performed as detailed by either item a) or item b) of 7.2 to establish the RG0, RG1 rating or E_{thr} value of the light source.

C.5 Situation for the classification of light sources that pose practical difficulties in measurements at 200 mm

The measurement may be performed at the lowest distance value where it is practically possible to perform it. If, at this distance, and at a field of view of 0,011 rad, this light source is large (i.e. its subtended angle is larger than 0,011 rad), follow the procedure as outlined in Clause C.3. If, at this distance, and at a field of view of 0,011 rad, this light source is small (i.e. its subtended angle is smaller than 0,011 rad), follow the procedure as outlined in Clause C.4.

Annex D
(informative)

**Detailed assessment of arrays and clusters
of primary light sources, e.g. LED packages**

Under consideration.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62778:2012

Withd 2012

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org/>)

IEC 60598-1, *Luminaires – Part 1: General requirements and tests*

IEC/TR 62471-2, *Photobiological safety of lamps and lamp systems – Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety*

CHAVEZ, J., *Introduction to Non-Imaging Optics* (CRC Press, Boca Raton, Florida, 2008), sec. 3.2: “Conservation of Etendue”.

ROBERTSON, A. R. “Computation of correlated color temperature and distribution temperature”, *J. Opt. Soc. Am.* 58, 1528-1535, 1968.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62778:2012

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62778:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	36
1 Domaine d'application	38
2 Références normatives	38
3 Termes et définitions	38
4 Généralités	43
5 Spectre, température de couleur, et risque lié à la lumière bleue	44
5.1 Calcul des grandeurs du risque lié à la lumière bleue et des grandeurs photométriques du spectre d'émission	44
5.2 Régimes de luminance et d'éclairement donnant lieu à des valeurs de $t_{\max}$ en dessous de 100 s	47
6 Boîtiers et modules LED, lampes et luminaires	50
7 Flux d'informations de la mesure	51
7.1 Flux de base	51
7.2 Conditions pour la mesure de la luminance énergétique	54
7.3 Cas particuliers (I): Remplacement par une lampe ou un module LED d'un autre type	55
7.4 Cas particuliers (II): Matrices et blocs de sources primaires de lumière	56
8 Classification des groupes de risque	56
Annexe A (informative) Relations géométriques entre la luminance énergétique, l'éclairement énergétique et l'intensité énergétique	57
Annexe B (informative) Dépendance de $t_{\max}$ à la distance pour une certaine source de lumière	59
Annexe C (informative) Résumé des recommandations pour aider à appliquer de façon cohérente la CEI 62471 aux sources de lumière et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue	61
Annexe D Évaluation détaillée des matrices et des blocs de sources primaires de lumière, par exemple les boîtiers LED	65
Bibliographie	66
Figure 1 – Efficacité du risque lié à la lumière bleue du rayonnement lumineux, $K_{B,V}$, pour une gamme de sources de lumière relevant de différentes technologies, et pour quelques spectres de la lumière du jour typiques	46
Figure 2 – Comparaison des courbes impliquées dans le calcul de $K_{B,V}$ (la courbe de sensibilité en vision photopique et la fonction de pondération spectrale à la lumière bleue) et des courbes Y et Z de la CIE 1931 impliquées dans le calcul des coordonnées x, y de la CIE 1931	47
Figure 3 – Courbe de corrélation entre la grandeur $(1 - x - y)/y$, calculée à partir des coordonnées de couleur x, y de la CIE 1931, et la valeur de $K_{B,V}$, pour tous les spectres analysés afin de générer la Figure 1	47
Figure 4 – Estimation du niveau de luminance où $L_B = 10\,000\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{sr})$, frontière entre RG1 ($t_{\max} > 100\text{ s}$) et RG2 ($t_{\max} < 100\text{ s}$) en régime avec une grande source en fonction de CCT	48
Figure 5 – Estimation du niveau d'éclairement énergétique où $E_B = 1\text{ W}/\text{m}^2$, frontière entre RG1 ($t_{\max} > 100\text{ s}$) et RG2 ($t_{\max} < 100\text{ s}$) en régime avec une petite source en fonction de CCT	49
Figure 6 – Relation entre l'éclairement E, la distance d et l'intensité I	53

Figure 7 – Organigramme décrivant le flux d'informations de la source primaire de lumière (en bleu) au luminaire basé sur cette source de lumière (en orange)	55
Figure A.1 – Schématisation de la situation considérée dans l'Annexe A	57
Figure B.1 – Aspect général de $t_{\max}$ en fonction de la distance de vision d , pour toute source de lumière de luminance homogène L et de diamètre D	60
Figure C.1 – Valeurs de la luminance du Tableau C.1 par rapport aux limites de RG1/RG2 en fonction de la température de couleur proximale	62
Figure C.2 – Valeurs de l'éclairement du Tableau C.2 par rapport aux limites de RG1/RG2 en fonction de la température de couleur proximale	63
Tableau 1 – Corrélation entre le temps d'exposition et le groupe de risque	42
Tableau C.1 – Valeurs de luminance donnant un groupe de risque ne dépassant pas RG1	62
Tableau C.2 – Valeurs de l'éclairement donnant un groupe de risque ne dépassant pas RG1	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATION DE LA CEI 62471 AUX SOURCES DE LUMIÈRE ET AUX LUMINAIRES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE LIÉ À LA LUMIÈRE BLEUE

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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI 62778 est un rapport technique qui a été établi par le sous-comité 34A: Lampes, du comité d'études 34 de la CEI: Lampes et équipements associés.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
34A/1541/DTR	34A/1566/RVC

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

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

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.

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

APPLICATION DE LA CEI 62471 AUX SOURCES DE LUMIÈRE ET AUX LUMINAIRES POUR L'ÉVALUATION DU RISQUE LIÉ À LA LUMIÈRE BLEUE

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique apporte des clarifications et des conseils pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue de tous les produits d'éclairage dont l'émission principale est située dans le domaine du visible du spectre (de 380 nm à 780 nm). Par des calculs optiques et spectraux, il est démontré ce que les mesures de la sécurité photobiologique, comme décrites dans la CEI 62471, nous informent sur le produit et, s'il est prévu que ce produit soit un composant d'un produit d'éclairage de plus haut niveau, nous indiquent la manière dont ces informations peuvent être transférées du produit composant (par exemple le boîtier LED, le module LED ou la lampe) au produit d'éclairage de plus haut niveau (par exemple, le luminaire).

Un résumé des recommandations pour aider à appliquer de façon cohérente la CEI 62471 aux sources de lumière et aux luminaires pour l'évaluation du risque lié à la lumière bleue est donné à l'Annexe C.

NOTE Il est prévu que les normes de sécurité pour les produits DLI et LED se réfèrent à ce Rapport Technique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-845:1987, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 845: Éclairage*

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

CIE S 017/E:2011, *ILV: International Lighting Vocabulary*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 62471:2006 et de la CIE S 017/E:2011 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Les autres termes et définitions relatifs aux lampes, modules et luminaires LED sont à rechercher dans les normes correspondantes.

3.1

efficacité du risque lié à la lumière bleue du rayonnement lumineux

$K_{B,v}$

quotient de la grandeur du risque lié à la lumière bleue sur la grandeur photométrique correspondante

Note 1 à l'article: L'efficacité du risque lié à la lumière bleue est exprimée en W/lm.

Note 2 à l'article: La grandeur $\Phi_e(\lambda)$ dans la formule ci-dessous peut être remplacée par $L_e(\lambda)$ ou $E_e(\lambda)$

$$K_{B,v} = \frac{\int \Phi_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{K_m \cdot \int \Phi_{\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}$$

où $K_m = 683 \text{ lm/W}$

Note 3 à l'article: $K_{B,v} = L_B/L = E_B/E$

3.2

rendement du risque lié à la lumière bleue du rayonnement

η_B

rapport de la grandeur du risque lié à la lumière bleue sur la grandeur radiométrique correspondante

Note 1 à l'article: La grandeur $\Phi_{\lambda}(\lambda)$ dans la formule ci-dessous peut être remplacée par $L_{\lambda}(\lambda)$ ou $E_{\lambda}(\lambda)$

$$\eta_B = \frac{\int \Phi_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda}{\int \Phi_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda}$$

3.3

température de couleur proximale

CCT

température d'un radiateur de Planck dont la chromaticité est la plus proche de celle associée à la répartition spectrale donnée sur un diagramme où les coordonnées (basées sur l'observateur standard de la CIE 1931) u' , $2/3 v'$ du lieu des corps noirs et le stimulus d'essai sont représentés

Note 1 à l'article: La température de couleur proximale est exprimée en K.

Note 2 à l'article: Il convient que la notion de température de couleur proximale ne soit pas utilisée si la chromaticité de la source d'essai diffère plus que $\Delta C = [(u'_t - u'_p)^2 + \frac{4}{9}(v'_t - v'_p)^2]^{1/2} = 5 \times 10^{-2}$ du radiateur de Planck, où u'_t , v'_t font référence à la source d'essai, et u'_p , v'_p au radiateur de Planck.

Note 3 à l'article: La température de couleur proximale peut être calculée par un simple programme informatique de recherche minimale recherchant la température de Planck fournissant la plus petite différence de chromaticité entre la chromaticité d'essai et le lieu des corps noirs, ou par exemple, par une méthode recommandée par Robertson, A. R. "Computation of correlated color temperature and distribution temperature", J. Opt. Soc. Am. 58, 1528-1535, 1968.

(Noter que les valeurs dans certains tableaux de cette référence ne sont pas à jour.)

[SOURCE: CIE S 017/E:2011, 17-258, modifiée: T_{cp} n'est pas référencé]

3.4

éclairage lumineux (en un point d'une surface)

E

quotient du flux lumineux $d\Phi$ reçu par un élément de la surface contenant le point, par l'aire dA de cet élément

Note 1 à l'article: L'éclairage lumineux est exprimé en $\text{lm/m}^2 = \text{lx}$.

[SOURCE: CEI 60050-845:1987, 845-01-38]

3.5

éclairage énergétique pondéré à la lumière bleue

E_B

éclairage énergétique pondéré spectralement avec la fonction de pondération spectrale de la lumière bleue comme définie dans la CEI 62471

Note 1 à l'article: L'éclairage énergétique pondéré à la lumière bleue est exprimé en W/m^2 .

3.6

seuil de l'éclairement lumineux

E_{thr}

valeur de seuil de l'éclairement lumineux, en dessous de laquelle la source de lumière ne peut jamais atteindre $t_{max} < 100$ s, quelle que soit la valeur de L_B de la source de lumière

Note 1 à l'article: Elle peut être calculée en prenant la valeur de E_B pour $t_{max} = 100$ s, c'est-à-dire $E_B = 1 \text{ W/m}^2$, et en la divisant par la valeur de $K_{B,v}$ correspondant au spectre de la source de lumière.

Note 2 à l'article: Le seuil de l'éclairement lumineux est exprimé en $\text{lm/m}^2 = \text{lx}$

3.7

étendue optique

propriété géométrique d'un ensemble de rayons lumineux dans un système optique, donnée par l'intégrale sur toutes les positions dans un plan traversé par ces rayons lumineux et sur toutes les directions dans lesquelles ils se dirigent

Note 1 à l'article: Cela se présente sous la forme d'un produit de l'aire par l'angle solide, unité: m^2sr . Cela peut être perçu comme un volume dans un espace des phases. Les lois de conservation physiques fondamentales, associées au 'Deuxième Principe de la Thermodynamique', dictent que les composants optiques modifiant uniquement la direction de la lumière (lentilles, réflecteurs, optiques pour mise en forme de faisceau) ne peuvent jamais réduire l'étendue optique pour un paquet de flux donné.

Note 2 à l'article: l'étendue est exprimée en m^2sr .

3.8

éclairement énergétique (en un point d'une surface)

E_e

quotient du flux énergétique $d\Phi_e$ reçu par un élément de la surface contenant le point, par l'aire dA de cet élément

Note 1 à l'article: L'éclairement énergétique (en un point d'une surface) est exprimé en W/m^2 .

Note 2 à l'article: La répartition spectrale de puissance de l'éclairement énergétique, en fonction de la longueur d'onde, est notée $E_e(\lambda)$.

Note 3 à l'article: Pour les besoins du présent document, il est important de mentionner que lorsque $E_e(\lambda)$ est connu, il peut être converti en éclairement lumineux (E) lorsqu'il est pondéré avec le spectre de sensibilité en vision photopique de la CIE 1924 $V(\lambda)$, et en éclairement énergétique à la lumière bleue (E_B) lorsqu'il est pondéré avec la fonction de pondération spectrale de la lumière bleue comme défini dans la CEI 62471.

[SOURCE CEI 60050-845:1987, 845-01-37, modifiée: Note 2 et Note 3 introduites]

3.9

luminance visuelle (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive)

L

grandeur définie par la formule

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

où $d\Phi$ est le flux lumineux transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide $d\Omega$ contenant la direction donnée; dA est l'aire d'une section de ce faisceau au point donné; θ est l'angle entre la normale à cette section et la direction du faisceau

Note 1 à l'article: La luminance visuelle (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive) est exprimée en cd/m^2 .

[SOURCE: CEI 60050-845:1987, 845-01-35, modifiée: "L" est utilisé à la place de " L_v ". Les notes de 845-01-34 ne sont pas mentionnées]

3.10**luminance énergétique pondérée à la lumière bleue** **L_B**

luminance énergétique pondérée spectralement avec la fonction de pondération spectrale de la lumière bleue comme définie dans la CEI 62471

Note 1 à l'article: La luminance énergétique pondérée à la lumière bleue est exprimée en $W/(m^2 \cdot sr)$.

3.11**source de lumière**

tout produit générant de la lumière, par exemple, un boîtier LED, un module LED, une lampe ou un luminaire

3.12**luminaire**

appareil servant à répartir, filtrer ou transformer la lumière d'une ou de plusieurs lampes et comprenant, à l'exclusion des lampes elles-mêmes, toutes les pièces nécessaires pour fixer et protéger les lampes et, éventuellement, les circuits auxiliaires ainsi que les dispositifs de connexion au circuit d'alimentation

[SOURCE : CEI 60050-845:1987, 845-10-01]

3.13**optique de luminaire**

tous les composants du luminaire qui modifient les caractéristiques spatiales et directionnelles du rayonnement émis par la source de lumière primaire à l'intérieur du luminaire

3.14**source primaire de lumière**

surface ou objet émettant de la lumière produite par une transformation d'énergie

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, cela peut faire référence à un boîtier LED, à un module LED, ou à une lampe.

[SOURCE: CEI 60050-845:1987, 845-07-01]

3.15**luminance énergétique (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive)** **L_e**

grandeur définie par la formule

$$L_e = \frac{d\Phi_e}{dA \cos\theta \cdot d\Omega}$$

où $d\Phi_e$ est le flux énergétique transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide $d\Omega$ contenant la direction donnée; dA est l'aire d'une section de ce faisceau au point donné; θ est l'angle entre la normale à cette section et la direction du faisceau

Note 1 à l'article: La luminance énergétique (dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive) est exprimée en $W/(m^2 \cdot sr)$.

Note 2 à l'article: La répartition spectrale de puissance, en fonction de la longueur d'onde, est notée $L_\lambda(\lambda)$.

Note 3 à l'article: Pour les besoins du présent document, il est important de mentionner que lorsque $L_\lambda(\lambda)$ est connu, il peut être converti en luminance (L) lorsqu'il est pondéré avec le spectre de sensibilité en vision photopique de la CIE 1924 $V(\lambda)$, et en luminance énergétique pondérée à la lumière bleue (L_B) lorsqu'il est pondéré avec la fonction de pondération spectrale de la lumière bleue comme défini dans la CEI 62471.

[SOURCE: CEI 60050-845:1987, 845-01-34, modifiée: Les Notes 1 à 5 ont été abandonnées, de nouvelles notes ont été introduites.]

3.16

groupe de risque

RG

classification du risque lorsque le produit, à une position d'évaluation adaptée, donne lieu à une certaine valeur de $t_{\max}$, conformément au Tableau 1, comme défini dans la CEI 62471:

Tableau 1 – Corrélation entre le temps d'exposition et le groupe de risque

Numéro du groupe de risque	Nom du groupe de risque	Plages de $t_{\max}$ correspondante
RG0	Aucun	> 10 000 s
RG1	Faible risque	100 s à 10 000 s
RG2	Risque modéré	0,25 s à 100 s
RG3	Risqué élevé	< 0,25 s

3.17

temps d'exposition maximal autorisé

$t_{\max}$

temps d'exposition maximal autorisé calculé à l'aide de la formule correspondante de 4.3.3 et 4.3.4 de la CEI 62471

3.18

luminance vraie

valeur de la luminance obtenue en intégrant l'équation donnée dans la définition de la luminance conformément à la CEI 60050-845, définition 845-01-35, sur une certaine zone d'une source de lumière, afin que seule la surface d'émission de la lumière (ou une partie de celle-ci) soit incluse dans l'intégration, et qu'il n'y ait aucune zone de surface sombre autour de la partie de la source de lumière émettant de la lumière

Note 1 à l'article: Lorsqu'une mesure de la luminance est effectuée sur un certain champ de vision, cela ne donnera qu'une valeur de la luminance vraie lorsque le champ de vision remplit partiellement la partie de la source de lumière émettant de la lumière.

3.19

luminance énergétique vraie

valeur de la luminance énergétique obtenue en intégrant l'équation donnée dans la définition de la luminance énergétique conformément à la CEI 60050-845, définition 845-01-34, sur une certaine zone d'une source de lumière, afin que seule la surface d'émission de la lumière (ou une partie de celle-ci) soit incluse dans l'intégration, et qu'il n'y ait aucune zone de surface sombre autour de la partie de la source de lumière émettant de la lumière

Note 1 à l'article: Lorsqu'une mesure de la luminance énergétique est effectuée sur un certain champ de vision, cela ne donnera qu'une valeur de la luminance vraie lorsque le champ de vision remplit partiellement la partie de la source de lumière émettant de la lumière.

3.20

boîtier LED

composant électrique autonome renfermant principalement une ou plusieurs puces LED, éventuellement avec éléments optiques et des interfaces thermiques, mécaniques et électriques

Note 1 à l'article: Le composant n'inclut pas les unités de commande des appareillages, les culots, et n'est pas directement connecté à la tension d'alimentation.

Note 2 à l'article: Un boîtier LED est un composant discret et fait partie du module LED. Pour un schéma de montage d'un boîtier LED, se référer à l'Annexe A de la CEI/TS 62504¹.

¹ En preparation.

4 Généralités

La CEI 62471 est une norme horizontale complète décrivant tous les risques potentiels pour la santé associés au rayonnement optique artificiel, du domaine des ultraviolets, du visible et des infrarouges du spectre. Ce Rapport technique traite exclusivement du risque décrit en 4.3.3 et 4.3.4 de la CEI 62471:2006. Ce risque s'appelle le risque rétinien lié à la lumière bleue, car il s'agit d'un effet provoqué principalement par la partie bleue du domaine du visible du spectre, qui possède ses effets potentiellement dommageables sur la rétine. Les effets sont décrits à l'Article A.3 de la même norme.

Étant donné que cela agit sur la rétine, cela dépend non seulement de la quantité totale de lumière qui atteint l'œil mais également de la taille de la source de lumière ayant produit cette lumière. Les sources de lumière les plus grandes sont transposées en image sur une plus grande partie de la rétine, et produisent donc un éclairage énergétique plus faible sur la rétine que les sources de lumière plus petites générant la même quantité de lumière en direction de l'œil de l'observateur. Le Paragraphe 4.3.3 de la CEI 62471:2006 tient compte de cela en mettant en relation le temps d'exposition maximal autorisé, $t_{\max}$, avec la luminance énergétique de la source de lumière. La luminance énergétique (unité: $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) est une grandeur décrivant l'intensité radiométrique, qui correspond à la puissance de rayonnement émise dans une certaine direction, divisée par l'aire apparente de la source de lumière vue à partir de la même direction. Dans un système d'imagerie, tel que l'œil, l'éclairage énergétique local sur le plan de l'image (qui, pour l'œil est sur la rétine) est proportionnel à la luminance énergétique de la source.

Ce n'est que lorsque la source de lumière est trop petite pour être transposée en image de manière nette, ou lorsqu'elle est si petite qu'elle ne sera jamais fixée sur la même partie de la rétine assez longtemps pour que des dommages soient créés, que la valeur de la luminance énergétique n'est pas la valeur appropriée. Dans ce cas, le Paragraphe 4.3.4 de la CEI 62471:2006 doit être appliqué, avec l'éclairement énergétique sur la pupille utilisé comme une valeur proportionnelle à l'éclairement énergétique efficace sur la rétine.

La question de savoir si une source de lumière est "grande" (et qu'il faut appliquer 4.3.3 dans ce cas) ou "petite" (et il faut appliquer le 4.3.4 dans ce cas) dépend de la taille de la source de lumière ainsi que de la distance de vision. L'angle sous-tendu de la source de lumière est utilisé comme grandeur discriminatoire. Lorsque le temps requis pour produire les dommages est supérieur à 10 s, la CEI 62471 déclare que l'angle sous-tendu limite pour qu'une source de lumière soit grande ou petite est 0,011 rad. Pour les sources de lumière situées à la limite entre grande et petite, $t_{\max}$ peut être calculé des deux façons (à l'aide de sa luminance énergétique conformément à 4.3.3 et à l'aide de l'éclairement énergétique conformément à 4.3.4), qui donneront le même résultat à 5 % près. L'écart de 5 % résulte de l'arrondissement des facteurs de conversion utilisés pour convertir la grandeur radiométrique en $t_{\max}$.

Dans le contexte de la CEI 62471, "source de lumière" désigne tout produit utilisé pour produire de la lumière. En réalité, il existe une hiérarchie des produits d'éclairage, dont la source de lumière est généralement utilisée pour décrire les composants constitutifs du produit d'éclairage qui produit vraiment la lumière. Étant donné que les autres composants du produit d'éclairage, plus principalement les optiques de luminaire, peuvent modifier les caractéristiques de rayonnement de la source primaire de lumière, il est important de savoir si oui ou non une évaluation photobiologique de la source primaire de lumière peut être transférée au produit à l'aide de cette source primaire de lumière en tant que composant générateur de lumière et la manière dont cela peut être effectué.

De plus, la CEI 62471 indique la classification du risque des produits. Étant donné que les valeurs de $t_{\max}$ comme calculées en 4.3 de la CEI 62471:2006 sont déterminées à la fois par le produit lui-même et par la distance à partir de laquelle il est vu, elles ne peuvent pas être utilisées en elles-mêmes pour déterminer une classification unique du risque pour un produit. C'est pourquoi l'Article 6 énonce les conditions normales dans lesquelles la sécurité photobiologique doit être évaluée pour déterminer la classification du risque des produits. Pour des lampes destinées à l'éclairage général (General lighting service (GLS)) comme

définies en 3.11 de la même norme, les valeurs du risque doivent être rapportées à une distance qui produit un éclairement de 500 lx, mais pas à une distance inférieure à 200 mm. Pour les autres sources de lumière, y compris les sources à lampe flash, les valeurs du risque doivent être rapportées à une distance de 200 mm. Des exemples de ces sources de lumière qui ne sont pas destinées à l'éclairage général sont donnés en 3.11 et incluent des lampes pour des utilisations telles que les projections de film, le bronzage et les procédés industriels. Dans certains cas, la même lampe peut être utilisée pour l'éclairage général et pour des applications spéciales. Dans de tel cas, il convient qu'elle soit évaluée et classée pour les applications prévues. À la distance d'évaluation, $t_{\max}$ est déterminé, et lorsqu'il tombe en dessous de 100 s, le produit est classé comme Groupe de Risque 2 (RG2) et un étiquetage de mise en garde est requis.

Il est important d'évaluer soigneusement les informations que ces deux conditions d'évaluation différentes peuvent donner, informations qui sont conformes à l'évaluation du risque dans l'application réelle. Tandis que «500 lx» désigne une valeur typique de l'éclairement dans une large gamme d'applications d'éclairage, il y a sans aucun doute des applications pour lesquelles l'éclairement à la position de l'observateur est supérieur à 500 lx. Alors que nous indique une classification de risque à 500 lx? D'un autre côté, fixer la distance d'évaluation à 200 mm pour toutes les sources de lumière entraînera une évaluation du risque exagérée pour les sources de lumière haute puissance utilisées dans des applications où les personnes ne se trouveront jamais au sein de la plage courte des sources de lumière en fonctionnement; par exemple les éclairages publics et les éclairages de stade. Même en faisant abstraction des problèmes pratiques de mesure d'une telle source de lumière à cette courte distance, qui endommagerait n'importe quel équipement de mesure optique normal.

Bien que la CEI 62471 encourage la mesure de 500 lx pour les situations GLS, en pratique l'illumination à un niveau de 500 lx ne représente pas nécessairement un scénario d'exposition approprié, les niveaux d'illumination au-dessus et en dessous de 500 lx étant très courants. Par conséquent, le présent Rapport technique recommande les mesures à 200 mm, 0,011 rad, avec une détermination de la condition limite RG1/2 lorsqu'il convient.

Ce rapport étudiera les deux points suivants: (a) transférer les informations relatives à la sécurité photobiologique d'un composant de source de lumière à un produit d'éclairage de plus haut niveau basé sur ce composant; (b) effectuer des recommandations sur la distance de mesure et la classification du groupe de risque. Il basera ces recommandations sur une analyse des grandeurs relatives au risque lié à la lumière bleue, à travers des calculs spectraux et des considérations optiques.

5 Spectre, température de couleur, et risque lié à la lumière bleue

5.1 Calcul des grandeurs du risque lié à la lumière bleue et des grandeurs photométriques du spectre d'émission

Afin de déterminer le risque lié à la lumière bleue, une mesure soit de la luminance énergétique soit de l'éclairement énergétique est effectuée sur la source de lumière.

Lors de la mesure de la luminance énergétique, il est veillé à ce que le détecteur mesure un signal proportionnel à la luminance énergétique de la source. Cela peut être effectué en réalisant une image de la source à l'aide de l'optique d'imagerie, et en plaçant un détecteur ou une matrice de détecteurs dans le plan de l'image. Alternativement, cela peut être effectué en plaçant un diaphragme avec une ouverture précise à proximité de la source de lumière, afin que seule la lumière d'une partie connue de l'aire de la surface de la source atteigne le détecteur. La luminance énergétique peut alors être calculée à partir du signal du détecteur lorsque tous les paramètres géométriques correspondants sont connus (taille du diaphragme, distance entre le diaphragme et la source de lumière et entre le diaphragme et le détecteur).

Lors de la mesure d'un éclairement énergétique, aucune optique d'imagerie ou diaphragme n'est placé entre la source de lumière et le détecteur, et la quantité totale de rayonnement émise par la source dans l'ouverture de réception du détecteur est mesurée.

Afin de déterminer la luminance énergétique ou l'éclairement énergétique pondéré(e) à la lumière bleue, les deux mesures ne doivent pas uniquement enregistrer la puissance de rayonnement totale, mais également la répartition spectrale de puissance du rayonnement sur le détecteur. La répartition spectrale de puissance est ensuite multipliée par la fonction de pondération spectrale de la lumière bleue, comme définie par le Tableau 4.2 et la Figure 4.2 de la CEI 62471:2006. Si la mesure d'origine est une mesure de la luminance énergétique, la grandeur résultante est la luminance énergétique pondérée à la lumière bleue L_B . Si la mesure d'origine est une mesure de l'éclairement énergétique, la grandeur résultante est l'éclairement énergétique pondéré à la lumière bleue E_B .

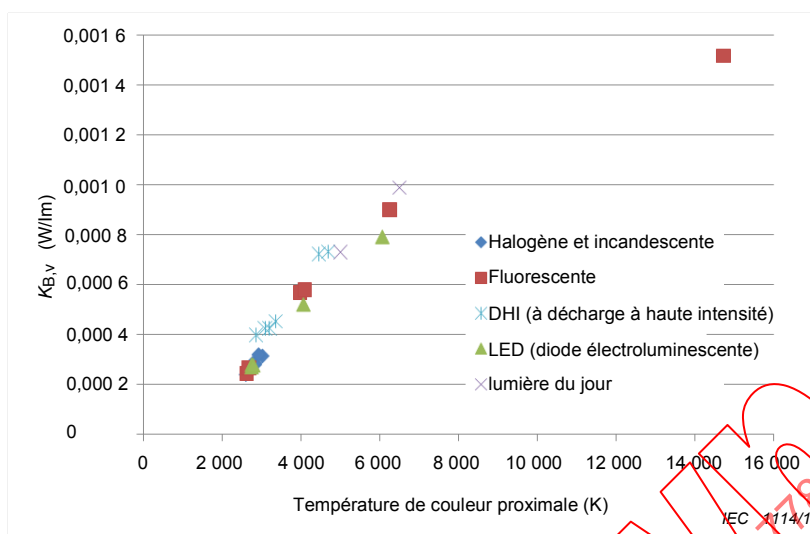
Il est important de noter qu'il existe une relation étroite entre ces deux grandeurs pondérées à la lumière bleue et les deux grandeurs photométriques correspondantes avec lesquelles de nombreux concepteurs d'éclairage et ingénieurs des produits d'éclairage sont familiers. La luminance énergétique pondérée à la lumière bleue L_B est étroitement liée à la luminance L (unité: cd/m^2). L'éclairement énergétique pondéré à la lumière bleue E_B est étroitement lié à l'éclairement E (unité: lx).

La luminance L est en principe déterminée à partir de la même mesure de la luminance énergétique spectrale ayant produit la valeur de L_B mais dans le cas de L , le spectre est multiplié par la courbe de sensibilité en vision photopique de la CIE 1924 $V(\lambda)$. Pour tout spectre donné, L_B sera proportionnel à L .

De la même manière, l'éclairement E est déterminé à partir d'une mesure de l'éclairement énergétique spectral, et par conséquent, pour tout spectre donné, E_B sera proportionnel à E .

Il est important de réaliser que les calculs sont numériquement les mêmes, sans tenir compte du fait que le spectre a été déterminé par une mesure de l'éclairement énergétique ou de la luminance énergétique. Par conséquent, pour tout spectre donné, le facteur de proportionnalité entre L_B et L est égal au facteur de proportionnalité entre E_B et E . Ce facteur de proportionnalité est appelé l'efficacité du risque lié à la lumière bleue du rayonnement lumineux, et est noté par le symbole $K_{B,v}$. Il est exprimé en W/lm .

Lorsque $K_{B,v}$ est déterminé pour une gamme de spectres de sources de lumière différentes, une observation intéressante est faite, voir Figure 1. Pour toutes les sources de lumière blanche, qu'elles soient incandescentes, à décharge à haute intensité, fluorescentes, ou à technologie LED, une forte corrélation apparaît entre $K_{B,v}$ et la température de couleur proximale (CCT) du spectre. Même la lumière du jour suit la même tendance, même si à proprement parler, elle n'est pas soumise à la CEI 62471 qui ne traite que des sources de lumière artificielles.



NOTE $K_{B,v}$ est affiché en fonction de la température de couleur proximale du spectre de la source de lumière afin de mettre en évidence la forte corrélation entre CCT et $K_{B,v}$.

Figure 1 – Efficacité du risque lié à la lumière bleue du rayonnement lumineux, $K_{B,v}$, pour une gamme de sources de lumière relevant de différentes technologies, et pour quelques spectres de la lumière du jour typiques

Cela peut être compris à partir de l'observation suivante (voir Figure 2). La courbe de sensibilité en vision photopique est, par définition, égale à la courbe Y de la CIE 1931. La fonction de pondération spectrale de la lumière bleue et la courbe Z de la CIE 1931 sont confondues sur une grande partie. Il s'agit de deux des courbes utilisées pour déterminer le point de couleur (x, y) d'un certain spectre. À partir de la définition des coordonnées x, y de la CIE 1931 selon

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad (1)$$

et

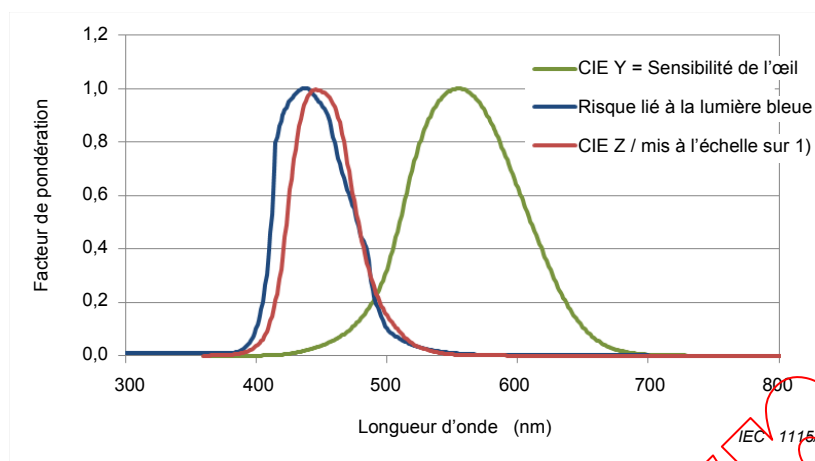
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (2)$$

il peut en être facilement déduit que

$$\frac{Z}{Y} = \frac{1-x-y}{y} \quad (3)$$

Figure 3 montre pour tous les spectres étudiés, la corrélation entre $K_{B,v}$ et $(1-x-y)/y$. Bien qu'elle ne soit pas parfaite, la grandeur $(1-x-y)/y$ pouvant être calculée à partir des coordonnées de couleur uniquement, sans connaître les détails du spectre, peut donner une estimation de la valeur de $K_{B,v}$ avec une précision de 15 %.

Il convient de faire remarquer que cette précision de 15 % ne reflète pas une précision de mesure, mais qu'une incertitude sera présente lors de la corrélation entre le point de couleur et la valeur de $K_{B,v}$ sans connaître d'autres détails relatifs au spectre. Une mesure spectrale complète fournira toujours une valeur exacte de $K_{B,v}$.



NOTE Toutes les courbes sont mises à l'échelle sur un maximum de 1.

Figure 2 – Comparaison des courbes impliquées dans le calcul de $K_{B,v}$ (la courbe de sensibilité en vision photopique et la fonction de pondération spectrale à la lumière bleue) et des courbes Y et Z de la CIE 1931 impliquées dans le calcul des coordonnées x , y de la CIE 1931

L'efficacité du risque lié à la lumière bleue du rayonnement lumineux ($K_{B,v}$) est une valeur utile pour les calculs impliquant des sources de lumière blanche. Pour les sources colorées, par exemple les boîtiers LED bleues, dont le flux est exprimé en watts plutôt qu'en lumens, il est plus utile d'utiliser le rendement du risque lié à la lumière bleue du rayonnement (η_B), qui correspond à un nombre sans unité.

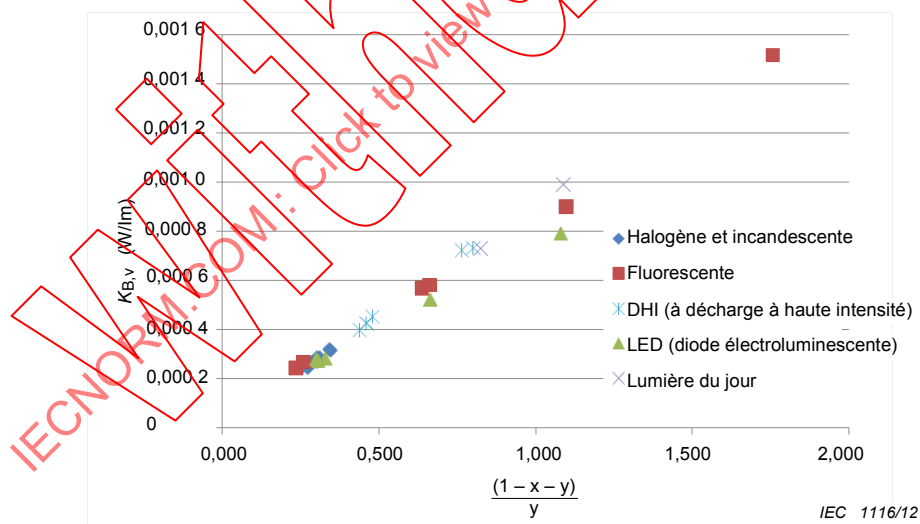


Figure 3 – Courbe de corrélation entre la grandeur $(1 - x - y)/y$, calculée à partir des coordonnées de couleur x , y de la CIE 1931, et la valeur de $K_{B,v}$, pour tous les spectres analysés afin de générer la Figure 1

5.2 Régimes de luminance et d'éclairement donnant lieu à des valeurs de $t_{\max}$ en dessous de 100 s

À l'aide de la grandeur $K_{B,v}$, il est désormais possible de rechercher les valeurs de la luminance et de l'éclairement donnant lieu à des valeurs de $t_{\max}$ qui nécessiteraient un étiquetage, conformément à la CEI 62471. Pour le risque lié à la lumière bleue, la valeur de seuil à partir de laquelle l'étiquetage est requis est 100 s. Il convient d'indiquer sur l'étiquette un avertissement stipulant de ne pas fixer la source de lumière.

Noter que cette valeur de seuil ne donne toujours pas lieu à un risque mesurable des lésions oculaires en raison de la réponse innée d'aversion qui force les personnes ainsi que les animaux à fermer et à détourner les yeux d'une source de lumière brillante, ce qui a permis d'empêcher les lésions oculaires lors d'une vision directe du soleil. À titre de comparaison, $t_{\max}$ pour le soleil, s'il devait relever de la CEI 62471, serait autour de 1 s.

$t_{\max} = 100$ s est atteint:

- Dans le cas d'une grande source, pour $L_B = 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ (4.3.3 de la CEI 62471:2006).
- Dans le cas d'une petite source, pour $E_B = 1 \text{ W}/\text{m}^2$ (4.3.4 de la CEI 62471:2006).

À l'aide des valeurs estimées de $K_{B,v}$ pour toutes les CCT, les courbes présentées à la Figure 4 et à la Figure 5 peuvent être générées. Avec ces deux courbes, une estimation peut être faite si une certaine situation (combinaison de la source de lumière et de la distance de vision) est située au-dessus ou en dessous de la marque des 100 s pour $t_{\max}$, basée sur la luminance et la CCT de la source de lumière et sur le niveau d'éclairement local à la position de l'œil de l'observateur de la source de lumière. Comme stipulé auparavant, l'estimation n'est précise qu'à environ $\pm 15 \%$, par conséquent une mesure spectrale plus détaillée est requise pour déterminer la valeur vraie de $K_{B,v}$ pour le spectre de la source.

Tout d'abord, il doit être déterminé si la source de lumière à la position de l'œil de l'observateur est grande ou petite. Si elle est grande, seule la luminance de la source de lumière est nécessaire, et la Figure 4 est utilisée. Si elle est petite, l'éclairement à la position de l'œil de l'observateur doit être évalué, et la Figure 5 doit être utilisée. Les deux courbes semblent très similaires, étant donné qu'elles sont toutes les deux issues des mêmes valeurs de $K_{B,v}$ en fonction de CCT.

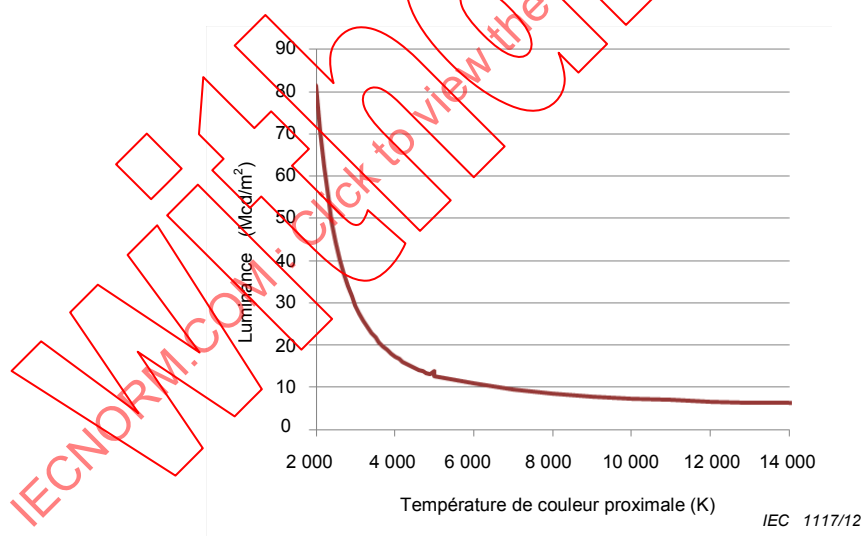


Figure 4 – Estimation du niveau de luminance où $L_B = 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, frontière entre RG1 ($t_{\max} > 100$ s) et RG2 ($t_{\max} < 100$ s) en régime avec une grande source en fonction de CCT

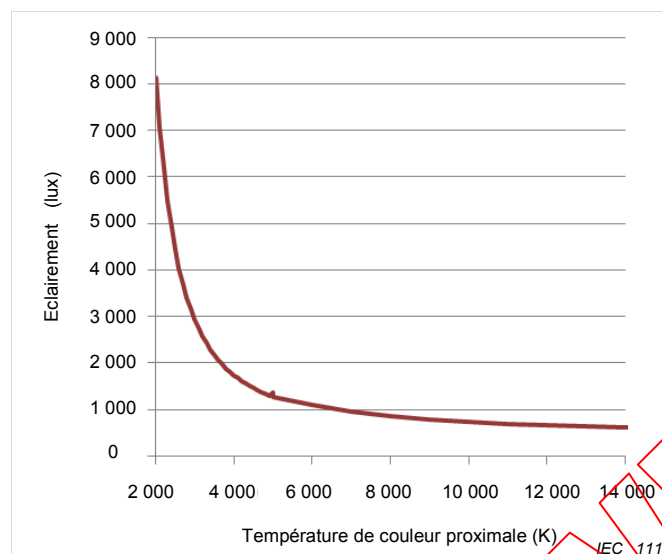


Figure 5 – Estimation du niveau d'éclairage énergétique où $E_B = 1 \text{ W/m}^2$, frontière entre RG1 ($t_{\max} > 100 \text{ s}$) et RG2 ($t_{\max} < 100 \text{ s}$) en régime avec une petite source en fonction de CCT

Noter que le régime avec une petite source présente un type de "pire cas" en termes de luminance de la source. À partir des relations géométriques de base entre les grandeurs optiques mises en jeu, comme expliqué dans l'Annexe A, on peut en déduire que l'éclairage à une certaine position est égal à la luminance de la source, multipliée par l'angle sous-tendu de la source. Pour un ensemble de situations avec la même valeur d'éclairage, les sources avec de petits angles sous-tendus doivent avoir des valeurs de luminance plus élevées que les sources avec de grands angles sous-tendus.

La connaissance de la valeur de E_B à un certain niveau d'éclairage donne essentiellement la limite maximale de $t_{\max}$ lorsqu'il n'est pas tenu compte de la luminance. Cela aboutit à une simplification importante de la discussion. Cela signifie que si le niveau d'éclairage à la position de l'œil de l'observateur est bien en dessous de l'éclairage où $E_B = 1 \text{ W/m}^2$ (la ligne rouge de la Figure 5), $t_{\max}$ ne peut pas être en dessous de 100 s, quelle que soit la luminance de la source de lumière. Noter que la marque 500 lx est en dessous de la ligne rouge tout au long de la plage de CCT applicable à l'éclairage général. En d'autres termes, le critère 500 lx ne peut jamais générer une classification RG2 pour la lumière blanche.

Une autre simplification de la discussion peut être déduite de la Figure 4. Le régime avec une grande source est valable à de courtes distances, et la luminance est une propriété de la source de lumière indépendante de la distance de vision. Si une source de lumière a $L_B < 10\,000 \text{ W/(m}^2\text{sr)}$, elle aura $t_{\max} > 100 \text{ s}$ même aux distances de vision les plus courtes. À de plus longues distances, où l'on passerait du régime avec une grande source au régime avec une petite source, $t_{\max}$ ne peut qu'augmenter et ne peut jamais baisser. Un exemple de source de lumière idéalisée mais non spécifiée sur tous les autres points apparaît dans l'Annexe B. Par conséquent, si une source de lumière a une valeur de L_B en dessous de $10\,000 \text{ W/(m}^2\text{sr)}$ (c'est-à-dire lorsque sa luminance est située en dessous de la ligne rouge à la Figure 4), elle ne peut pas être classifiée RG2, quelle que soit la distance à laquelle elle est évaluée.

Selon les deux expressions notées dans les paragraphes ci-dessus (... "si le niveau d'éclairement à la position de l'œil de l'observateur ..." et "... si une source de lumière a une valeur de L_B en dessous de..."), on en déduit que quel que soit le moment où l'une de ces deux conditions est satisfaite, une classification supérieure à RG1 est impossible. Afin de donner lieu à une situation RG2, la luminance de la source de lumière ainsi que l'éclairement à la position de l'œil de l'observateur doivent être supérieurs à une valeur limite. La luminance de la source de lumière est au-dessus de la ligne rouge dans la Figure 4, et l'éclairement à la position de l'observateur est au-dessus de la ligne rouge dans la Figure 5. Dans toutes les autres situations, le groupe de risque est RG1 maximum.

Le raisonnement exposé ci-dessus n'est pas seulement valable pour les sources de lumière blanche, mais également pour toutes les autres sources de lumière dont l'émission principale est située dans le domaine de 380 nm à 780 nm. Pour les sources de lumière blanche dans la plage de CCT présentée, la Figure 4 et la Figure 5 peuvent être utilisées pour obtenir une estimation des valeurs limites de la luminance et de l'éclairement.

Pour toutes les autres sources de lumière dont l'émission principale est située dans le domaine de 380 nm à 780 nm, la valeur de $K_{B,v}$ peut être calculée à partir d'une mesure spectrale, et les valeurs limites de la luminance et de l'éclairement peuvent être déterminées à partir de cette valeur de $K_{B,v}$.

NOTE RG3 pour un risque lié à la lumière bleue est fortement improbable pour les sources de lumière blanche. RG3 est défini par la CEI 62471 pour $t_{max} < 0,25$ s. Cela survient lorsque le niveau de lumière bleue est un facteur 400 fois plus élevé que celui à la limite la plus basse de RG2. De même que pour RG2 présenté ci-dessus, RG3 pour un risque lié à la lumière bleue, par exemple, 6 000 K n'est atteint que lorsque la luminance de la source de lumière est supérieure à 4 Gcd/m² et lorsque l'éclairement est supérieur à 400 000 lx. RG3 peut encore être atteint pour d'autres risques que celui lié à la lumière bleue.

6 Boîtiers et modules LED, lampes et luminaires

Dans le secteur de l'éclairage, une hiérarchie des produits existe, basée sur leur niveau d'intégration. Les produits sur différents niveaux d'intégration sont souvent fabriqués par différents fabricants. Il existe un besoin de transmettre les informations relatives à la sécurité photobiologique à la chaîne, afin d'éviter le plus possible la réévaluation à chaque passage au niveau suivant. Cela est spécialement requis car chaque passage au niveau suivant est généralement synonyme d'une forte augmentation en matière de diversité des produits.

Pour toutes les technologies d'éclairage présentes avant l'apparition de la technologie LED, il existe deux niveaux: la lampe et le luminaire. La lampe est la source primaire de lumière, placée dans un luminaire à l'aide d'une norme industrielle ouverte pour l'interface mécanique et électrique. Les luminaires sont conçus avec un certain type de lampe en mémoire, mais étant donné que la norme d'interface est ouverte, l'utilisateur final du luminaire a la possibilité de remplacer cette lampe par une lampe d'un autre type, à condition que cette dernière soit conforme à la même norme d'interface.

Pour la technologie LED, la situation est plus complexe. Une chaîne des niveaux de produits existe, avec une convention industrielle pour les numéroter de la manière suivante:

Niveau 0: la puce ou la microplaquette LED.

Niveau 1: Le boîtier LED permettant le soudage et la prise en charge à l'extérieur d'une salle blanche. Pour les boîtiers LED blancs, le matériau phosphorescent qui transforme la lumière bleue de la puce en d'autres longueurs d'ondes qui produisent ensemble la lumière blanche est contenu dans le boîtier.

Niveau 2: module LED de base, composé d'un ou plusieurs boîtiers LED sur un circuit imprimé.

Niveau 3: module LED à fonctionnalité étendue, composé généralement d'un circuit de niveau 2 et de dispositifs supplémentaires pour permettre la fixation mécanique, la connexion électrique ou une fonction optique. Les véritables dispositifs supplémentaires présents dépendent du type de produit et peuvent inclure certains ou tous les dispositifs de commande électroniques requis pour faire fonctionner le module LED.

Niveau 4: le luminaire, le produit LED comme il est utilisé dans l'application.

Tous les niveaux n'existent pas pour tous les produits, certains produits peuvent utiliser un circuit de niveau 2 fabriqué directement à partir des puces de niveau 0 ("chip on board" (montage direct des puces)) et de nombreux produits de niveau 4 sont directement basés sur un module de niveau 2 sans module de niveau 3 supplémentaire entre. Cela dépend, en plus des considérations techniques, des compétences industrielles des différents acteurs de la chaîne.

En général, les modules LED et les boîtiers LED de bas niveau dans le produit de niveau 4 ne sont pas conçus pour être facilement remplacés par l'utilisateur final. Les interfaces entre les niveaux sont rarement basées sur des normes industrielles ouvertes.

Les lampes de remplacement à LED sont un cas particulier. Il s'agit de produits LED, vendus sur le marché libre, conçus selon les normes d'interface ouverte des technologies relatives aux lampes existant précédemment. Elles seront placées dans le luminaire par l'utilisateur final, en remplacement de la lampe pour laquelle le luminaire a été conçu à l'origine.

Un point important à noter est que la diversité du produit augmente considérablement avec chaque passage au niveau suivant de la chaîne. Pour des questions de rendement, il est préférable d'effectuer les mesures de sécurité photobiologique le plus tôt possible dans la chaîne, et de transmettre toutes les informations correspondantes tout au long de la chaîne afin de pouvoir évaluer le groupe de risque au niveau luminaire ou au niveau 4, selon ce qu'il convient, si possible sans nécessiter d'effectuer des mesures supplémentaires à ce niveau, où la diversité est énorme.

L'Article 7 détaille un flux d'informations de mesure recommandé d'un niveau au suivant. Elle s'appuie sur une loi d'optique, qui établit que les composants optiques passifs ne peuvent jamais augmenter la luminance énergétique de quelque manière que ce soit, généralement connue sous le nom de "Loi de conservation de la luminance".

7 Flux d'informations de la mesure

7.1 Flux de base

Les dispositions permettant le flux d'informations d'un niveau au suivant reposent sur

- la 'Loi de conservation de la luminance'
- les découvertes telles qu'expliquées à l'Article 5 de ce Rapport technique.

La 'Loi de conservation de la luminance' indique que si la luminance (ou luminance énergétique) de la source primaire de lumière est connue, cela indique également la limite supérieure de la luminance (ou luminance énergétique) de tout produit contenant cette source primaire de lumière. Il s'agit en réalité d'une combinaison de deux lois de conservation fondamentales: la conservation du flux et la conservation de l'étendue optique. La luminance énergétique, bien que généralement décrite comme l'intensité par aire de la surface, peut également s'écrire comme le quotient du flux et de l'étendue optique. Augmenter la luminance énergétique reviendrait à soit augmenter le flux soit à diminuer l'étendue optique, mais les deux cas sont interdits par les lois de conservation fondamentales. Alors qu'il est facile d'expliquer pourquoi le flux n'augmente pas dans un système optique passif, il est beaucoup moins aisé de comprendre pourquoi la diminution de l'étendue optique est impossible. Néanmoins, la loi de conservation de l'étendue optique est juste comme une interdiction;

lorsque l'on creuse un peu plus, le raisonnement sous-jacent est similaire au 'deuxième principe de la thermodynamique'.

Lors de l'utilisation de la 'Loi de conservation de la luminance' il est important de veiller à n'utiliser que les valeurs de luminance/luminance énergétique obtenues comme les valeurs de la luminance vraie/luminance énergétique vraie.

En raison de la 'Loi de conservation de la luminance', le meilleur point de départ du flux d'informations est une mesure de la luminance énergétique. Cette valeur de la luminance énergétique peut être transmise le long de la chaîne de la source primaire de lumière au luminaire, sans mesure supplémentaire requise, à condition que la source de lumière fonctionne dans le luminaire dans les mêmes conditions que lors de l'essai en tant que composant.

Ce n'est que lorsque des mesures optiques sont prises dans le luminaire pour réduire la luminance énergétique (telles qu'un verre diffuseur et/ou un fonctionnement à basse tension), qu'une mesure supplémentaire peut être effectuée afin de vérifier la valeur de luminance énergétique réduite. Si cette mesure n'est pas effectuée, la valeur d'origine de la luminance énergétique reste une estimation du pire cas qui est toujours sans risque.

Si la mesure de la luminance énergétique sur la source primaire de lumière donne une valeur de L_B dans la région RG0 ($0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ à $100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) ou RG1 ($100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ à $10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$) cette information peut s'appliquer à tous les produits basés sur cette source primaire de lumière. Elle ne peut jamais être dans RG2, quels que soient le type d'optique (y compris les optiques pour mise en forme de faisceau qui produisent des émissions de lumière directionnelles) et la distance de vision dans l'application.

Si la mesure de la luminance énergétique sur la source primaire de lumière donne une valeur de L_B située dans la région RG2 ($10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$ à $4\,000\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$), il est possible que le produit fini soit lui aussi dans la région RG2 selon la situation dans l'application. Pour savoir si tel est le cas, les découvertes décrites à l'Article 5 de ce Rapport technique peuvent s'appliquer. Dans l'application, il y aura seulement une situation RG2 pour laquelle l'éclairement à la position de vue est supérieur à une valeur de seuil E_{thr} , pouvant être calculée à l'aide de la limite supérieure RG1 pour E_B ($1 \text{ W}/\text{m}^2$) et la valeur de $K_{B,v}$. Cette valeur peut être calculée à l'aide du spectre acquis lors de la mesure de la luminance énergétique.

Noter, comme stipulé en 5.2 du présent Rapport technique, qu'une estimation de E_{thr} peut déjà être effectuée si uniquement la CCT de la source primaire de lumière est connue, comme indiquée par la ligne rouge dans la Figure 5.

Les composants optiques passifs, tels que les lentilles et les réflecteurs, ne modifieront pas E_{thr} . Si la luminance énergétique de la source primaire de lumière est supérieure à $10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$, la valeur de E_{thr} peut être transmise le long de la chaîne, afin de déterminer la vraie classification du groupe de risque dans l'application.

Noter que dans ce contexte, tous les composants qui modifient considérablement la couleur, tels que les réflecteurs dichroïques, les composants à base de phosphore, et par conséquent le spectre, de la source de lumière, ne sont pas considérés comme passifs. Lorsque le spectre change, la valeur de $K_{B,v}$ change et, par conséquent E_{thr} prend une valeur différente.

En résumé, la mesure de la luminance énergétique de la source primaire de lumière peut aboutir à trois résultats possibles:

- a) RG0 illimité: La source primaire de lumière donne lieu à RG0 maximal dans tous les luminaires à toutes les distances;
- b) RG1 illimité: La source primaire de lumière donne lieu à RG1 maximal dans tous les luminaires à toutes les distances;

- c) E_{thr} pour RG2: La source primaire de lumière donne lieu à RG2 à des distances auxquelles le luminaire contenant la source de lumière produit un éclairement supérieur à E_{thr} , RG1 à des distances auxquelles le luminaire contenant la source de lumière produit un éclairement inférieur à E_{thr} .

NOTE 1 Les situations de RG3 pour le risque lié à la lumière bleue sont très improbables. Par conséquent, elles ne sont pas étudiées dans ce Rapport technique.

Si le troisième résultat est obtenu, la classification du groupe de risque dépend des conditions d'utilisation. À la distance minimale à laquelle il est probable que les personnes voient le luminaire, l'éclairement est-il supérieur ou inférieur à la valeur de E_{thr} ? Cette distance dépend de l'optique du luminaire et ne peut donc pas être transférée de la source primaire de lumière au luminaire. Elle peut être calculée lorsque le pic de la répartition angulaire de la lumière de l'optique du luminaire est connu, en termes de magnitude et de direction. Pour beaucoup d'optiques pour la mise en forme de faisceau, ces répartitions de lumière sont déjà connues car ces dernières sont requises pour la conception de l'éclairage professionnel.

Afin de trouver la direction maximale du faisceau, c'est-à-dire la direction de l'intensité maximale, il convient d'utiliser un goniophotomètre pour évaluer la répartition des intensités.

NOTE 2 Lors du calcul de la distance à partir de la courbe de répartition de la lumière et la valeur de E_{thr} , la formule suivante s'applique, voir la Figure 6:

$$E_{thr} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad (4)$$

où

I est l'intensité de la source en direction de la position à laquelle E_{thr} est évalué;

d est la distance entre la source de lumière et cette position;

α est l'angle formé entre la direction de la lumière et la normale du plan dans lequel E_{thr} est déterminé.

Le plan dans lequel E_{thr} est déterminé est perpendiculaire à la direction de la lumière et le cosinus de l'angle α est égal à 1. Cela représente la condition lorsque l'œil regarde directement la source de lumière.

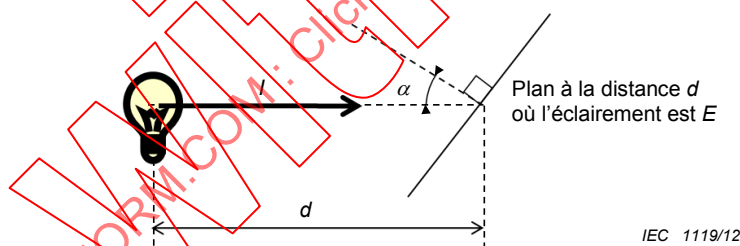


Figure 6 – Relation entre l'éclairement E , la distance d et l'intensité I

NOTE 3 Dans le cas d'une source de lumière blanche couverte par un filtre coloré, par exemple pour les éclairages de sécurité, l'approche suivante peut être suivie si l'effet du filtre coloré sur $K_{B,v}$ n'est pas connu. Il est possible de prendre la source de lumière blanche, de déterminer E_{thr} (le cas échéant) puis de calculer d_{thr} . Lorsque la source est désormais couverte par un filtre, l'approche conservatrice consiste à maintenir d_{thr} comme dans une situation sans filtre. Étant donné que cela est susceptible d'aboutir à une évaluation trop restrictive, une alternative consisterait à mesurer le luminaire avec le filtre en place.

7.2 Conditions pour la mesure de la luminance énergétique

Pour une mise en œuvre pratique de la notion abordée ci-dessus, les conditions de mesure normales pour la mesure de la luminance énergétique sur la source primaire de lumière doivent être établies. Ces conditions doivent au moins préciser une distance de mesure et un champ de vision auxquels une moyenne de la luminance énergétique est effectuée. Conformément à la pratique existante stipulée dans la CEI 62471, une distance de 200 mm et un champ de vision de 0,011 rad constituent un bon point de départ. Ces conditions donnent une valeur de la luminance énergétique vraie si le champ de vision remplit partiellement la zone d'émission de la source. Comme cela correspond un diamètre de seulement 2,2 mm, c'est le cas pour beaucoup de sources de lumière.

Comme mentionné auparavant, le résultat ne peut être transféré que lorsque les conditions d'essai de la source primaire de lumière sont identiques aux conditions d'essai pour le luminaire. Étant donné que le fabricant de la source primaire de lumière ne connaîtra pas en général les conditions d'essai pour le luminaire, il convient de reporter au moins le résultat des conditions d'essai du pire cas (par exemple pour les boîtiers LED au courant assigné maximal), laissant la possibilité de rapporter les résultats d'autres conditions d'essai définies (par exemple pour les boîtiers LED à des niveaux de courant précis inférieurs au courant assigné maximal).

NOTE 1 Dans certaines propositions, le champ de vision de 0,001 7 rad du pire cas est proposé pour la mesure de la luminance énergétique vraie. Dans le cas d'une source de lumière homogène, il n'y aura aucune différence entre la valeur 0,001 7 rad et la valeur 0,011 rad. En revanche, dans le cas d'une source de lumière avec des points chauds à luminance élevée, la mesure à 0,001 7 rad donnera une valeur plus élevée. Cette valeur ne serait applicable à la classification du groupe de risque que si le point chaud à luminance élevée est agrandi par l'optique du luminaire de manière à couvrir un champ de vision de 0,011 rad à la distance appropriée pour l'application. Cela ne serait le cas que pour les optiques de faisceau très étroites, sans facetage ou segmentation pour aplanir les irrégularités dans la source de lumière, vues d'une distance ne dépassant pas 200 mm, et peut être considéré comme un scénario improbable.

Si le champ de vision de 0,011 rad déborde de la source de lumière même à une distance de 200 mm, la mesure ne donne pas de valeur de la luminance énergétique vraie. Dans ce cas, deux chemins peuvent être empruntés:

- a) Le champ de vision de la mesure peut être réduit afin de remplir partiellement la source de lumière. Dans ce cas, une valeur de la luminance énergétique L_B est déterminée, et l'un des trois résultats donnés en 7.1 peut être attribué à la source de lumière.
- b) La mesure est effectuée comme une mesure de l'éclairement énergétique. Cela apporte les données pour calculer E_{thr} . Étant donné qu'aucune mesure de la luminance énergétique n'est effectuée, le pire cas est supposé, et seul le résultat c) de 7.1 peut être généré: la valeur de E_{thr} pour RG2.

Certaines sources de lumière peuvent générer tellement de lumière qu'il est techniquement impossible d'effectuer la mesure à 200 mm, en raison d'une surchauffe ou d'une saturation de l'équipement de mesure. Dans ces cas, la distance de mesure peut être augmentée à la valeur la plus basse à laquelle la mesure devient possible. Encore une fois, il doit être évalué si le champ de vision déborde de la source de lumière ou la remplit partiellement. S'il remplit partiellement la source de lumière, la mesure produira une valeur vraie de luminance, comme voulu. S'il déborde de la source de lumière, on peut encore une fois choisir soit de réduire l'angle de vision, soit d'effectuer une mesure de l'éclairement énergétique et de supposer le pire cas: résultat c), la valeur de E_{thr} pour RG2.

La Figure 7 présente l'organigramme récapitulant les mesures requises, et les informations nécessitant d'être transmises à la chaîne à partir de la source primaire de lumière, afin d'effectuer la classification de groupe de risque correcte du luminaire dans l'application.

Les mesures sont toujours effectuées à 200 mm et à un champ de vision de 0,011 rad. Dans le cas où RG0 est requis pour une certaine application, une seconde mesure pourrait être effectuée à 200 mm et à un champ de vision de 0,1 rad.