

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Photobiological safety of lamps and lamp systems –
Part 6: Ultraviolet lamp products**

**Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes –
Partie 6: Appareils à lampes ultraviolettes**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Photobiological safety of lamps and lamp systems –
Part 6: Ultraviolet lamp products**

**Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes –
Partie 6: Appareils à lampes ultraviolettes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.140.01; 31.260

ISBN 978-2-8322-5828-6

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Risk groups applied for ultraviolet lamp-product safety assessments.....	12
4.1 Basis for optical radiation safety risk group determination.....	12
4.2 Assessment criteria (background) for UV lamp products	12
5 Measurements to determine applicable risk group	13
5.1 General.....	13
5.2 Time-weighted averaged irradiance	14
5.3 Risk group assessment conditions	14
5.3.1 Maximum output conditioning	14
5.3.2 Measurement and assessment distances for UV lamp products	15
5.3.3 Risk-group assessment distances.....	15
5.3.4 Dose-limited products	18
5.3.5 Products intended to expose the skin or eyes	18
6 Engineering requirements for RG-2 and RG-3 ultraviolet systems.....	18
6.1 General.....	18
6.2 Protective housing	19
6.2.1 General	19
6.2.2 Enclosures	19
6.2.3 Openings, panels and doors.....	19
6.3 RG-2 and RG-3 products	19
6.3.1 General	19
6.3.2 Proximity sensor.....	20
6.3.3 Orientation control	20
6.3.4 Upper-room germicidal UV luminaire alignment	20
6.3.5 Delayed-ON timer	20
6.3.6 Exposure time control / auto-shutoff	20
6.4 Emission warning.....	20
6.5 Reliability.....	21
6.6 Emission controls.....	21
6.6.1 General	21
6.6.2 Emissions stop	21
6.6.3 Key control	21
7 Information and Labelling – Manufacturer's Requirements	21
7.1 General.....	21
7.2 User information	22
7.3 Labelling on UV lamps	22
7.4 Labelling on UV lamp products.....	22
7.4.1 RG-0 UV lamp products	22
7.4.2 RG-1 UV lamp products	22
7.4.3 RG-2 UV lamp products	22
7.4.4 RG-3 UV lamp products	23
7.5 User manual	23

7.5.1	General	23
7.5.2	Risk reduction measures	23
7.5.3	Limited use	24
7.6	Maintenance and service	24
Annex A	(informative) Typical applications of UV lamp products	25
A.1	Background.....	25
A.2	Applications of UV lamp products.....	25
A.2.1	Near-UV (UV-A) “black-light” sources to view fluorescent pigments	25
A.2.2	Near-UV (UV-A) insect attractant lamp products	25
A.2.3	UV germicidal (UV-C) lamp products	26
A.2.4	UV nail curing and treatment	26
A.2.5	UV medical and dental sources.....	27
Annex B	(informative) Potentially hazardous biological effects	28
B.1	Background.....	28
B.2	Adverse acute biological effects from ultraviolet irradiation	28
B.2.1	Photokeratitis and photoconjunctivitis	28
B.2.2	UV-Cornea reference documents	29
B.2.3	Erythema (sunburn)	29
B.2.4	Erythema reference documents	29
B.3	Adverse biological effects from chronic exposure to ultraviolet irradiation	30
B.3.1	Skin cancer	30
B.3.2	Skin cancer reference documents	31
B.3.3	Pterygium and pinguecula	31
B.3.4	Pterygium and pinguecula reference documents	31
B.3.5	Cataract	32
B.3.6	Cataract reference documents	32
B.3.7	Labrador keratopathy.....	32
B.3.8	Corneal reference documents	32
B.3.9	Visual effects from UV-A exposure – Lens fluorescence	33
B.3.10	Photoretinitis – or photic maculopathy (blue light hazard)	33
B.3.11	Retinal-photochemical biological effects reference documents.....	34
Annex C	(informative) Measurement of ultraviolet lamp products	35
C.1	General.....	35
C.2	Radiometers	35
C.3	Spectroradiometers.....	35
C.4	Entrance optic.....	36
C.5	Spectroradiometer- radiometer approach	37
C.6	Measurement distance versus assessment distance	37
C.6.1	General	37
C.6.2	Spectroradiometer approach.....	37
C.6.3	Radiometer approach	38
C.7	Reference documents	38
Annex D	(informative) Spectral weighting function $S(\lambda)$ from 180 nm to 400 nm for assessing actinic radiation hazard	39
Annex E	(informative) Examples of risk group classification applying the concept of TWA of a spectrally-weighted emission.....	42
E.1	Spectral weighting to determine effective irradiance using $S(\lambda)$	42
E.2	Time weighting of an exposure.....	42

E.3	Field radiometric measurements for final acceptance testing of a GUV installation	45
Annex F (informative)	Upper room GUV – Background and rationale to achieve safety	46
F.1	General.....	46
F.2	Product Goals	46
F.3	Product test measurement conditions.....	46
F.3.1	General	46
F.3.2	Elevation plane for radiometric measurements.....	47
F.3.3	Test grid for measurements	47
F.3.4	Detector acceptance angle (field-of-view)	47
F.3.5	Instrument performance specifications.....	47
F.4	GUV luminaires.....	47
F.4.1	Adjustable UV luminaires.....	47
F.4.2	Interlock safeguards on removable baffles	47
F.4.3	Labelling requirements	48
F.4.4	Efficacy and information for the user.....	48
F.5	Acceptance testing.....	48
F.5.1	Scope of the installation acceptance testing	48
F.5.2	Time-weighted averaging.....	48
F.6	Reference documents.....	48
Bibliography		50
Figure 1	– Based on Graphic 6040 of UV lamp inside triangle from IEC 60417.....	23
Figure 2	– Alternative labels to provide added information for narrow-band UV lamps.....	23
Figure B.1	– CIE Standard Action Spectrum for NMSC	30
Figure B.2	– Semi-logarithmic comparison of three action spectra (ICNIRP $S(\lambda)$ – solid line; McKinlay, Diffey erythema – dashed; NMSC – dots).....	31
Figure C.1	– Geometry of irradiance / spectral irradiance measurements.....	36
Figure E.1	– Example of how an occupational hygienist might determine different zones of exposure by time-weighting	43
Figure E.2	– Time-weighted averaging (TWA) over an 8 h period.....	44
Figure E.3	– Field GUV safety meter with 80° full field of view	45
Table 1	– Emission limits for risk groups for time-weighted averaged irradiance	14
Table 2	– Risk group assessment distances for unrestricted-use ^a products	16
Table 3	– Risk group assessment distances for restricted-use products intended to be used by instructed persons	17
Table 4	– Risk group assessment distances for lamps or lamp products intended for use by professional, competent persons	18
Table D.1	– Spectral weighting function $S(\lambda)$ values at 1 nm intervals	39

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PHOTOBIOLOGICAL SAFETY OF LAMPS AND LAMP SYSTEMS –

Part 6: Ultraviolet lamp products

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.

IEC 62471-6 has been prepared by IEC technical committee 76: Optical radiation safety and laser equipment. It is an International Standard.

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

FDIS	Report on voting
76/714/FDIS	76/718/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

In this standard, the following print types are used:

conformity statements: in italic type.

A list of all parts in the IEC 62471 series, published under the general title *Photobiological safety of lamps and lamp systems*, can be found on the IEC website.

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

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.

INTRODUCTION

Most lamps and lamp products are safe and do not pose photobiological risks except under unusual exposure conditions; however, one group of products-ultraviolet lamp products-can under some conditions pose optical hazards during use and require risk assessment for direct and indirect exposure of the eyes and skin. Optical radiation hazards from all types of lamps or other broadband light sources are assessed by the application of IEC 62471:2006/CIE S009:2002. IEC 62471 covers light emitting diodes (LEDs), incandescent, low- and high- pressure gas-discharge, arc and other lamps. It also covers lamps which are designed primarily to emit ultraviolet radiant energy, such as ultraviolet sources intended to excite fluorescence of irradiated materials, for insect light traps, for scientific studies, mineral identification, for non-destructive testing, germicidal irradiation, and other purposes.

This document provides a risk group (RG) classification system for all ultraviolet lamp products, and the assessment distances and measurement conditions for different products (Annex A and Annex C). It includes manufacturing and user safety requirements that may be required as a result of an ultraviolet lamp product being assigned to a particular risk group. The scope is limited to products where the sole intent is to emit ultraviolet radiant energy. The advantage of applying this document, intended solely for ultraviolet lamp products, instead of the horizontal IEC 62471 standard, is that the risks from visible and infrared optical radiation need not be assessed using this document, as they are assumed to be insignificant for a lamp that emits mainly UV. The assigned risk group of an ultraviolet lamp product using this document may also be used to assist with any needed risk assessments, e.g. for occupational exposure in workplaces.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

PHOTOBIOLOGICAL SAFETY OF LAMPS AND LAMP SYSTEMS –

Part 6: Ultraviolet lamp products

1 Scope

This part of IEC 62471 provides the optical radiation safety requirements for ultraviolet lamp products, including UV LED lamp products.

This document provides requirements for:

- optical radiation safety assessment and ultraviolet-product risk groups;
- user information for safety measures;
- appropriate labelling of ultraviolet lamp products.

This document addresses those lamps and lamp products where the ultraviolet emission serves the primary purpose of the product and where more than half of the radiant power emitted between 180 nm and 3 000 nm is in the spectral region 180 nm to 400 nm. If more than half of the optical radiation emitted between 180 nm and 3 000 nm is outside of the spectral region 180 nm to 400 nm, then the base standard IEC 62471 should be used. This document covers medical diagnostic and cosmetic devices/products that emit primarily UV radiation.

Because photobiological effects from UV radiation are based on the total accumulated exposure (dose) received, this document relies on the concept of ‘time-weighted average’ exposures where the assessment distance for determining the RG is chosen based on realistic exposure distances and exposure durations. In other words, it is not expected that people will be exposed at very close distances, e.g. 20 cm to 30 cm, for extended periods of time. This document provides assessment distances and specific guidance that are application-specific and realistic rather than the more general values in IEC 62471 where the specific application is unknown and time-weighted average exposures are not application-specific.

This document does not provide requirements for:

- lamps which primarily emit visible (such as GLS – general lighting source) and/or infrared radiant energy;
- lamp products used for general lighting or infrared illumination or heating, which are treated in separate standards;
- fluorescent ultraviolet lamps for tanning (covered by IEC 60335-2-27 and IEC 61228);
- medical treatment devices/products (see IEC 60601-2-57), but covers UV medical diagnostic products;
- non-optical hazards, e.g. ozone, mercury, etc.

2 Normative references

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

IEC 60335-2-27, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-27: Particular requirements for appliances for skin exposure to optical radiation*

IEC 60417:2002, *Graphical symbols for use on equipment – 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417*

IEC 60601-2-57, *Medical electrical equipment – Part 2-57: Particular requirements for the basic safety and essential performance of non-laser light source equipment intended for therapeutic, diagnostic, monitoring and cosmetic/aesthetic use*

IEC 61549, *Miscellaneous lamps*

IEC 62471:2006/CIE S009:2002, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

ISO 7010: *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Registered safety signs*

ISO 15004-2: *Ophthalmic instruments – Fundamental requirements and test methods – Part 2: Light hazard protection*

CIE 247:2021, *Guide for the Gonioradiometric Measurement of Upper Air Ultraviolet Germicidal Irradiation Luminaires*, ISBN 978-3-902842-19-0, Vienna

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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

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

3.1

actinic UV

UV radiation capable of producing a photochemical effect

Note 1 to entry: In the context of this document, the biological effects have a demonstrated action spectrum, $S(\lambda)$, and refer most significantly to UV-B and UV-C effects, e.g. UV erythema (skin reddening), UV photokeratitis ('welder's flash' or 'snowblindness'), etc. See also Annex B.

3.2

assessment distance

distance used to determine the risk group classification of a lamp or lamp product

Note 1 to entry: The risk group assessment distance takes account of the TWA exposure (variable irradiance, exposure distances and durations).

Note 2 to entry: This is usually the distance from the closest point of human access to the emission, to the point of assessment or measurement.

3.3

blue light hazard

potential for a photochemically induced retinal injury resulting from radiation exposure at wavelengths primarily between 400 nm and 500 nm

Note 1 to entry: This damage mechanism normally dominates over thermal mechanisms for intense visible light for viewing times exceeding 10 s, but is rarely of concern from UV lamps (unless the basic lamp is an arc lamp).

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-26-055]

3.4

competent person

person who can demonstrate a combination of knowledge and skills to effectively, efficiently, and safely carry out specific activities

3.5

consumer

person who purchases or employs goods and services for personal use

Note 1 to entry: Consumers include not only users of the ultraviolet lamp product, but also all persons who may have access to the lamp product or who may be in the vicinity of the product.

Note 2 to entry: Also termed "ordinary person" in IEC 62368-1.

3.6

controlled access location

location where an engineering and/or administrative control measure is established to restrict access except to authorised personnel with appropriate safety training

3.7

dose-limited product

product where the emitted radiant exposure (dose) is limited by time or actual exposure monitoring at the assessment distance to a set level during any day

Note 1 to entry: The emission limit is expressed in J/m².

3.8

emission limit

limit defined for each risk group, based upon reasonably foreseeable conditions of time-weighted average (TWA) exposure

Note 1 to entry: The emission limit incorporates both the concept of exposure duration and variable exposure distance and is derived from exposure limits, however, the risk group assessment distance incorporates the TWA exposure.

3.9

general lighting source

GLS

general term for lamps, nominally of "white" colour, intended for lighting spaces that are typically occupied or viewed by people

Note 1 to entry: See IEC 62471 for requirements.

Note 2 to entry: This document does not cover GLS lamps or lamp products.

3.10

germicidal lamp product

any UV lamp product designed to disinfect by ultraviolet germicidal (UVG) irradiation to inactivate microorganisms so they are no longer capable of replicating and causing adverse health effects

3.11

instructed person

person who has been instructed and trained by a competent person, or who is supervised by a competent person, to identify ultraviolet sources that may cause pain or injury and to take precautions to avoid unintentional exposure to those sources

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 0.2.3, modified to use competent instead of skilled person]

3.12**intended use**

usage of a product, process or service in accordance with specifications, instructions and information provided by the manufacturer or supplier

3.13**UV lamp**

electric lamp or light emitting diode (LED) lamp that radiates especially strongly in the ultraviolet, the visible radiation produced, if any, not being of direct interest

Note 1 to entry: There are several types of ultraviolet lamp used for photobiological, photochemical and biomedical purposes.

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-27-091, modified, with Note 2 to entry omitted and with LED lamp (845-27-054) addition]

3.14**UV lamp product**

product incorporating a UV lamp or UV lamps, including fixtures, and possibly filters, where the ultraviolet emission is the primary purpose of the lamp product and where more than half of the optical radiation emitted between 180 nm and 3 000 nm is in the spectral region 180 nm to 400 nm

3.15**UV luminaire**

apparatus which distributes, filters or transforms the ultraviolet radiant energy transmitted from at least one source of optical radiation and which includes, except the sources themselves, all the parts necessary for fixing and protecting the sources and, where necessary, circuit auxiliaries together with the means for connecting them to the power supply

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-30-001, modified for UV]

3.16**photocuring lamp product**

lamp product that usually employs UV-A to photopolymerize liquid polymers to a solid state

Note 1 to entry: Examples include photopolymerization of liquid inks in printing or rapid curing of plastic products.

3.17**time-weighted average exposure****TWA exposure**

averaged cumulative exposure dose over a given period of time (normally any 30 000 s to approximately 8 h period) divided by the exposure duration to provide an effective irradiance for both variable distances and durations

Note 1 to entry: The TWA is essential in considering lengthy exposures to ultraviolet hazards, since variable exposure distances at different irradiances and durations determine the reasonably foreseeable worst-case exposures (for photochemical hazards) which correspond therefore to the measured/calculated irradiance at a specified distance for RG determination (analogous to the 500-lx assessment distance for GLS lamps). See Annex E.

3.18**ultraviolet radiation**

optical radiation within the wavelength range from 100 nm to 400 nm

Note 1 to entry: The UV-C extends from 100 nm to 280 nm, UV-B from 280 nm to 315 nm, and UV-A from 315 nm to 400 nm.

Note 2 to entry: Ultraviolet radiation at wavelengths less than 180 nm is considered vacuum ultraviolet radiation for the purpose of this document and is not included in the scope.

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-21-008, modified: Notes 2 to 5 to entry omitted and new Note 2.]

3.19**ultraviolet-fluorescence illuminator**

any UV-A lamp designed to illuminate and excite fluorescence to permit increased visualization of the material

Note 1 to entry: Examples include “black-light” fluorescent illuminators, security-code reading UV-A lamps used for counterfeit money detection, medical applications, etc.

4 Risk groups applied for ultraviolet lamp-product safety assessments**4.1 Basis for optical radiation safety risk group determination**

IEC 62471/CIE S009 provides the fundamental method to determine the risk group of any individual lamp and also the default measurement condition to determine the risk group of any lamp or any product incorporating a lamp, unless a vertical (application-specific) standard exists that includes measurement conditions for its specific application. The risk groups in IEC 62471 indicate the degree of risk from potential optical radiation hazards and minimize the need for further measurements. The risk groups were developed based upon decades of lamp use experience and the analysis of accidental injuries related to optical radiation emission (where injuries were, generally, quite rare except from ultraviolet-emitting lamps or arc lamps). The risk groups are also used in determining appropriate measures for risk management. There are four basic risk groups:

- Exempt group (RG-0) where no optical hazard is considered reasonably foreseeable, even for continuous, unrestricted use. Typical examples are small UV-A LED lamps and UV-A fluorescent lamps used in ultraviolet fluorescence illuminators or in domestic insect light traps;
- Risk group 1 (RG-1) products are safe for most use applications, except where prolonged direct ocular exposures may be expected. An example of a risk group 1 lamp products are some battery-operated UV-A torches (flashlights) or large, industrial insect light traps;
- Risk group 2 (RG-2) products generally do not pose a realistic optical hazard because of either discomfort glare from lens fluorescence or where lengthy exposures are unrealistic; examples include some UV-C germicidal fixtures;
- Risk group 3 (RG-3) products pose a potential hazard even for very brief exposures at close distance, and product safety requirements are generally essential; examples include sunlamp products (IEC 60335-2-27), Vitamin-D lamp products and unenclosed UV-C germicidal lamp products.

IEC 62471 does not provide guidance on manufacturing requirements and control measures. These issues are addressed in application-specific vertical standards such as this document. Labelling requirements and user information for each UV-lamp-product risk group are provided in this document (see 7.2 and 7.3).

4.2 Assessment criteria (background) for UV lamp products

The standard measurement conditions consider the emission spectrum and, for ultraviolet radiation, the irradiance to determine risk to the eye and/or the skin. The measurement conditions are intended to optimize the signal of trace amounts of UV-B and UV-C radiation that are emitted from lamp products intended to emit largely in the UV-A spectral region. The risk-group assessment distance is related to potentially hazardous exposure conditions and time-weighted-average (TWA) effective assessment distances based upon reasonably foreseeable worst-case exposure durations. This is built into the emission limits. The concept of a hazard distance normally does not apply to photochemical hazards, since UV hazardous doses accumulate, and the daily exposure determines the potential hazard. For time-varying sources, the accumulated exposure (dose) determining the TWA exposure will be the same as a continuous (CW) exposure for the same total duration. Optical sources are rarely at a fixed distance from the eyes, nor does an individual stare at a UV source for 30 000 s (approximately 8 h) a day, or more. The UV (actinic) S(A) corneal/skin limit (see Annex D) applies to chronic exposure, where daily skin exposure will be higher than ocular exposure in almost all

applications. The risk-group assessment distances, therefore, vary for each application and are listed in Table 2, Table 3 and Table 4 for various types of lamp products.

Assessment and measurement conditions necessarily differ for different special application lamp systems, such as insect light-traps, germicidal lamps, UV photocuring lamp products or UV-A fluorescence illuminators. Different application groups define a range of operational, maintenance and servicing conditions. Thus, the assessment applied to UV lamp products in this document justifies somewhat different measurement conditions than default measurement/assessment conditions in IEC 62471 for some products.

In general, the assessment of a single lamp/LED cannot be automatically transferred to the final lamp product. Under specific conditions, the assessment of a single lamp/LED is directly transferable to the lamp system. The risk group will remain the same, or may be reduced (e.g., by filters, etc.). However, as a general rule the UV luminaire will alter the spectrum or geometry of the irradiance field. The use of reflectors or appropriate focussing optics may increase the irradiance and increase the risk group, in which case the lamp assessment is not transferrable to the lamp system. Results may not be transferrable if multiple lamps are used in a lamp system.

The requirements in this application-specific (vertical) standard are for the risk group that can be used in some specific applications. Examples include unrestricted-use products which can be used in the home or uncontrolled environments. Performance features are based upon the risk group specifications and application-specific control measures. Basic guidance, based on the likelihood of direct source viewing, is provided in Clause 7. The hierarchy of applicable safety measures follow the internationally accepted priority ranking of manufacturer safety measures. That is, engineering controls (e.g., filters, shielding, interlocks, relevant proximity sensing, etc.) are the highest priority, followed by administrative measures (such as warnings and labels, see 7.3) and then personal protective equipment as the last resort.

An underlying assumption of this document is that it is not necessary to reduce optical radiation exposure to as low as reasonably achievable; however, as a general guideline, needless emissions that would produce unnecessary human exposure should be minimized.

5 Measurements to determine applicable risk group

5.1 General

This document addresses those lamps and lamp products for which more than half of the optical radiation (radiant power) emitted between 180 nm and 3 000 nm is in the spectral region 180 nm to 400 nm. Examples generally include low and medium pressure mercury lamps, UV LED lamps, excimer lamps and deuterium lamps.

For other lamp types, it is not intended that a spectral measurement be performed to verify this condition for emission. Prior knowledge of the spectral emission regions of the lamp or the spectral transmittance/ reflectance properties of optics used in the lamp product is sufficient to determine whether or not a product falls within the scope.

In case of doubt, a simple test to determine whether a particular lamp meets this criterion could be performed using a thermal detector and a long wavelength pass filter having a cut-on around 400 nm (UV blocking).

Measurements of irradiance in the UV are limited to a full cone angle of 80° (i.e. $\pm 40^\circ$) field of view (FOV).

NOTE Due to the large reduction factor for skin, it is appropriate to apply the 80° FOV that applies for ocular risks (ICNIRP, 2004). Normally the 80° FOV will capture all of the significant radiation. However, if a detector with a wider FOV (e.g., a cosine-response detector) is used, the assessment will over-estimate the exposure.

- The specified output shall be determined for foreseeable variations in the environment (temperature, air pressure, humidity, outdoor-use, etc.).

- The emitted radiant power of an installed system shall not increase nor change its direction as a result of any reasonably foreseeable events or single fault condition.

5.2 Time-weighted averaged irradiance

The applicable emission limits for risk groups for time-weighted averaged irradiance are specified in Table 1.

Although the full spectral range in consideration is 180 nm to 400 nm, measurement need not be performed over the full range as described below.

In the region between 180 nm and 200 nm, atmospheric oxygen strongly absorbs photons. As a result, few spectroradiometers are specified and it is difficult to obtain traceable spectral irradiance standards operating over this range. Measurement below 200 nm should therefore be reserved only for the special case of a low-pressure mercury lamp with vacuum UV transmitting quartz envelope.

In the region between 200 nm and 250 nm, low spectroradiometer sensitivity may cause measurement results with poor signal-to-noise ratio. While this may be remedied (see Clause C.6), prior knowledge of the spectral emission regions of the lamp or the spectral transmittance/ reflectance properties of optics used in the lamp product may be used to limit the spectral range of measurement to 250 nm to 400 nm.

Table 1 – Emission limits for risk groups for time-weighted averaged irradiance

Hazard	Wavelength range nm	Symbol for emission level	Emission ^a limits			Units
			Exempt group	Risk group 1	Risk group 2	
UV (actinic) ^b	180 to 400	E_s	0,001	0,003	0,03	W·m ⁻²
UV-A ^c	315 to 400	E_{UVA}	10	33	100	W·m ⁻²
^a Emission limits are expressed as irradiance specified at a given application dependent assessment distance and not at the surface of the source. Actinic irradiance is spectrally weighted: the UV-A irradiance is not. ^b For dose-limited products, the spectrally-weighted dose emission limit is 30 J·m ⁻² . See 5.3.3. ^c In the unusual case of a lamp source to be directly and intentionally viewed for more than 1 000 s in any 30 000 s (approximately 8 h) period (view-related risk), the dose emission limit for the exempt limit is reduced to 10 kJ/m ² as determined by the intended stare time.						

5.3 Risk group assessment conditions

5.3.1 Maximum output conditioning

The optical source shall be operated at maximum optical power to achieve the highest accessible radiant power emission.

5.3.2 Measurement and assessment distances for UV lamp products

When measuring irradiance or spectral irradiance from UV lamp products, measurements of effective UV-B and UV-C irradiance and/or spectral irradiance shall be made at a distance that is sufficiently close in order to minimize the measurement errors from stray light where filtered, but biologically significant, emissions are very weak. However, in the case that the radiant output is so intense that the instrument detector might be saturated, then the measurement distance shall be greater. If the measurement distance differs from the risk group assessment distance in Table 2, Table 3 and Table 4, then it is necessary to transfer the measurements to the assessment distance. Normally the transfer of measurements made at a closer distance is obtained by determining the ratio of $S(\lambda)$ -weighted UV to total irradiance or radiant power (i.e., $\mu\text{W-eff}/\text{mW-total}$) in the same manner as determining the $\mu\text{W}/\text{lm}$ ratio when assessing GLS lamps. The actual measurement values and the extrapolated measurement values at the assessment distance shall be reported.

5.3.3 Risk-group assessment distances

Table 2, Table 3 and Table 4 provide the risk-group assessment distances for specific ultraviolet lamp products. Table 2 applies to products intended for use by consumers in uncontrolled environments that require no restrictions other than the provision of user information. Under normal or abnormal operating conditions, ordinary persons should not be exposed to ultraviolet sources capable of causing pain or injury. Under a single fault condition, ordinary persons should not be exposed to ultraviolet sources capable of causing injury. Those products used in applications that require special use training and generally only administrative controls are listed in Table 2; these are normally intended for professional use or use by instructed persons.

Under normal operating conditions, abnormal operating conditions or single fault conditions, instructed persons should not be exposed to parts comprising ultraviolet sources capable of causing injury. Lamps and lamp products intended for use by consumers/ordinary persons or instructed persons shall not emit accessible RG-3 emission levels. Those products requiring engineering controls and/or personal protective equipment as well as administrative controls and special training, and typically limited to professional use by competent persons are in Table 2. For UV lamp products listed in Table 2, if the $S(\lambda)$ -weighted irradiance and the UV-A irradiance meets the exempt group limits at the assessment distance, no further testing is required. However, a calculation should be performed to ensure that the $S(\lambda)$ -weighted irradiance and the UV-A irradiance cannot exceed the emission limit for RG-2 at 20 cm (unless a closer distance is indicated in Table 2). If the UV lamp product's $S(\lambda)$ -weighted irradiance exceeds the emission limit for RG-2 at 20 cm, then the product should be labelled RG-3 and its use should be restricted, meaning that the UV lamp product should not be used by consumers/ordinary persons. For UV lamp products not listed in Table 2, Table 3 and Table 4, the assessment distance shall be 1 m, or the manufacturer's recommended use distance in the case that lengthy exposure times (i.e. greater than 100 s) at this distance are feasible.

Systems that emit radiation exceeding the emission limit for RG-2, but with access restricted due to installation by a competent person to restrict the likelihood of persons being exposed above the RG-2 limits remain RG-3 products unless engineering controls prevent access.

Table 2 – Risk group assessment distances for unrestricted-use^a products

Lamp product	Assessment distance m
Fluorescence illuminators, hand-held	1,0
Fluorescence room and staging illuminators, e.g. UV-A “black light”	2,0
Fluorimeters/Transilluminators	0,5
Home-use skin clearing illuminators	0,5, but, see 5.3.5
Insect light traps (< 50 W) and domestic use	1,0
Nail-curing products, home-use	0,5 m, also, limited to the dose limit at manufacturer's use distance ^b
UV surface cleaning, handheld (see 6.3.3)	0,2
UV water disinfection products	1,0
^a For use by consumers (sometimes called “ordinary persons”), i.e., persons without special training or skills. ^b The irradiance at this distance can be obtained via a calculation, using either the inverse square, or the 1/distance relationship, depending on whether the source approximates a point source, or a linear source.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Table 3 – Risk group assessment distances for restricted-use products intended to be used by instructed persons

Lamp product	Assessment distance m
Dental diagnostic illuminator	1,0; but see 5.3.5
Dental photocuring illuminator	0,5 for user; apply emission dose limit at Manufacturer's use distance for patient (see 5.3.5)
Medical diagnostic	0,5 for user; apply emission dose limit at Manufacturer's use distance for patient (see 5.3.5)
Medical treatment	Out of scope – see IEC 60601-2-57
Ophthalmic diagnostic devices	Out of scope – see ISO 15004-2
Nail-curing products- professional	See 5.3.5 ^a , 0,2 assessment for ocular hazards
Insect light traps (50-150 W)	2,0
(> 150 W)	3,0
Photocuring products (inks, etc.)	1,0
UV germicidal – in-duct irradiation and air purifier units	0,5 from any access point
UV fluorescence illuminator	0,6
UV lacquer hardening/curing	1,0
UV powder curing	1,0
UV optical fibre curing	1,0
UV surface activation	1,0
Sunlamp products/indoor tanning appliances	Out of scope – see IEC 60335-2-27
UV surface cleaning, handheld (see 6.3.3)	0,6
UV germicidal – Upper room irradiation units	1,0 (on axis) Additional post-installation requirement below 1,8 m above intended floor level to assess TWA exposure of occupants – see Annex E and Annex F.
UV germicidal air purifiers (leakage radiation from the enclosure)	0,4
^a The irradiance at this distance can be obtained via a calculation, using either the inverse square, or the 1/distance relationship, depending on whether the source approximates a point source, or a linear source.	

Table 4 – Risk group assessment distances for lamps or lamp products intended for use by professional, competent persons

Lamp product	Assessment distance m
Dental photocuring illuminator	0,5, but see 5.3.4 and 5.3.5 at contact
Medical treatment	Out of scope – see IEC 60601-2-57
Open-room germicidal products for occupied spaces ^a	1,0 on maximum beam axis
Open-room germicidal products for restricted access ^a	0,5
Upper-room germicidal products ^a	0,5 (small source) and 1,0 (linear source) Additional post-installation requirement below 1,8 m above intended floor level to assess TWA exposure of occupants – see 6.3.4
UV germicidal – In-duct system	0,5 from service access point
UV water-purification systems	0,5 from service access point

5.3.4 Dose-limited products

Some lamp products are designed to be dose-limited, in which case the risk group classification can be performed by comparing the emission limit with the value calculated by multiplying the maximum possible dose emitted by the maximum possible exposure duration within any 30 000 s (approximately 8 h) period (i.e., $0,001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \times 30\,000 \text{ s}$ is $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$).

5.3.5 Products intended to expose the skin or eyes

For products intended to expose the skin or eyes, if the UV-A emission exceeds the RG-2 emission limit at the manufacturer's specified use distance, dual limits shall be applied. In addition to the $S(\lambda)$ weighted dose emission limit (see Annex D for the $S(\lambda)$ weighting values), the total irradiance (200 nm to 3 000 nm) shall also be limited to 1 kW/m^2 at the tissue surface to preclude overheating.

6 Engineering requirements for RG-2 and RG-3 ultraviolet systems

6.1 General

RG-2 and RG-3 lamps, lamp systems, and products containing lamps which provide UV-C and/or UV-B emissions shall comply with requirements of 6.2 to 6.6. These requirements limit the access to UV-C and/or UV-B emission levels that could exceed the applicable actinic UV hazard exposure limit for the skin and eye (hazardous UV-C and/or UV-B). These are most likely to be GUV products.

Where relevant product safety standards provide specific requirements, these may be applied in lieu of 6.2 to 6.6.

NOTE Product safety standards can have additional or more restrictive requirements, or not permit specific construction or function details.

Example: IEC 62368-1 requires for any ordinary (consumer) or instructed person, that emission exceeding levels of RG-2 is contained by the enclosure of the lamps and lamp system or the enclosure of the equipment.

- Products shall be designed so as not to emit needless, potentially hazardous optical radiation.

- The products shall be designed for foreseeable variations of installation conditions (i.e. the possibility of installation on the ceiling, in an aircraft, etc.).

Conformity is checked by inspection.

6.2 Protective housing

6.2.1 General

The product shall have a protective housing that, when in place, prevents access to potentially hazardous UV-C or UV-B, i.e. the accessible emissions shall not exceed the emission limit for RG-1.

Conformity is checked by inspection and as specified in 6.2.2 and 6.2.3.

NOTE A protective housing can act alone; it is then only effective when it is in place. A protective housing can also act in conjunction with an interlock or proximity sensor; in this case, protection is ensured whatever the position of the protective housing.

6.2.2 Enclosures

Enclosures used as protective housing shall have:

- a) the necessary rigidity to withstand reasonably foreseeable mechanical impacts;
- b) made from a material not degraded by UV irradiation in a way that could increase the actinic UV accessible emissions; and
- c) be constructed such that access to hazardous actinic UV is only possible with the use of a tool.

Conformity is checked by inspection.

6.2.3 Openings, panels and doors

Enclosure openings, panels and doors, that allow access to hazardous UV-C, shall either:

- a) be constructed such that the use of a tool is required to open any lids, panels or doors;
- b) for any service or maintenance openings intended for instructed persons, be provided with a non-defeatable interlock system complying with 6.5;
- c) for any service or maintenance openings intended for competent persons, may be provided with
 - i) a non-defeatable interlock system complying with 6.5; or
 - ii) a defeatable interlock system complying with 6.5 and an emission warning system or warning device complying with 6.4 and 6.5; or
- d) comply with requirements of 6.3;

NOTE The interlock can be a password, physical key or other specific tool.

Conformity is checked by inspection.

6.3 RG-2 and RG-3 products

6.3.1 General

Where the intended use requires access to potentially hazardous UV-C or UV-B, the product shall be provided with alternative means for ensuring protection against hazardous UV-C or UV-B as listed below.

Conformity is checked by inspection and as specified in 6.2.2 and 6.2.3.

6.3.2 Proximity sensor

Where it would be possible to be exposed to potentially hazardous UV-C or UV-B, a proximity sensor shall be used in lieu of protective housing or interlock system. The proximity sensor shall automatically terminate the emission within 1 s in the event of encroachment into the area of primary emission. The proximity sensor shall prevent lamp turn-on if presence of an individual is detected prior to delayed turn-on. Manual reset is required if sensed encroachment has terminated emission. If the technology or application would preclude this termination of emission, the Manufacturer shall provide a risk assessment that the emission is reduced below the limit of RG-2 at 20 cm from the source.

Conformity is checked by inspection.

6.3.3 Orientation control

Handheld UV surface cleaning products shall have an orientation control, that disables the emission for hazardous UV-C or UV-B, when the product is moved out of normal use orientation as specified by the manufacturer.

NOTE Orientation control can be a tilt sensor or photoelectric switch.

If the products may be left unattended, orientation control may not be an acceptable or sufficient means of risk reduction for products which are intended to be used in a domestic setting, or for use in a commercial setting. In this case, additional means of risk reduction are necessary.

Conformity is checked by inspection.

6.3.4 Upper-room germicidal UV luminaire alignment

UV luminaires used for upper-room GUV shall be provided with a means of adjusting the alignment at the site of installation to allow the competent person undertaking the installation to properly direct the UV beam such that exposures in the lower room are below the appropriately time-weighted human exposure limits at 1,8 m above the floor and to the floor below. The manufacturer shall provide the upper room irradiance pattern (see for example CIE 247: 2021) to assist the installer.

6.3.5 Delayed-ON timer

For products intended to be used in open or upper rooms, a delayed-ON switch may be used, but sufficient to allow users to move to a safe distance prior to emission in lieu of an interlock (6.2.3) or proximity sensor (6.3.2). The delay shall be no shorter than 5 s.

Conformity is checked by inspection.

6.3.6 Exposure time control / auto-shutoff

For products intended to be used in open or upper rooms, an automatic shut-off timer may be used that will disable emissions after a specific amount of time, to allow users to access the product after intended exposure in lieu of an interlock (6.2.3) or proximity sensor (6.3.2).

Conformity is checked by inspection.

6.4 Emission warning

Where emission exceeding levels of RG-1 can be accessible (or interlocks can be defeated), the product shall have an UV-C emission warning device. The warning shall give a visible or audible signal when the system is switched on. Lamps (such as low-pressure mercury) that emit visible radiation or a fluorescent tab that glows during emission shall be considered to meet the visible emission warning.

Conformity is checked by inspection.

6.5 Reliability

Any electronic system or sensor, used for the protection of persons shall ensure that a single fault in the system or component is either unlikely to occur during the expected life of the equipment, or cannot cause a hazard.

NOTE The reliability and design requirements can be determined by applying, for example IEC 61508 (SIL) or ISO 13849 (PL) or other solutions providing equivalent functional safety.

Conformity is checked by inspection.

6.6 Emission controls

6.6.1 General

The product shall be provided with controls allowing the operator safe handling of the equipment.

Conformity is checked by inspection and as specified in 6.6.2 and 6.6.3.

6.6.2 Emissions stop

A means permanently attached to the product to disable hazardous UV-C or UV-B emissions shall be provided.

Conformity is checked by inspection.

6.6.3 Key control

Products intended for use by competent persons only, where it is reasonably foreseeable that these may be left unattended in a domestic or commercial setting, shall be provided with a key-operated master control.

If this is a physical key it shall be removable and any UV-C emission shall not be accessible when the key is removed.

NOTE 1 This can be a password, physical key or other specific tool.

NOTE 2 Products left unattended in a domestic or commercial setting, can be activated by a consumer or an ordinary person, inadvertently causing a potentially hazardous situation.

Conformity is checked by inspection.

7 Information and labelling – Manufacturer's requirements

7.1 General

The primary purpose of risk-group classification by the manufacturer is to determine the need for any engineering controls and to inform the user of potential hazards that may require precautions or limitations on installation. Therefore, when a UV lamp product is placed in either risk groups 2 or 3, it is important for the user to be informed of the potential hazards to the eye and skin and what hazard controls are appropriate. Risk group 1 and exempt products do not pose a risk requiring controls, since it is unrealistic that UV lamps will be directed at the eye for hours for any application (including medical).

The lamp product risk group classification indicates necessary safety measures to reduce the risk for the application as specified in the applicable vertical standard.

7.2 User information

The manufacturer shall provide the user sufficient information to operate safely depending on the risk group of the UV lamp product. The user information includes the risk group classification of the product and any required precautions. If the UV lamp product is RG-3, the user information shall indicate that this product is 'For professional use only', or 'For installation by competent professionals only', as applicable. If fixtures or modifying optics can be used with the system, possible worst-case exposure hazard values and hazard distances shall be listed in the user manual.

NOTE In the wavelength range 180 nm to 400 nm, where the risk-group classification is based on irradiance or radiant exposure, the assessment of a single lamp cannot be automatically transferred to the final lamp product.

Conformity is checked by inspection.

7.3 Labelling on UV lamps

7.3.1 RG-0 UV lamps – no labelling required.

7.3.2 RG-1 UV lamps – user instructions/lamp packaging shall state that UV is emitted from the lamp.

7.3.3 RG-2 UV lamps – user instructions/lamp packaging shall state that UV is emitted from the lamp. A label is required stating that "UV emitted from this product." If any special-use/safety instructions are required for safe use, the ISO "read instructions" symbol (ISO 7010-m002), shall be added.

7.3.4 RG-3 UV lamps – a warning label as specified in IEC 61549 or as shown in Figure 1 shall be on the product. The following (or equivalent) wording shall state: "WARNING, UV emitted from this lamp. Avoid exposure of eye and skin to unshielded lamp; RG3 lamp. Skin or eye injury could result." If any special-use/safety instructions are required for safe use, the ISO "read instructions" symbol (ISO 7010-m002), shall be added.

7.4 Labelling on UV lamp products

7.4.1 RG-0 UV lamp products

Ultraviolet lamp products that are classified as RG0 require no additional labelling. However, a label indicating that UV is emitted is optional.

7.4.2 RG-1 UV lamp products

A label indicating that UV is emitted is not required but is optional. However, there should be information provided in the user instructions indicating that UV (and which part of the UV waveband, e.g. UV-C, UV-B or UV-A, or the emitted peak wavelength in the case of LED lamps, as applicable) is emitted from this product.

7.4.3 RG-2 UV lamp products

The classified risk group and the hazard shall be labelled (Figure 1 or Figure 2, as appropriate).

There should be information provided in the user instructions indicating that UV (and which part of the UV waveband, e.g. UV-C, UV-B or UV-A, or the emitted peak wavelength in the case of LED lamps, as applicable) is emitted from this product.

NOTE The wavebands (UV-A, UV-B or UV-C) to be reported are those that exceed relevant emission limits.

Instruction manuals and product information shall state "Avoid direct exposure to eyes or skin". A label (see Figure 1 or Figure 2) shall be applied on the product.

7.4.4 RG-3 UV lamp products

The product shall be labelled with the classified risk group (see Figure 1 or Figure 2, as appropriate). There shall be information provided in a label on the product and in the user instructions indicating that UV (and which part of the UV waveband, e.g. UV-C, UV-B or UV-A, or the emitted peak wavelength in the case of LED lamps, as applicable) is emitted from this product.

Instruction manuals and product information shall contain the following warnings “WARNING: Turn off the UV lamp before opening” and “WARNING: Use UV radiation eye and skin protection during servicing. If the insertion or removal of a removable modifying optic increases the risk group, a warning label shall be attached to the optic. A label shall be applied on the product similar to:

“Warning!

No direct exposure of the eyes or skin”

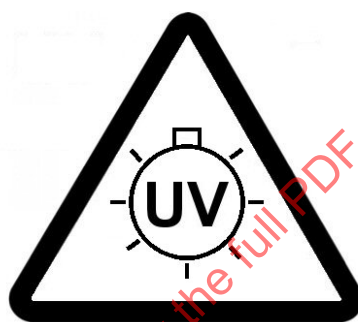


Figure 1 – Based on graphic 6040 of UV lamp inside triangle from IEC 60417

For UV lamp products, the following informative labels (Figure 2) shall be applied as appropriate.

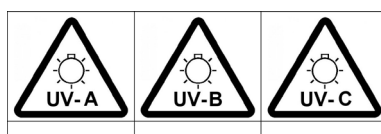


Figure 2 – Alternative labels to provide added information for narrow-band UV lamps

In accordance with IEC 61549, the UV-C label should be applied for UV-C germicidal lamps.

7.5 User manual

7.5.1 General

Normal intended use and installation requirements shall be described in detail. If required, training and restricted area requirements shall be specified in the user manual.

7.5.2 Risk reduction measures

After a thorough risk analysis by the manufacturer on the final product, it may be appropriate to implement additional risk reduction guidance such as:

- Requirements for outdoor product use
- Specific warnings
- Guidance on replacing lamps, such as “Replace lamps only with electrical power turned off,” and provide guidance on appropriate replacement lamps
- Other protective measures to be taken, e.g., wearing of fingerless gloves by the nail curing client, if appropriate.

7.5.3 Limited use

RG-3 products require professional use or special installation (e.g., upper-room UVG), and user instructions shall clearly state the irradiation zone and the requirement for special installation or supervised use.

7.6 Maintenance and service

Potential hazards may exist during lamp or product servicing. Re-lamping instructions shall clearly state risks and proper procedures. Only persons with the correct training and information shall perform maintenance or service of a lamp or lamp product containing an RG-3 lamp. In the case of maintenance or service of the lamp system with a lamp of RG-3, only persons who have the correct training and information about the risk should perform these tasks. The establishment of a temporary controlled access location and the need for any special protective face-shield, gloves or other personal protective equipment shall be clearly stated in the maintenance instructions.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Annex A (informative)

Typical applications of UV lamp products

A.1 Background

Ultraviolet lamps and lamp systems are employed in a variety of applications, from novelty “black light” illuminators, theatrical spotlights, and fluorescence applications to medical lamps, insect light traps and germicidal irradiation. Typical lamp types are:

- Low-pressure mercury-fluorescent lamps [tubular and compact fluorescent (CFL)]
- Low-pressure mercury, UV-C lamps (‘germicidal lamps’)
- Rare-gas halide, such as krypton-chloride UV-C excimer lamps
- UV LED lamps (generally 50 nm full-width at half maximum (FWHM) or less)
- UV-Filtered metal-vapour discharge lamps
- UV-Filtered incandescent lamps

Most typically, lamps are deployed in applications as listed in Clause A.2.

A.2 Applications of UV lamp products

A.2.1 Near-UV (UV-A) “black-light” sources to view fluorescent pigments

Hand-held and fixed UV-A lamps with typical peak emissions at 350 nm to 400 nm are used in a variety of applications for exciting fluorescent coatings, paints, pigments, etc., and to visualize the visible fluorescent emission for non-destructive testing. The viewer may or may not wear UV-blocking eyewear—primarily to improve contrast of the visible fluorescence emission spectrum. Hand-held UV-A spotlights or “flashlights” are used in non-destructive testing of coatings and dyes. Similar sources are used to detect authentication codes on money, bank notes, identification cards and identification stamps. In all of these applications, the risk group determination is based upon the highest time-weighted exposure assessed at the reasonably foreseeable worst-case exposure condition (surface reflections from a viewing distance of 30 cm to 50 cm from the fluorescent material), which corresponds to a standardized assessment distance from the source of 100 cm for 30 000 s (approximately 8 h). In actual use, the UV-A beam is directed away from the viewer and the user would not receive such a high exposure.

Permanently installed “black-light” systems are used in the entertainment industry, museums, bars and banks and are not installed to encourage direct viewing other than unintentional viewing for momentary periods. Hence the time-weighted assessment conditions lead to an assessment distance of 1 m.

A.2.2 Near-UV (UV-A) insect attractant lamp products

Both fixed and portable UV-A lamp systems with typical peak emissions generally within the spectral range of 350 nm to 370 nm are used in a variety of applications for insect light traps (ILTs). Effective installation requires that the ILTs are placed away from individuals so that insects are attracted to the UV-A source and not attracted to individuals or permanently occupied locations. Therefore, the highest time-weighted exposure is assessed at distances of 1 m or greater—even for indoor units, depending upon application.

A.2.3 UV germicidal (UV-C) lamp products

Ultraviolet germicidal (UVG) lamp products are generally designed to block all emission of UV into occupied spaces. UVG irradiation is employed in water-purification and air-handling systems and domestic air-purifiers that have interlocked enclosures that prevent potentially hazardous UV exposure during normal operation. Interlocks also normally preclude access to UV even during maintenance or servicing. However, in the control of airborne infectious agents (bioaerosols) such as tuberculosis bacillus, upper-room (see NOTE), open UVG fixtures are used in some hospitals, prisons and institutions where infection control is critical to irradiate only the upper-room volume above at least 1,8 m (see Annex E) and potentially hazardous exposures are possible in the occupied lower part of the room when fixtures are improperly installed or poorly maintained. The time-weighted exposure shall be assessed with proper assessment and measurement geometry. Installation instructions are essential in this application and a safety assessment after room installation is also essential. Measurements are therefore made not only in the air-treatment zone, but in the non-treatment, occupied zone. Risk group assignment is based on measurements in the air-treatment zone and installation should assure safety in the occupied zone. This is because there are no engineering controls to limit access to the upper room volume.

NOTE The 99-percentile eye-height is ~180 cm for a standing human, ~130 cm for seated humans, and 112 cm eye height in a high hospital bed.

UV germicidal lamps are traditionally low-pressure, mercury-discharge lamps with most (over 90 %) emission at 254 nm (UV-C). Newer types of UV germicidal lamps include LEDs and excimer plasma (e.g. KrCl) lamps. The lamp envelope was traditionally of quartz, but today most typically of a UV-C transmitting glass (e.g., Vicor) that limits ozone production (Claus, 2021).

Hand-held, UV surface cleaning products (e.g., UV wands) are sold in some consumer markets as well as for professional use. Informed applications can be safe for professional use. Most sold for consumer use either have insufficient irradiance to allow a simple movement over the surface to be disinfected or emit unsafe level of UV radiation to achieve germicidal effect and could cause skin and/or eye injuries. Some products have an orientation switch that terminates emission unless the wand is directed downward; however, this safety feature does not fully eliminate the risk of injury from direct and indirect UV radiation. Handheld UV surface cleaning products shall not be used by an ordinary person or a consumer. UV tanning equipment (not in scope – provided for information only).

Consumer demand for a cosmetic tan led to the development and distribution of commercial UV tanning equipment. Although such equipment necessarily exposes the human skin to radiant exposures in excess of the recommended limits for exempt lamp products, there are means to minimize the potential risks for delayed effects. The term “sunlamp product” or “sunbed” is frequently used to describe all tanning appliances consisting of either a single UV radiation-emitting lamp (emitting UV-A and/or UV-B radiation) as in some facial tanners, or a number of such lamps incorporated in a bed, canopy, panel, or any combination thereof. Potential adverse health effects of suntanning exposure to UV radiation are well documented and reasonably well quantified (WHO, 1994, 2017).

In many countries national regulations for sunlamp products exist. For example, in the US., sunlamp products are required to meet the Code of Federal Regulations (CFR) of the US Food and Drug Administration (21 CFR 1040.20). That regulation provides optical radiation performance requirements designed to minimize risks to the user.

A.2.4 UV nail curing and treatment

UV lamp products for photocuring of nail polish and nail laminates employ UV-A lamps installed in a fixture to minimize ocular exposure. Irradiances of ~10 mW·cm⁻² (100 W·m⁻²) are typical at the nail (see Dowdy and Sayre, 2013). The manufacturer may choose to recommend protective measures, such as the wearing of fingerless gloves during use.

A.2.5 UV medical and dental sources

UV lamp products using a UV-A (“black-light”) fluorescent or filtered incandescent lamp are widely used in diagnostic instruments. Frequently referred to as “Wood’s Lamps,” these hand-held products are found in emergency rooms, ophthalmology departments and dermatology departments for fluorescence detection. These will generally be RG-0 or RG-1. UV-A induced fluorescence of proteins and DNA is useful in a range of applications. Dental examinations may employ UV-A for identification of tooth plaque and periods of exposure rarely exceed 2 min to 3 min. Medical laboratory UV trans-illuminators (both UV-A and UV-B) are used to view DNA or RNA that has been separated by electrophoresis through an agarose gel, which are visible by their fluorescence.

UV phototherapy medical devices are used to treat diagnosed skin disorders such as, but not limited to, psoriasis, vitiligo, etc.

UV-A also has been used in the past for photocuring in restorative dentistry, although photocuring materials now generally require short visible wavelengths rather than UV-A.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Annex B (informative)

Potentially hazardous biological effects

B.1 Background

Potentially hazardous ultraviolet radiation exposures from lamp products may produce either acute (short-term, transient) effects or delayed effects from chronic (long-term, day-after-day) exposures, and these biological effects are briefly described in this annex. Beneficial biological effects, such as the production of vitamin-D in the skin or improved immunity, are not therefore included in this annex (See CIE 174:2006, CIE 201:2011, and CIE 219:2016); however, it may be noted that even very low-risk lamp products such as RG-1 can produce these beneficial effects from lengthy exposures.

Most UV photobiological effects show a strong degree of “reciprocity,” i.e., the dose response shows a reciprocity relation of exposure rate (irradiance) and exposure duration; i.e., a given response requires the same radiant exposure whether delivered in milliseconds or a couple hours. Another important characteristic of UV photobiological effects is strong wavelength dependence, and photobiologists always attempt to define an “action spectrum” that describes the relative effectiveness of differing wavelengths in producing a given response. While the determination of action spectra is straightforward for acute effects such as sunburn or “welders’ flash,” it is nearly impossible to define accurately for delayed effects such as UV cataract that require years of chronic exposure. Action spectra for such delayed effects are only suggested by some animal studies or only approximate wavebands can be determined.

B.2 Adverse acute biological effects from ultraviolet irradiation

B.2.1 Photokeratitis and photoconjunctivitis

Photokeratitis and Photoconjunctivitis are acute, transient inflammatory response of the cornea and conjunctiva of the eye, generally from UV-B (280 nm to 315 nm) and UV-C (100 nm to 280 nm) if present in the lamp spectrum. Non-technical descriptions of photokeratitis and associated photoconjunctivitis are: “welder’s flash” and “snowblindness” because of the association with exposures from those sources of shorter-wavelengths (e.g., UV-B from sunlight and UV-B and UV-C from open arcs). The cornea of the eye provides the front-most optical surface of the eye and the conjunctiva is the outermost tissue covering the sclera (white) of the eye. UV photokeratitis is almost always associated with a photoconjunctivitis; therefore, the combined effect is also correctly termed “photokeratorconjunctivitis.” Symptoms include: “sand in the eye,” blepharospasm (sudden, violent, involuntary contraction of the muscles of the eyelid), some clouding of vision; reaction in the palpebral fissure (opening between the upper and lower eyelids). Photokeratitis is not uncommon from accidental over-exposures to UV from germicidal lamps and mercury and xenon-arc lamps, but only in special applications. There are a limited number of reports of accidental over-exposures such as germicidal UV-C lamps inappropriately fitted to insect light-trap products.

Ultraviolet radiation between ~200 nm and ~400 nm can produce photokeratitis, the wavelength principally between 230 nm and 320 nm are most effective. The action spectrum peaks at approximately 270 nm (Pitts, 1971, 1974) although an earlier study suggested 288 nm (Cogan and Kinsey, 1946). Thresholds are well documented in both humans and in animal models, and the data available are generally in good agreement (Chaney, 2005). The inflammatory reaction is generally delayed by 4 h to 12 h following the exposure and the time elapsed depends upon how much difference in exposure and threshold, heavy exposures producing reaction in shortest time; clearing in 24 h to 48 h, except for extremely severe exposures. The photochemical reaction initiates a chain of biological reactions. Since the normal turnover of surface corneal (epithelial) cells is ~ 48 h, the injured cells are soon removed in normal metabolic turnover. Thus, there are no known permanent effects from single exposures; although chronically repeated exposures to solar UV-B may be a major factor in the aetiology of Labrador keratopathy. More recent studies of photokeratitis from short UV-C wavelengths between 200 nm and 254 nm were prompted by use of germicidal UV in this spectral region (Kaidzu, 2021), and show remarkably higher thresholds at wavelengths less than 230 nm (sometimes referred to as “far-UV-C”). An immediate sensation of mild irritation has been experienced during irradiation by 222 nm that may be the result of an increase in tear-film evaporation (Slaney, 2021); but this sensation during irradiation does not occur with longer wavelengths such as 254 nm.

B.2.2 UV-Cornea reference documents

Chaney EK, Slaney DH, Re-evaluation of the ultraviolet hazard action spectrum—the impact of spectral bandwidth, *Health Phys.* 2005;89(4):322-32

Cogan, D.G. and Kinsey, V.E., Action Spectrum of Keratitis Produced by Ultraviolet Radiation, *Arch. Ophthalmol.*, 35:670-617, 1946

Hedblom, E.E., Snowscape Eye Protection, *Arch. Environ. Health*, 2:685-704, 1961

Kaidzu S, Sugihara K, Sasaki M, Nishiaki A, Ohashi H, Igarashi T, Tanito M., Re-Evaluation of Rat Corneal Damage by Short Wavelength UV Revealed Extremely Less Hazardous Property of Far-UV-C, *Photochem Photobiol.*, 2021, doi: 10.1111/php.13419

Pitts DG, Tredici TJ, The Effects of Ultraviolet on the Eye, *Amer. Ind. Hyg. Ass. J.*, 32(4):235-246, 1971

Pitts, D.G., The Human Ultraviolet Action Spectrum, *American Journal Optom. Physiol. Opt.*, 51, 946-960, 1974

Slaney D.H., Stuck, B.E, A need to revise human exposure limits for ultraviolet UV-C radiation, *Photochem Photobiol*, 2021. doi: 10.1111/php.13402

World Health Organization (WHO):1994, *Ultraviolet Radiation, Environmental Health Criteria Document*, EHC-160, 2nd edn., WHO, Geneva

B.2.3 Erythema (sunburn)

Erythema (popularly referred to as “sunburn”) is a reddening of the skin resulting from over-exposure of the skin to UV (principally from UV-B) radiant energy. This reddening of the skin is transient – reaching a peak response in 8 h to 24 h (sooner if UV-C). Action spectra are published, and the peak normally is at ~300 nm (ICNIRP, 2004).

B.2.4 Erythema reference documents

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP):2004 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics*, 87 (2): 171-186

ISO/CIE 17166:2019, *Erythema reference action spectrum and standard erythema dose*

B.3 Adverse biological effects from chronic exposure to ultraviolet irradiation

B.3.1 Skin cancer

Skin cancers are most frequently related to chronic (or possibly very severe acute) over-exposure to ultraviolet radiation (most significantly UV-B). Squamous cell skin cancers are most associated with many years of chronic exposure to sunlight and incidence is high among outdoor workers. These cancers are very much related to latitudes where UV insolation is highest. By contrast, melanocytic skin cancers frequently appear in unexposed areas of the trunk, back or upper legs that are generally not chronically exposed and the epidemiological evidence relating to UV exposures appear to point to severe sunburns – particularly in youth (Armstrong and Kricker, 2001). The carcinogenic risk from UV-C and UV-A is very low compared to UV-B (CIE, 2016). The photocarcinogenic action spectrum peaks at ~ 300 nm and rapidly drops to values less than 5 % in the UV-C. The non-melanoma skin cancer (NMSC) action spectrum is compared to action spectra to acute effects, skin erythema and photokeratitis. These are shown as linear and semi-log plots of CIE NMSC action spectrum in Figure B.1 and Figure B.2.

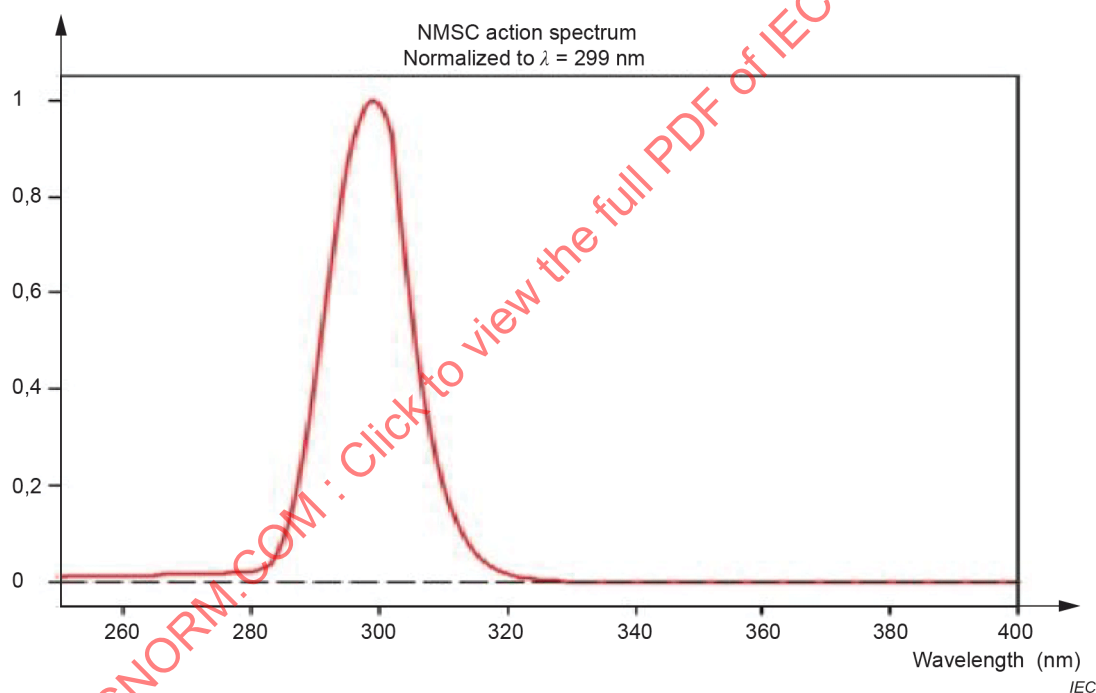


Figure B.1 – CIE standard action spectrum for NMSC

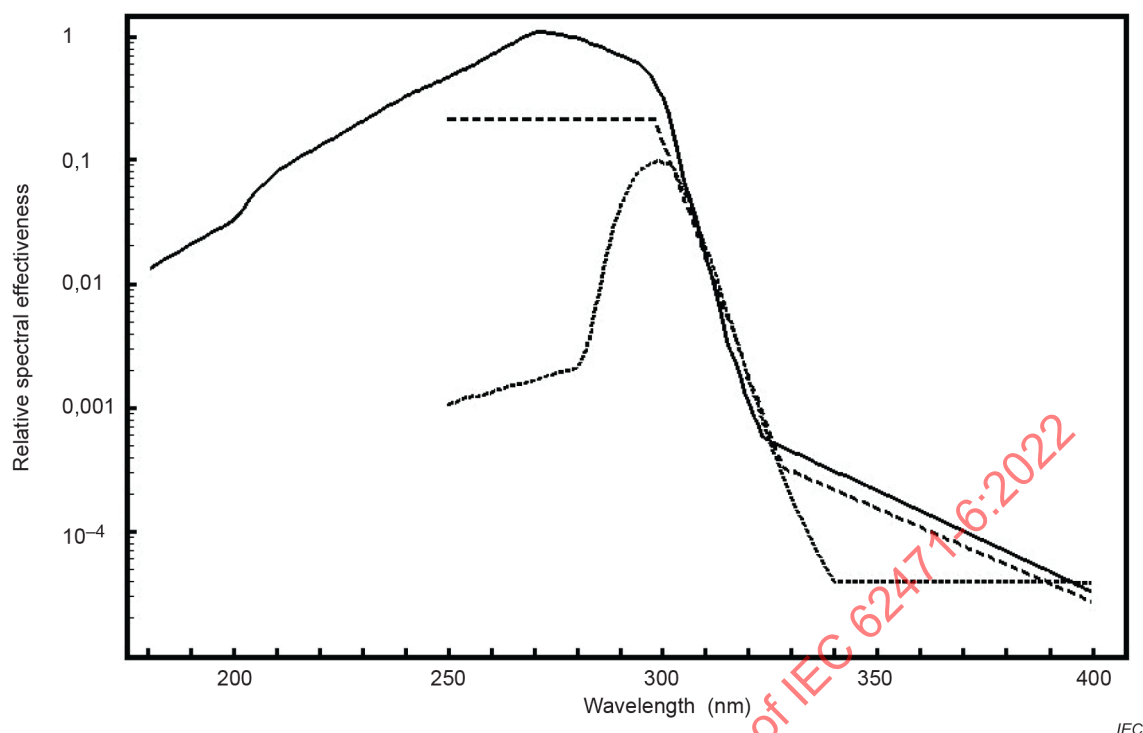


Figure B.2 – Semi-logarithmic comparison of three action spectra (ICNIRP $S(\lambda)$: solid line; McKinlay, Diffey erythema : dashed; NMSC: dots)

B.3.2 Skin cancer reference documents

Armstrong, B.K., Krickler, A.:2001, The epidemiology of UV induced skin cancer, *J Photochem Photobiol B*;63(1-3):8-18, doi: 10.1016/s1041-1344(01)00198-1

Forbes, P.D., Cole, C.A., Frank deGrujil, F., 2021, Origins and evolution of photocarcinogenesis action spectra, Including germicidal UVC, *Photochem. Photobiol.*, doi: 10.1111/php.13371

ISO/CIE 28077:2016, *Photocarcinogenesis action spectrum (non-melanoma skin cancers)*

CIE Report 187:2010, *Photocarcinogenesis risks from germicidal lamps*

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP):2004, Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics* 87 (2): 171-186

B.3.3 Pterygium and pinguecula

Pterygium is tissue in the conjunctiva that becomes vascularized and grows into the cornea, and may decrease vision as it enters the central cornea. Pinguecula is a buildup of excess conjunctival tissue near the nasal or temporal junction of the sclera and cornea. Outdoor workers who are chronically exposed to high levels of UV-B in tropical latitudes frequently develop these types of neoplasia. Although pterygium, if left unmanaged can interfere with vision, it can be surgically managed. There are no reports of these effects from artificial sources.

B.3.4 Pterygium and pinguecula reference documents

Bradley JC, Yang W, Bradley RH, Reid TW, Schwab IR, The science of pterygia, *Br J Ophthalmol*, 94(7):815-20,2010

Dolin PJ, Johnson GJ., Solar ultraviolet radiation and ocular disease: a review of the epidemiological and experimental evidence, *Ophthalmic Epidemiol.*, 1(3):155-64,1994

Kwok LS, Coroneo MT., A model for pterygium formation, *Cornea*, 13(3):219-24,1994

Nemet A.Y., Vinker S., Segal, O., Mimouni, M., Kaiserman, I., Epidemiology and associated morbidity of pterygium: a large, community-based case-control study, *Semin. Ophthalmol*; 31(5):446-51,doi: 10.3109/08820538.2014.962169

Rezvan, F., Khabazkhoob, M., Hooshm E., Yekta, A., Saatchi M., Hashemi, H.,2018, Prevalence and risk factors of pterygium: a systematic review and meta-analysis, *Surv Ophthalmol.*, 63(5):719-735

Saw, S.M., Tan, D.,1999, Pterygium: prevalence, demography and risk factors, *Ophthalmic Epidemiol*,6(3):219-28, doi: 10.1076/oep.6.3.219.1504

Sherwin JC, Hewitt AW, Kearns LS, Griffiths LR, Mackey DA, Coroneo MT,2013, The association between pterygium and conjunctival ultraviolet autofluorescence: The Norfolk Island Eye Study, *Acta Ophthalmol.*, 91(4):363-70

Taylor, H, (Ed.), *Pterygium*, The Hague, Netherlands, Kugler Publications, 2000, 181 pp

B.3.5 Cataract

Environmental ultraviolet radiation has long been considered one etiologic (risk) factor in the pathogenesis of age-related cataract. In recent decades the weight of evidence has indicated that UV (particularly solar UV-B) plays a role in the formation of one type of cataract – cortical cataract. The hypothesis of Coroneo and the epidemiological studies of Sasaki et al (2003, 2011) notably support this evidence. Nuclear cataract appears to be associated with a lifetime of high ambient temperature exposure (Sliney, 2002).

B.3.6 Cataract reference documents

Coroneo MT, Müller-Stolzenburg NW, Ho A, 1991, Peripheral light focusing by the anterior eye and the ophthalmohelioses, *Ophthalmic Surg*

Sasaki H, Sakamoto Y, Fujita N, Hatsusaka N, Sliney DH, Sasaki K, 2011, UV-B exposure to the eye depending on solar altitude, *Eye Contact Lens*, 37(4):191-5

Sasaki H, Kawakami, Y., Ono, M., Jonasson, F., Shui, Y.B., Cheng, H-M., Robman, L., McCarty, C., Chew, S.J., Sasaki K.,2003, Localization of Cortical Cataract in Subjects of Diverse Races and Latitude, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 44(10):4210-4214

Sliney DH.,2002, Geometrical gradients in the distribution of temperature and absorbed ultraviolet radiation in ocular tissues, *Dev Ophthalmol.*, 35:40-59

B.3.7 Labrador keratopathy

Labrador keratopathy is known by a number of ophthalmological names, such as spheroidal degeneration of the cornea and droplet keratopathy, which is characteristic of rare diseases. This is seen, for example in ice fishermen who receive substantial, chronic UV-B irradiation of the cornea during early spring fishing when snow and ice still exist in circumpolar environments.

B.3.8 Corneal reference documents

Dolin PJ, Johnson GJ., Solar ultraviolet radiation and ocular disease: a review of the epidemiological and experimental evidence, *Ophthalmic Epidemiol.*, 1(3):155-64, 1994

Taylor HR, West SK, Rosenthal FS, Munoz B, Newland HS, Emmett EA, Corneal changes associated with chronic UV irradiation, *Arch Ophthalmol.*, 1989

B.3.9 Visual effects from UV-A exposure – Lens fluorescence

Although UV-A is not generally considered to have a direct stimulation of vision at the retina, except in small children and very young adults (Brainard, 1999; Sliney, 2016), light produced by lens fluorescence is noticeable. UV-A that reaches and is heavily absorbed in the crystalline lens at wavelengths above 365 nm from UV lamp sources – even below human exposure limits – can induce a veiling glare bright enough to impact visual performance. A study by Zuclich et al (2005) showed that the fluorescence luminance produces a visual glare disruption that varied little with the age of their subjects. This can provide some avoidance reaction when experienced near a UV-A lamp.

Brainard GC, Beacham S, Sanford BE, Hanifin JP, Streletz L, Sliney D, 1999, Near ultraviolet radiation elicits visual evoked potentials in children, *Clin Neurophysiol.*, 110(3):379-83

Sliney DH., 2016, What is light? The visible spectrum and beyond, *Eye, Nature, Lond.*, 30(2):222-9

Zuclich JA, Previc FH, Novar BJ, Edsall PR, 2005, Near-UV/blue light-induced fluorescence in the human lens: potential interference with visual function, *J. Biomed. Opt.*, 10(4):10044021-1-10044021-7

B.3.10 Photoretininitis – or photic maculopathy (blue light hazard)

Photoretininitis (also termed photic maculopathy or “eclipse burn” by ophthalmologists), results from an acute retinal exposure (generally for minutes to hours) from wavelengths between 305 nm to 700 nm – principally from wavelengths between 400 nm and 500 nm. However, assessments of a variety of UV-A lamps has shown that the very small blue light hazard function values (generally a weighting function of only 0,01) in the UV-A has shown that assessment of this theoretical risk will not alter the risk-group outcome; and for this reason, this assessment is not required for UV lamp products covered in this document. This is a photochemically initiated injury to the retina. In very rare (aphakic) individuals who do not have their normal crystalline lens (or have had the crystalline lens removed), substantial retinal exposures to the wavelengths from 380 nm down to nearly 305 nm can be of concern.

Although not a significant concern until the production of GaN LEDs emitting between ~390 nm and ~410 nm, a subset of cataract (pseudophakic) patients can have substantial energy transmitted to the retina through their intraocular lens implants, since some “UV-absorbing” intraocular lenses can transmit significant energy down to ~ 360 nm, in which case these sources are very uncomfortably bright to these individuals and discomfort glare greatly limits the potentially hazardous exposures. In the normal (phakic) eye, the peak of the action spectrum occurs at approximately 445 nm (Ham, 1976) and at approximately 310 nm in aphakic (Ham, 1989) non-human primates; the $B(\lambda)$ and $A(\lambda)$ spectral weighting functions are based on that work. The aphakic $A(\lambda)$ function is used in safety standards for ophthalmic instruments used during ophthalmic surgery (e.g., ISO 15004-2). For greater detail see IEC 62471:2006, Annex A on biological effects.

B.3.11 Retinal-photochemical biological effects reference documents

Ham, W.T. Jr, Mueller, H.A., and Sliney, D.H., Retinal Sensitivity to Damage by Short-Wavelength Light, *Nature*, 260(5547), 153-155, 1976

Ham, W.T. Jr, Ruffolo, J.J. Jr, Mueller, H.A., and Guerry, D. III, The Nature of Retinal Radiation Damage: Dependence on Wavelength, Power Level and Exposure Time, *Vision Res.*, 20(12), 1105-1111, 1980

Lund, D.L., Stuck, B.E., and Edsell, P., Retinal Injury Thresholds for Blue Wavelength Lasers, *Health Phys.*, 90 (5): 477-484, 2006

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Annex C (informative)

Measurement of ultraviolet lamp products

C.1 General

The assessment of the photobiological safety of ultraviolet lamp within scope of this document is restricted to a consideration of the UV and UV-A hazards through measurements of irradiance or spectral irradiance at the appropriate distance from the product.

A range of instruments are available to perform such measurements, including radiometers, thermal detectors and spectroradiometers. Further general guidance on measurements may be found in IEC TR 62471-4.

C.2 Radiometers

UV radiometers are generally specified to cover one or more of the UV regions (UV-A, UV-B, UV-C) or to match the actinic UV hazard weighting function or CIE erythral action spectrum. It is generally difficult to design radiometers having a flat spectral response over an extended spectral region, replicate accurately the cut-on and cut-off of even simple functions such as the UV-A response or accurately match complicated biological action spectra. As a result, spectral mismatch errors may result (CIE 220). These errors are minimized where the UV radiometer is supplied with a calibration against a source having the same spectral distribution as that under test, such as is readily available for the measurement of the low pressure mercury 253,65 nm line (germicidal UV).

Where a radiometer is used that responds over the full range of a spectral weighting function, but does not follow the spectral weighting factors of that function, un-weighted values should be used in this assessment.

Thermal detectors are available, but their wide spectral response can complicate the assessment of broadband sources, without the use of filters to eliminate irrelevant spectral bands. This may result in significant uncertainties.

C.3 Spectroradiometers

Spectroradiometers include CCD array spectrometers and single- or double- monochromator-based instruments for which IEC TR 62471-4 specifies recommended measurement bandwidth and wavelength accuracy.

Whilst spectroradiometers, in allowing the determination of the spectral irradiance of the source under test, may yield the most accurate results, in measuring the emission of the source under test in narrow spectral regions, the signal level at the instrument photodetector may be low giving rise to a poor signal to noise ratio (SNR), particularly at the shorter wavelengths. Indeed, where low sensitivity detectors are used, the noise floor of the instrument may dominate the measurement result.

Furthermore, in the case of CCD array spectrometers and single monochromators, stray radiant power from wavelengths other than those in consideration may be incorrectly recorded. For example, in measuring the UV-C spectral irradiance of a UV-A source:

- within the CCD array spectrometer, UV-A radiation might reach the pixels covering the UV-C wavelengths;
- within the single monochromator tuned to transmit a UV-C wavelength to the system detector, UV-A light may also reach the system detector.

Stray radiant power is generally limiting only for the actinic UV hazard for which detection of trace levels of optical radiation are to be measured and can potentially give rise to significant errors. To obtain 1 % accuracy, rejection of out-of-band radiation needs to be on the order of 10^6 . This can be easily achieved using double monochromators but can be obtained with single monochromators and CCD array spectrometers providing that filters are used to improve the suppression of stray radiant power.

The above concerns are particularly relevant when considering the effective UV irradiance which extends down to 200 nm and for which the emission limit irradiance is relatively low.

C.4 Entrance optic

Whilst radiometers and spectroradiometers are generally provided with cosine-corrected entrance optics having a full hemispherical field of view, exposure guidelines specify that the measurement of spectral irradiance/ irradiance be measured over an 80° cone angle.

Where the UV lamp product subtends an angle greater than this, an aperture should be employed to limit the field of view as indicated in Figure C.1 where D is the diameter of the instrument entrance aperture, H distance between the aperture and the plane of the entrance aperture, and A is the half-angle of the 80° full measurement cone angle.

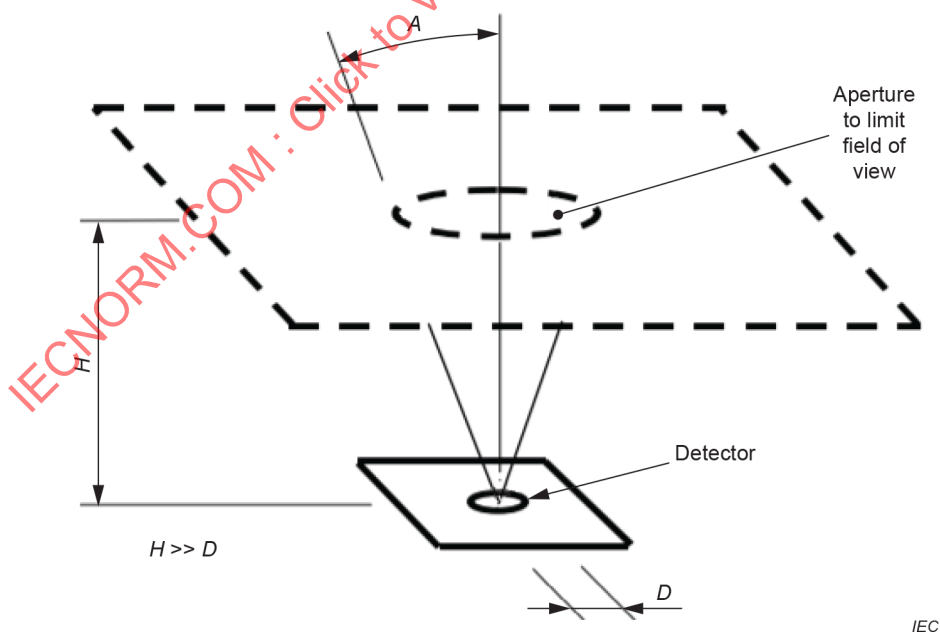


Figure C.1 – Geometry of irradiance / spectral irradiance measurements

C.5 Spectroradiometer- radiometer approach

An approach including both a spectroradiometer and a UV radiometer may provide a flexible means of assessment. An initial parallel measurement at 1 m to 2 m from the UV product with the entrance aperture of both instruments co-located enables the generation of a correction factor to account for any potential spectral mismatch error as noted in Clause C.2 and enables the use of more portable radiometer in assessing the emission around the product under test.

This approach is of particular use when assessing upper-room germicidal fixtures and for assessments in the field.

C.6 Measurement distance versus assessment distance

C.6.1 General

Measurements of spectral irradiance need not necessarily be performed at the assessment distance in Table 2, Table 3 and Table 4. Where the spectral irradiance produced by a product at the assessment distance is low, noise may dominate the measurement result over part or all of the spectral range. Where the spectral irradiance of the source is extremely high, system detectors may be saturated and the instrument may be damaged. In both cases, measurement should be performed at another distance in order to minimize the measurement errors.

Where the measurement distance differs from the risk group assessment distance, it is necessary to transfer the measurements to the assessment distance.

C.6.2 Spectroradiometer approach

Where the spectral irradiance measurement at the assessment distance does not produce results with satisfactory signal to noise ratios (SNRs) over part of the UV spectral range, an approach based on two spectral irradiance measurements is recommended.

The spectral irradiance is measured at the assessment distance, $E_0(\lambda)$, and at a closer distance to the product, $E_1(\lambda)$, making sure to avoid detector saturation and heat damage to the instrument. In recording a higher spectral irradiance, $E_1(\lambda)$ will report values with a better SNR and a higher dynamic range above the instrument noise floor.

Normalizing the $E_1(\lambda)$ spectrum to match the spectral irradiance reported in the $E_0(\lambda)$ spectrum will provide a clean measurement result. The corrected $E_{0,corr}(\lambda)$ is determined from the following formula. A normalising wavelength, λ_n , is taken from the wavelength where the SNR is high.

$$E_{0,corr}(\lambda) = \frac{E_1(\lambda) \times E_0(\lambda_n)}{E_1(\lambda_n)}$$

However, more reliable results will be found based on the integral over a range of wavelengths, λ_1 to λ_2 , with satisfactory SNR.

$$E_{0,corr}(\lambda) = \frac{E_1(\lambda) \times \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_0(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_1(\lambda) d\lambda}$$

C.6.3 Radiometer approach

This approach applies in two scenarios:

- Where the spectral irradiance measurement at the assessment distance produces results with satisfactory SNR over part- but not all- of the UV spectral range.
- Where the spectral irradiance at the assessment distance is too high or too low to measure.

A UV radiometer may only be used directly (with factory calibration) if it is calibrated against a similar spectral distribution as that of the source under test and it responds over a range not exceeding that for which satisfactory SNR is obtained at the measurement distance.

A measurement of the spectral distribution of the source, $E_1(\lambda)$ may be determined using a spectroradiometer at a greater or shorter distance than the assessment distance (as required) with a view to use a calibrated radiometer to obtain values at the assessment distance, $E_{0,\text{rad}}$.

Where the UV radiometer is calibrated for the same type of source, the $E_1(\lambda)$ may be integrated over the spectral range of the radiometer (λ_1 to λ_2 , applying the relevant weighting function as required) and the UV and UV-A effective irradiances computed from:

$$E_{\text{UV}} = E_{0,\text{rad}} \frac{\int_{200}^{400} E_1(\lambda) \times S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_1(\lambda) d\lambda}$$

$$E_{\text{UV-A}} = E_{0,\text{rad}} \frac{\int_{315}^{400} E_1(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_1(\lambda) d\lambda}$$

Where the radiometer is not calibrated against the spectral distribution of the product under test, a parallel measurement of the spectral irradiance, $E_1(\lambda)$, and irradiance recorded by the radiometer, $E_{1,\text{rad}}$ should be performed at the measurement distance:

$$E_{\text{UV}} = E_{0,\text{rad}} \frac{\int_{200}^{400} E_1(\lambda) \times S(\lambda) d\lambda}{E_{1,\text{rad}}}$$

$$E_{\text{UV-A}} = E_{0,\text{rad}} \frac{\int_{315}^{400} E_1(\lambda) d\lambda}{E_{1,\text{rad}}}$$

C.7 Reference documents

CIE 220:2016, *Characterization and calibration methods of UV radiometers*

IEC TR 62471-4: *Photobiological safety of lamps and lamp systems – Part 4: Measuring methods*

Annex D (informative)

Spectral weighting function $S(\lambda)$ from 180 nm to 400 nm for assessing actinic radiation hazard

Table D.1 – Spectral weighting function $S(\lambda)$ values at 1 nm intervals

Wavelength nm	$S(\lambda)$	Wavelength nm	$S(\lambda)$
(180) ^a	0,012	232	0,208611
(185) ^a	0,0155	233	0,218589
(190) ^a	0,019	234	0,229044
(195) ^a	0,0245	235	0,240000
200	0,030000	236	0,250953
201	0,033359	237	0,262407
202	0,037094	238	0,274383
203	0,041247	239	0,286906
204	0,045865	240	0,300000
205	0,051000	241	0,311141
206	0,055089	242	0,322696
207	0,059507	243	0,334680
208	0,064278	244	0,347109
209	0,069433	245	0,360000
210	0,075000	246	0,373023
211	0,078631	247	0,386517
212	0,082438	248	0,400500
213	0,086429	249	0,414988
214	0,090613	250	0,430000
215	0,095000	251	0,446523
216	0,099544	252	0,463681
217	0,104305	253	0,481498
218	0,109294	254	0,500000
219	0,114522	255	0,520000
220	0,120000	256	0,543733
221	0,125477	257	0,568548
222	0,131203	258	0,594497
223	0,137192	259	0,621629
224	0,143453	260	0,650000
225	0,150000	261	0,679247
226	0,157262	262	0,709810
227	0,164876	263	0,741748
228	0,172858	264	0,775123
229	0,181226	265	0,810000
230	0,190000	266	0,844866
231	0,199088	267	0,881234

Wavelength nm	$S(\lambda)$
268	0,919166
269	0,958732
270	1,000000
271	0,991869
272	0,983804
273	0,975804
274	0,967870
275	0,960000
276	0,943438
277	0,927162
278	0,911167
279	0,895448
280	0,880000
281	0,856810
282	0,834230
283	0,812246
284	0,790841
285	0,770000
286	0,742042
287	0,715099
288	0,689135
289	0,664113
290	0,640000
291	0,618618
292	0,597951
293	0,577974
294	0,558664
295	0,540000
296	0,498397
297	0,460000
298	0,398914
299	0,345939
300	0,300000
301	0,221042
302	0,162865
303	0,120000
304	0,084853
305	0,060000
306	0,045404
307	0,034358
308	0,026000
309	0,019748
310	0,015000
311	0,011052
312	0,008143

Wavelength nm	$S(\lambda)$
313	0,006000
314	0,004243
315	0,003000
316	0,002400
317	0,002000
318	0,001600
319	0,001200
320	0,001000
321	0,000819
322	0,000670
323	0,000540
324	0,000520
325	0,000500
326	0,000479
327	0,000459
328	0,000440
329	0,000425
330	0,000410
331	0,000395
332	0,000380
333	0,000366
334	0,000353
335	0,000340
336	0,000327
337	0,000315
338	0,000303
339	0,000291
340	0,000280
341	0,000271
342	0,000263
343	0,000255
344	0,000248
345	0,000240
346	0,000231
347	0,000223
348	0,000215
349	0,000207
350	0,000200
351	0,000191
352	0,000183
353	0,000175
354	0,000167
355	0,000160
356	0,000153
357	0,000147

Wavelength nm	$S(\lambda)$
358	0,000141
359	0,000136
360	0,000130
361	0,000126
362	0,000122
363	0,000118
364	0,000114
365	0,000110
366	0,000106
367	0,000103
368	0,000099
369	0,000096
370	0,000093
371	0,000090
372	0,000086
373	0,000083
374	0,000080
375	0,000077
376	0,000074
377	0,000072
378	0,000069
379	0,000066

Wavelength nm	$S(\lambda)$
380	0,000064
381	0,000062
382	0,000059
383	0,000057
384	0,000055
385	0,000053
386	0,000051
387	0,000049
388	0,000047
389	0,000046
390	0,000044
391	0,000042
392	0,000041
393	0,000039
394	0,000037
395	0,000036
396	0,000035
397	0,000033
398	0,000032
399	0,000031
400	0,000030

^a These values apply to sources emitting radiation below 200 nm (e.g. low-pressure mercury lamps with quartz envelopes emitting 185 nm radiation).

NOTE Logarithmic interpolation was used in Table D.1 to calculate values between the 5 nm interval values published by ICNIRP from 200 nm to 400 nm. ACGIH have amended the limits for UV-C (2022) and therefore differ in that wavelength region from ICNIRP.

Annex E (informative)

Examples of risk group classification applying the concept of TWA of a spectrally-weighted emission

E.1 Spectral weighting to determine effective irradiance using $S(\lambda)$

Determination of the spectrally weighted exposure limit is the first step before assessing the TWA exposure. Spectral weighting is employed to determine an UV effective irradiance E_{eff} for a non-monochromatic source.

$$E_{\text{eff}} = \sum_{200}^{400} E_{\lambda} \times S(\lambda) \times \Delta\lambda$$

where

E_{λ} is the spectral irradiance,

$S(\lambda)$ is the UV hazard spectral weighting function, and

$\Delta\lambda$ is the wavelength interval (e.g., 1 nm if using Table D.1).

E.2 Time weighting of an exposure

A good example of how time-weighted averaging (TWA) is employed to assess risk from scattered UV-C in the occupied space is exemplified by an upper-room GUV installation with a UV luminaire employing a traditional low-pressure mercury lamp. Figure E.1 is an example of the assessment by one competent installer performed as an array of measurements to assure the appropriate TWA was not exceeded in each region of occupied spaces.

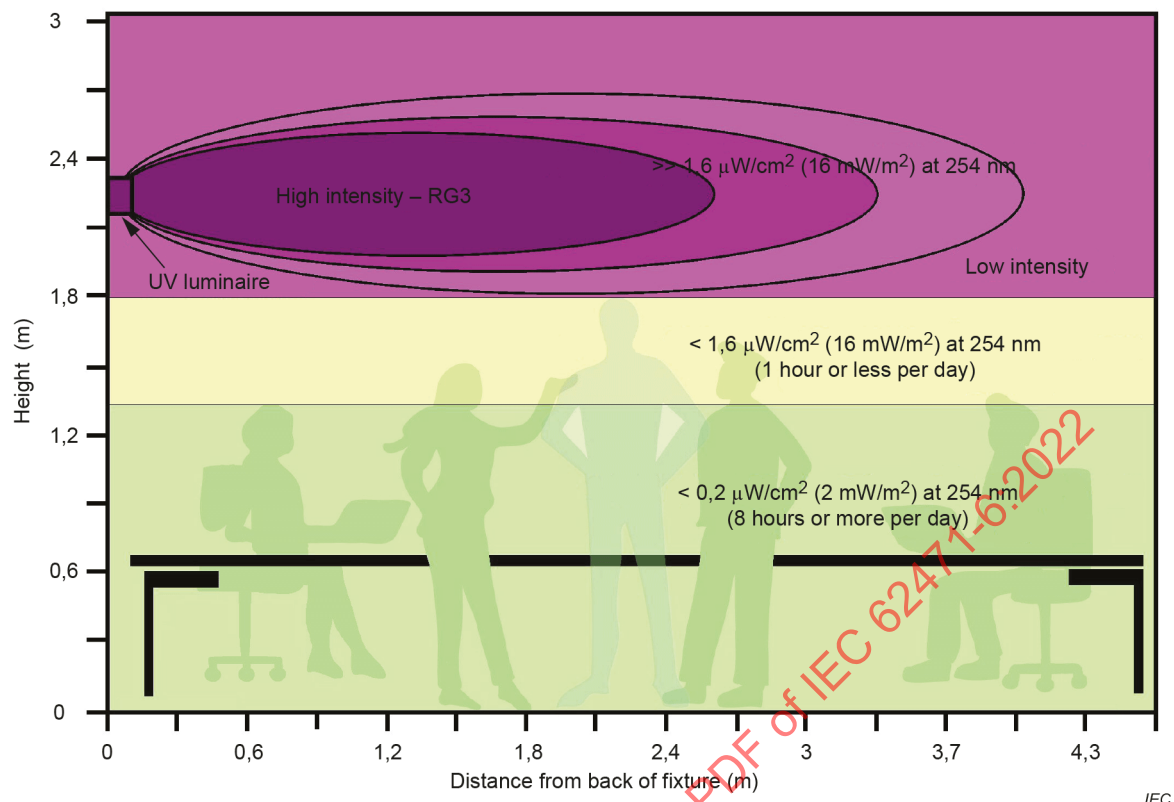


Figure E.1 – Example of how an occupational hygienist might determine different zones of exposure by time-weighting

Figure E.1 shows zones with assessed levels of unweighted exposure. For a wavelength of 254 nm, $S(\lambda) = 0,5$, so the weighted values are half those given in Figure E.1. In this case a time-motion study provided a maximal standing duration of 1 h in one day, so a 1-h TWA at eye level of 1,8 m was assessed; whereas there were seated positions (eye level 1,3 m above the floor) that required an 8-h (not to exceed the emission limit for RG-0) limit for the effective irradiance of $1 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$. However, the lamp product remains RG-3.

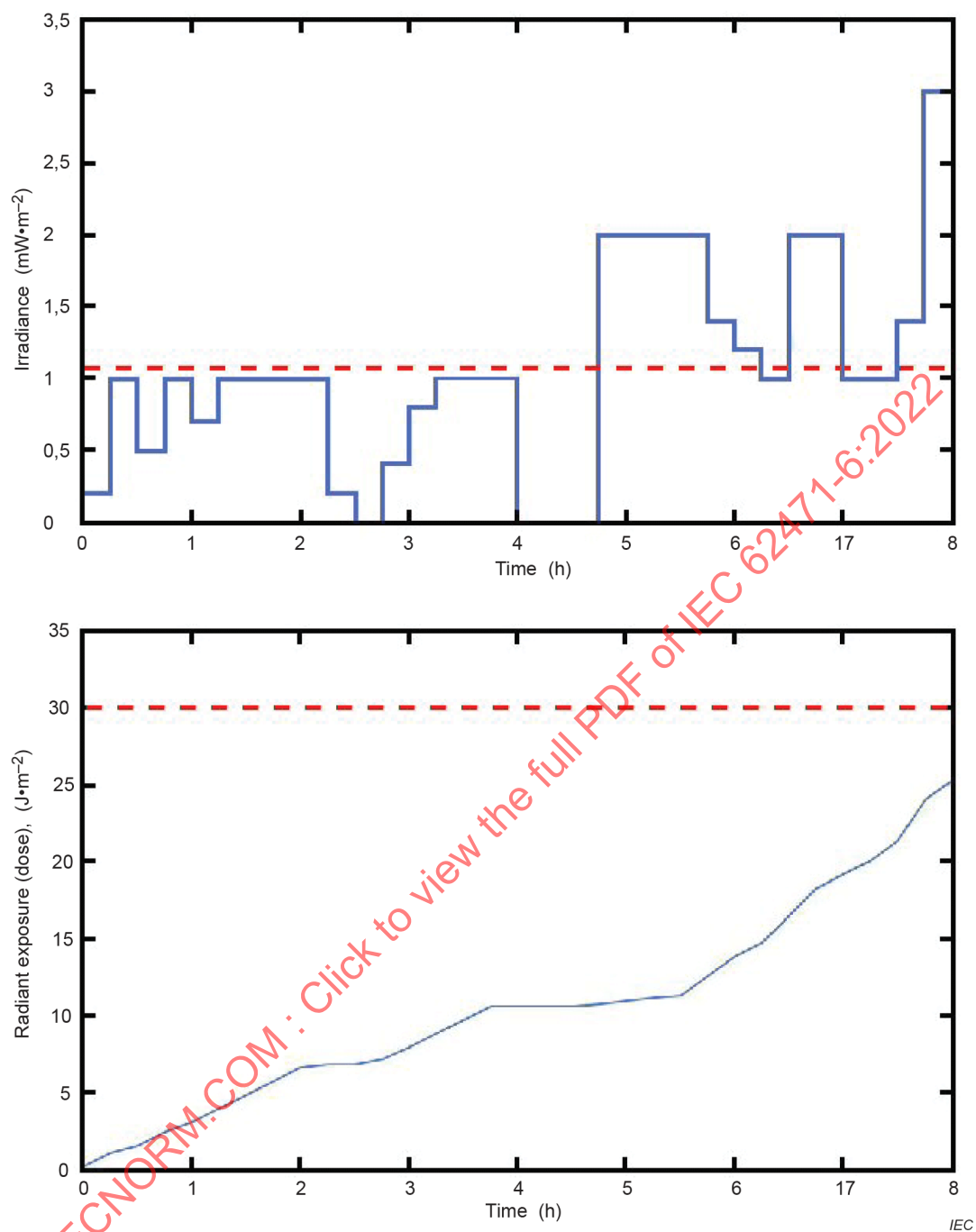


Figure E.2 – Time-weighted averaging (TWA) over an 8 h period

The top panel of Figure E.2 shows the actual irradiance pattern during a day for an individual in a GUV setting. The bottom panel shows the accumulated radiant exposure (photobiological “dose”) over the same time period. The horizontal dashed line in the upper panel has been moved up slightly above $1 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ for clarity of the figure.

E.3 Field radiometric measurements for final acceptance testing of a GUV installation

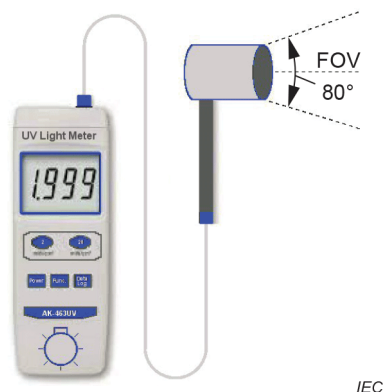


Figure E.3 – Field GUV safety meter with 80° full field of view

For final acceptance testing, field-portable radiometers with 80° field of view (FOV) are best used to assure that lower-room irradiance values are below acceptable levels. The measurement uncertainties (such as wavelength calibration, field of view, instrument noise, out-of-band stray light and ambient illumination) should be added to the measured reading. See Figure E.3. Instruments used to assess the irradiance should have sufficient sensitivity to measure the lowest applicable TWA irradiance value.

Annex F (informative)

Upper room GUV – Background and rationale to achieve safety

F.1 General

This Annex applies to GUV products used in upper-room and whole-room air disinfection. Whole-room and upper-room GUV provide the primary example of widespread use of RG-3 UV lamp products. Upper-room GUV is intended to disinfect the air in the upper room above an occupied space; whereas, whole-room GUV irradiates all space in the room, but means exist to preclude direct human exposure above applicable limits by means of limiting emission into occupied areas by design or by proximity sensors and similar means. This annex reviews the products that have the potential for human exposure if not properly installed and provides the rationale for manufacturer requirements. It is intended to guide manufacturers, particularly when developing safe upper-room GUV products where the source is RG-3.

F.2 Product goals

The goal for the GUV product manufacturer requirements of this document has been to minimize the production of faulty “UV luminaires” (the term currently used by several standards committees for upper-air GUV products) that will make it difficult for installers to improperly install, and thereby place occupants needlessly at risk. The great challenge faced here, has been that past experience over more than half a century (First *et al.*, 2005) demonstrates that accidental overexposures of room occupants occur in almost all cases as a result of incorrect installation without effective final acceptance safety evaluation on-site. Hence the goal of this document has been to provide minimal requirements for UV-luminaire manufacturers to produce UV luminaires that are readily and properly installed to prevent these hazardous situations. Currently, the installer is responsible for the final commissioning process (final acceptance testing) once the UV luminaires are positioned in the desired mounting based upon the room layout and air circulation patterns. Thus, requirements and testing of a manufacturer’s GUV product are really limited to only the UV emission to assure that potentially hazardous direct UV irradiances do not fall into the occupied space after installation. The manufacturer cannot control the proper installation by the user or installer. Therefore, any manufacturer requirements and associated measurements are basically only testing the ability of the luminaire, if properly installed. Upper-room GUV luminaires should adequately collimate the emitted radiant energy within the irradiation zone. The test protocol in this document is to ensure that manufacturers understand what they need to do to ensure safety as well as to ensure uniformity between testing laboratories.

F.3 Product test measurement conditions

F.3.1 General

Test room dimensions need to be specified, since ceiling reflections and wall reflections and size/extent of the room should not limit the effective range of the “ray lengths.” It is recommended that the test room should have a very high ceiling to permit testing of a range of designs. For well-collimated designs intended for low ceiling applications, the beam will not produce significant ceiling reflections and in any case this is a major factor for the installer to test. The ceiling height should be at least 6 m to accommodate semi-open fixtures (as employed in some warehouses or large, high-ceiling retail stores). The length of the testing room should be at least 12 m, based upon experience in final acceptance testing of UV luminaires in situ. The fixture should be sufficiently above the floor to perform the needed lower-room measurements and sufficiently high to avoid floor reflections (if not tested with the fixture base at the intended minimal height of the UV luminaire base at 6,1 m). There should be a minimal room width of 6 m, but preferably at least 9 m wide. These minimal testing room dimensions are based on measurements of side emissions in actual installations.

F.3.2 Elevation plane for radiometric measurements

Where to take measurements is clearly specified. The height above the floor for measurements to perform the below-axis UV-C radiometric measurements for safety shall be 1,8 m, since the 99th -percentile for standing eye height is ~1,75 m to 1,8 m (thus, 1,8 m to be more conservative) height above the floor.

F.3.3 Test grid for measurements

A test grid is specified as an initial sample. For example the horizontal plane at 1,8 m above the floor is most typically divided into a grid with 0,5 m spacing, although the testing laboratory based on experience with a given UV luminaire can adjust the actual number of measurements.

F.3.4 Detector acceptance angle (field-of-view)

The detector FOV/orientation(s) should be specified for acceptance testing. The ICNIRP UV exposure guidelines and 5.1 (Note 3) of IEC 62471:2006 specify that the irradiance should be measured with an 80° cone ($\pm 40^\circ$) field of view (FOV). Although in a final test after installation ceiling reflections are tested with a vertical orientation, this is not the objective for the testing laboratory, which should orient the cone of acceptance toward the UV luminaire, which will be the worst-case assessment in the laboratory.

NOTE ACGIH increased some UV-C limits below 250 nm in 2022, but these changes are not considered in this document.

F.3.5 Instrument performance specifications

The performance specifications of the radiometric detector and meter should be provided in any testing report. If a broad-band meter is used, it should be fully characterized to provide the $S(\lambda)$ -weighted irradiance for the lamp spectrum tested. For example, a low-pressure mercury vapour lamp emission is dominated by 254 nm where $S(\lambda)$ is 0,5; hence the daily irradiance limit of $0,1 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$) effective is actually $0,2 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($2 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$) when unweighted.

Means of calibrating the portable meter used in testing could be provided based upon spectroradiometric measurements for the type of lamp that are then spectrally weighted to provide a transfer calibration for the field-test meter.

F.4 GUV luminaires

F.4.1 Adjustable UV luminaires

Adjustable UV luminaires are most desirable to permit flexible installation by competent persons to assure maximal emission into the upper room and safe levels below 1,8 m. From the installer's point-of view, some current testing proposals to test upper-room UV luminaires in a fixed position with a 1° downward direction creates a difficult luminaire to safely install. Such a testing proposal can have an unintended consequence for safety. In actual use experience, adjustable baffles (i.e., louvers) and/or reflectors or output power, have been designed by manufacturers to aid the installer in making final adjustment to ensure safety. If these directional adjustment features are tested in a worst-case downward fashion, they defeat the intent and destroy the safety value for the installer. This document recommends an adjustment of at least 5° to 10° to ensure adequate safety in the lower room. The flexibility can also be useful to avoid reflections from objects in the irradiation space. The manufacturer test should be performed in the "neutral position" with a 1° downward direction unless the UV luminaire has a self-leveling feature.

F.4.2 Interlock safeguards on removable baffles

Interlocks are required to inactivate the UV-C lamp when baffles or safeguards are removed for lamp exchange.

F.4.3 Labelling requirements

Additional marking and instructions require only the appropriate label for the product and contradictory labeling should be avoided.

Experience shows that multiple, conflicting warnings – even though intended for different readers – can produce a negative reaction by the user that does not serve the interest of safety.

F.4.4 Efficacy and information for the user

The wavelength(s) and irradiance at 1 m from the UV luminaire is to be specified to aid the user to estimate efficacy for a given bioaerosol. The efficacy of some GUV products have been highly criticized by public health experts. The public health concern has been that buyers and installers might read that a product is certified to meet IEC safety requirements, but could also be quite ineffective. It should be clearly specified that a safety certification does not imply effectiveness. For example, if a buyer of a “germicidal UV product” were to purchase a UV-A luminaire with an efficacy of one log disinfection/day, they might think it equivalent to a UV-C product that provides one-log disinfection every 10 min. A GUV product that primarily emits in the UV-B or UV-A has been shown to be ineffective for air disinfection: the primary emission should be limited to 200 nm to 280 nm.

F.5 Acceptance testing

F.5.1 Scope of the installation acceptance testing

The actual risk may depend on the wavelength and intended use and consideration should be given to the differences between intense UV-C sources and other products. There is a need to consider more than one category of GUV upper-room UV luminaire depending on the design and size of the room. The required radiometric tests may differ by category (e.g. Table 3 or Table 4).

F.5.2 Time-weighted averaging

Realistic, reasonably foreseeable exposure conditions are to be reflected in any manufacturer's testing. The important photobiological risk assessment depends upon the time-weighted average (TWA) exposure, and an assumption of a lengthy, 8 h continuous exposures in a standing position, facing the UV luminaire may be unreasonable for some products (see ACGIH:2022 and ISO 15858). The manufacturer's instructions should provide examples of how an installer would assess the TWA exposure and properly interpret the ACGIH TLV or ICNIRP EL (essentially equivalent in the UV-C for low pressure mercury lamps). The use of these guidelines or standards by the installer may be recommended in the users' manual.

NOTE ACGIH increased some UV-C limits below 250 nm in 2022, but these changes are not considered in this document.

F.6 Reference documents

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019, *ASHRAE Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Applications*, SI Edition. Chapter 62, Ultraviolet Air and Surface Treatment, Table 3, Suggested UVC Fixture Mounting Heights. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers

First, MW, Weker, RA, Yasui, S and Nardell, EA, Monitoring human exposures to upper-room germicidal ultraviolet irradiation, *J Occup Environ Hyg.*, 2005, May;2(5):285-92. doi: 10.1080/15459620590952224

National Fire Protection Association, 2020, *NFPA 70, National Electric Code 2020*, Clauses 320.23(A), 394.23(A), 398.15(C) and 411.6(C), Quincy, MA: National Fire Protection Association

Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, *National Health and Nutrition Survey (NHANES)*. (2007-8), Table 205, Cumulative Percent Distribution of Population by Height and Sex: 2007 to 2008. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention,
[https://www2.census.gov/library/publications/2010/compendia/statab/130ed/table s/11s0205.pdf](https://www2.census.gov/library/publications/2010/compendia/statab/130ed/table%20s/11s0205.pdf)

The Eastman Kodak Company, 2003, *Ergonomic design for people at work*, 2nd Edition, New York, NY: John Wiley and Sons, Inc., DOI:10.1002/9780470172469

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2022, TLVs and BEIs: Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Ultraviolet Radiation. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

ISO 15858:2016, *UV-C devices – Safety information – Permissible human exposure*

Illuminating Engineering Society, 2021, Recommended Practice UVGI, *IES standard RP 44*, New York, the Illuminating Engineering Society

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Bibliography

IEC 60050-845:2020, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 845: Lighting*

IEC 61010-2-040, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 2-040: Particular requirements for sterilizers and washer-disinfectors used to treat medical materials*

IEC 61228, *Fluorescent ultraviolet lamps used for tanning – Measurement and specification method*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 62035:2014, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications*
IEC 62035:2014/AMD1:2016

IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety-related control systems*

IEC 62368-1:2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements*

ISO 13849 (all parts): *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

ISO/CIE 17166:2019, *Erythema reference action spectrum and standard erythema dose*

ISO/CIE 28077:2016, *Photocarcinogenesis action spectrum (non-melanoma skin cancers)*

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP):2004, *Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)*, *Health Physics*, 87(2):171-186

CIE 174, *Action Spectrum for the Production of Previtamin D3 in Human Skin*, ISBN: 978-3-901906 50 3, 2006, Vienna

CIE 201, *Recommendations on minimum levels of solar UV exposure*, ISBN: 978-3-902842-39-8, 2011, Vienna

CIE 219, *Maintaining summer levels of 25(OH)D during winter by minimal exposure to sunbeds: requirements and weighing the advantages and disadvantages*, ISBN: 978-3-902842-31-2, 2016, Vienna

CIE S 017/E:2020, ILV, *International Lighting Vocabulary*, 2nd Edition

CIE 220:2016, *Characterization and calibration methods of UV radiometers*

Claus, H., *Ozone Generation by Ultraviolet Lamps*, *Photochem. Photobiol*, 2021, doi: 10.1111/php.13391

CDC/NIOSH Publication No. 2009-105, *Basic Upper-Room Ultraviolet Germicidal Irradiation Guidelines for Healthcare Settings*

WHO, 1994 *Ultraviolet radiation*, Environmental health criteria: 160, ISBN 92 4 157160 8, Geneva (<https://incchem.org/documents/ehc/ehc/ehc160.htm>)

WHO, 2017 *Artificial tanning devices: Public health interventions to manage sunbeds*, ISBN 978-92-4-151259-6, Geneva

United States Code of Federal Regulations, Title 21, Chapter I, Subchapter J, 21 CFR 1040.20, *Sunlamp products and ultraviolet lamps intended for use in sunlamp products*, Washington, DC

Dowdy JC, Sayre RM, Photobiological safety evaluation of UV nail lamps, *Photochem Photobiol.*, 2013 Jul-Aug;89(4):961-7, doi: 10.1111/php.12075

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	56
INTRODUCTION	58
1 Domaine d'application	59
2 Références normatives	59
3 Termes et définitions	60
4 Groupes de risques appliqués pour l'évaluation de la sécurité des appareils à lampes ultraviolettes	63
4.1 Base de détermination des groupes de risques pour la sécurité des rayonnements optiques	63
4.2 Critères d'évaluation (Contexte) pour les appareils à lampes UV	64
5 Mesurages permettant de déterminer le groupe de risques applicable	65
5.1 Généralités	65
5.2 Éclairement énergétique moyen pondéré dans le temps	66
5.3 Conditions d'évaluation des groupes de risques	66
5.3.1 Conditionnement de la sortie maximale	66
5.3.2 Distances de mesure et d'évaluation des appareils à lampes UV	66
5.3.3 Distances d'évaluation des groupes de risques	67
5.3.4 Appareils à dose limitée	70
5.3.5 Appareils destinés à exposer la peau ou les yeux	70
6 Exigences techniques pour les appareils UV RG-2 et RG-3	70
6.1 Généralités	70
6.2 Capot de protection	71
6.2.1 Généralités	71
6.2.2 Boîtiers	71
6.2.3 Ouvertures, panneaux et portes	71
6.3 Appareils RG-2 et RG-3	72
6.3.1 Généralités	72
6.3.2 Capteur de proximité	72
6.3.3 Contrôle de l'orientation	72
6.3.4 Alignement des luminaires germicides à UV en partie supérieure des salles	72
6.3.5 Minuterie de mise en marche retardée	72
6.3.6 Contrôle du temps d'exposition/arrêt automatique	73
6.4 Avertissement sur les émissions	73
6.5 Fiabilité	73
6.6 Contrôles des émissions	73
6.6.1 Généralités	73
6.6.2 Arrêt des émissions	73
6.6.3 Commande à clé	73
7 Informations et étiquetage – Exigences du fabricant	74
7.1 Généralités	74
7.2 Guide de l'utilisateur	74
7.3 Étiquetage des lampes UV	74
7.4 Étiquetage des appareils à lampes UV	75
7.4.1 Appareils à lampes UV RG-0	75
7.4.2 Appareils à lampes UV RG-1	75
7.4.3 Appareils à lampes UV RG-2	75

7.4.4	Appareils à lampes UV RG-3	75
7.5	Manuel d'utilisation	76
7.5.1	Généralités	76
7.5.2	Mesures de réduction des risques	76
7.5.3	Utilisation limitée	77
7.6	Entretien et maintenance	77
Annex A	(informative) Applications courantes des appareils à lampes UV	78
A.1	Contexte	78
A.2	Applications des appareils à lampes UV	78
A.2.1	Sources de lumière noire dans le proche-UV (UV-A) pour visualiser les pigments fluorescents	78
A.2.2	Appareils à lampes appât pour insectes dans le proche-UV (UV-A)	78
A.2.3	Appareils à lampes germicides à UV (UV-C)	79
A.2.4	Durcissement et traitement des ongles par UV	80
A.2.5	Sources UV médicales et dentaires	80
Annex B	(informative) Effets biologiques potentiellement dangereux	81
B.1	Contexte	81
B.2	Effets biologiques aigus néfastes de l'irradiation ultraviolette	81
B.2.1	Photokératite et photoconjonctivite	81
B.2.2	Documents de référence sur l'UV et la cornée	82
B.2.3	Érythème ("coup de soleil")	82
B.2.4	Documents de référence sur l'érythème	82
B.3	Effets biologiques néfastes de l'exposition chronique à l'irradiation ultraviolette	83
B.3.1	Cancer de la peau	83
B.3.2	Documents de référence sur le cancer de la peau	84
B.3.3	Ptérygion et pinguecula	84
B.3.4	Documents de référence sur le ptérygion et la pinguecula	84
B.3.5	Cataracte	85
B.3.6	Documents de référence sur la cataracte	85
B.3.7	Kératopathie du Labrador	85
B.3.8	Documents de référence sur la cornée	86
B.3.9	Effets visuels de l'exposition aux UV-A – Fluorescence du cristallin	86
B.3.10	Photorétinite – ou maculopathie photique (danger de la lumière bleue)	86
B.3.11	Documents de référence sur les effets biologiques rétiens-photochimiques	87
Annex C	(informative) Mesurage des appareils à lampes ultraviolettes	88
C.1	Généralités	88
C.2	Radiomètres	88
C.3	Spectroradiomètres	88
C.4	Optique d'entrée	89
C.5	Approche par spectroradiomètre-radiomètre	89
C.6	Distance de mesure par rapport à la distance d'évaluation	90
C.6.1	Généralités	90
C.6.2	Approche par spectroradiomètre	90
C.6.3	Approche par radiomètre	90
C.7	Documents de référence	91
Annex D	(informative) Fonction de pondération spectrale $S(\lambda)$ de 180 nm à 400 nm pour l'évaluation du danger lié aux rayonnements actiniques	92

Annex E (informative) Exemples de classification par groupes de risques à l'aide du concept de la TWA d'une émission spectralement pondérée	95
E.1 Pondération spectrale pour déterminer l'éclairement énergétique efficace à l'aide de $S(\lambda)$	95
E.2 Pondération temporelle d'une exposition	95
E.3 Mesurages radiométriques sur le terrain pour l'essai de réception finale d'une installation GUV	98
Annex F (informative) GUV en partie supérieure d'une salle – Contexte et justification en matière de sécurité	99
F.1 Généralités	99
F.2 Objectifs des appareils	99
F.3 Conditions de mesure pour les essais des appareils	99
F.3.1 Généralités	99
F.3.2 Plan d'élévation pour les mesurages radiométriques	100
F.3.3 Grille d'essai pour les mesurages	100
F.3.4 Angle d'acceptance du détecteur (champ de vision)	100
F.3.5 Spécifications des performances de l'instrument	100
F.4 Luminaires GUV	101
F.4.1 Luminaires UV réglables	101
F.4.2 Dispositifs d'interverrouillage des déflecteurs amovibles	101
F.4.3 Exigences d'étiquetage	101
F.4.4 Efficacité et informations destinées à l'utilisateur	101
F.5 Essai de réception	101
F.5.1 Domaine d'application des essais de réception de l'installation	101
F.5.2 Moyenne pondérée dans le temps	102
F.6 Documents de référence	102
Bibliographie	103
Figure 1 – Fondée sur le graphique 6040 de la lampe UV à l'intérieur d'un triangle tiré de l'IEC 60417	76
Figure 2 – Étiquettes alternatives pour fournir des informations supplémentaires sur les lampes UV à bande étroite	76
Figure B.1 – Spectre d'action normalisé de la CIE pour le NMSC	83
Figure B.2 – Comparaison semi-logarithmique des trois spectres d'action (ICNIRP $S(\lambda)$: ligne continue; McKinlay, Diffey érythème: ligne de tirets; NMSC: ligne pointillée)	84
Figure C.1 – Configuration des mesurages de l'éclairement énergétique ou de l'éclairement énergétique spectral	89
Figure E.1 – Exemple de méthode utilisée par le préventeur du travail pour déterminer différentes zones d'exposition par pondération temporelle	96
Figure E.2 – Moyenne pondérée dans le temps (TWA) sur une durée de 8h	97
Figure E.3 – Appareil de mesure pour la sécurité du GUV sur site avec un champ de vision de 80°	98
Tableau 1 – Limites d'émission pour les groupes de risques relatifs à l'éclairement énergétique moyen pondéré dans le temps	66
Tableau 2 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les appareils à usage ^a non restreint	68
Tableau 3 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les appareils à usage restreint destinés à être utilisés par des personnes averties	69

Tableau 4 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les lampes ou les appareils à lampes destinés à être utilisés par des professionnels, des personnes compétentes	70
Tableau D.1 – Valeurs de la fonction de pondération spectrale $S(\lambda)$ espacées de 1 nm	92

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ PHOTOBIOLOGIQUE DES LAMPES ET DES APPAREILS UTILISANT DES LAMPES –

Partie 6: Appareils à lampes ultraviolettes

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 62471-6 a été établie par le comité d'études 76: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

FDIS	Rapport de vote
76/714/FDIS	76/718/RVD

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

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

déclarations de conformité: caractères italiques.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62471, publiées sous le titre général *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

INTRODUCTION

La plupart des lampes et appareils utilisant des lampes sont sans danger et ne présentent pas de risques photobiologiques, sauf dans des conditions d'exposition inhabituelles. Cependant un groupe d'appareils (les appareils à lampes ultraviolettes) peut, dans certaines conditions, présenter des dangers optiques pendant leur utilisation et exiger une appréciation du risque pour l'exposition directe et indirecte pour les yeux et la peau. Les dangers de rayonnement optique en provenance de tous les types de lampes ou autres sources de lumière à bande large sont évalués par l'application de l'IEC 62471:2006/CIE S009:2002. L'IEC 62471 couvre les diodes électroluminescentes (LED – light emitting diodes), les lampes à incandescence, les lampes à décharge dans un gaz à haute et à basse pression, les lampes à arc et d'autres types de lampes. Elle couvre également les lampes conçues principalement pour émettre de l'énergie rayonnante ultraviolette, telles que les sources d'ultraviolets destinées à exciter la fluorescence des matériaux irradiés, aux pièges lumineux à insectes, aux études scientifiques, à l'identification des minéraux, aux essais non destructifs, à l'irradiation germicide et autres.

Le présent document fournit un système de classification par groupes de risques (RG) pour tous les appareils à lampes ultraviolettes, ainsi que les distances d'évaluation et les conditions de mesure pour les différents appareils (Annex A et Annex C). Elle inclut les exigences de fabrication et de sécurité de l'utilisateur qui peuvent être exigées par suite de l'affectation d'un groupe de risques particulier à un appareil à lampes ultraviolettes. Le domaine d'application est limité aux appareils dont le seul objet est d'émettre de l'énergie rayonnante ultraviolette. L'avantage d'appliquer le présent document, destiné uniquement aux appareils à lampes ultraviolettes, au lieu de la norme horizontale IEC 62471, réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire d'évaluer les risques liés aux rayonnements optiques visibles et infrarouges à l'aide du présent document, car ils sont par hypothèse insignifiants pour une lampe qui émet principalement des UV. Le groupe de risques affecté à un appareil à lampes ultraviolettes en utilisant le présent document peut également être utilisé pour faciliter les appréciations nécessaires du risque, par exemple dans le cas de l'exposition professionnelle sur les lieux de travail.

SÉCURITÉ PHOTOBIOLOGIQUE DES LAMPES ET DES APPAREILS UTILISANT DES LAMPES –

Partie 6: Appareils à lampes ultraviolettes

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62471 spécifie les exigences de sécurité des rayonnements optiques pour les appareils à lampes ultraviolettes, y compris les appareils à lampes LED UV.

Le présent document fournit des exigences pour:

- l'évaluation de la sécurité des rayonnements optiques et les groupes de risques des appareils ultraviolets;
- les informations destinées à l'utilisateur sur les mesures de sécurité;
- l'étiquetage approprié des appareils à lampes ultraviolettes.

Le présent document traite des lampes et des appareils utilisant des lampes dont l'émission d'ultraviolets sert l'objectif principal de l'appareil et dont plus de la moitié de la puissance rayonnante émise entre 180 nm et 3 000 nm se trouve dans la région spectrale comprise entre 180 nm et 400 nm. Si plus de la moitié du rayonnement optique émis entre 180 nm et 3 000 nm est en dehors de la région spectrale comprise entre 180 nm et 400 nm, il convient d'utiliser la norme de base IEC 62471. Le présent document couvre les dispositifs/appareils cosmétiques et de diagnostic médical qui émettent principalement des rayonnements UV.

Étant donné que les effets photobiologiques du rayonnement UV reposent sur l'exposition totale accumulée (dose) reçue, le présent document repose sur le concept d'expositions "moyennes pondérées dans le temps" où la distance d'évaluation qui permet de déterminer le RG est choisie en fonction des distances d'exposition et des durées d'exposition réalistes. En d'autres termes, l'exposition des personnes à des distances très proches (par exemple, 20 cm à 30 cm) n'est pas prévue, pendant des périodes prolongées. Le présent document est nécessaire pour fournir des distances d'évaluation et des recommandations spécifiques qui sont réalistes et propres à l'application plutôt que les valeurs plus générales de l'IEC 62471 dans laquelle l'application spécifique est inconnue et les expositions moyennes pondérées dans le temps ne sont pas propres à l'application.

Le présent document ne fournit pas d'exigences pour:

- les lampes qui émettent principalement de l'énergie rayonnante visible (tels que les sources d'éclairage général (GLS – general lighting sources)) et/ou infrarouge;
- les appareils à lampes utilisés pour l'éclairage général ou l'éclairage infrarouge ou le chauffage, qui sont traités dans des normes séparées;
- les lampes fluorescentes à ultraviolet utilisées pour le bronzage (couvertes par l'IEC 60335-2-27 et l'IEC 61228);
- les dispositifs/appareils de traitement médical (voir IEC 60601-2-57), mais elle couvre les appareils de diagnostic médical qui émettent des UV;
- les dangers de non optique, par exemple l'ozone, le mercure, etc.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule

l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60335-2-27, *Appareils électrodomestiques et analogues – Sécurité – Partie 2-27: Exigences particulières pour les appareils d'exposition de la peau aux rayonnements optiques*

IEC 60417:2002, *Graphical symbols for use on equipment – 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417* (disponible en anglais seulement)

IEC 60601-2-57, *Appareils électromédicaux – Partie 2-57: Exigences particulières pour la sécurité de base et les performances essentielles des appareils à source de lumière non-laser prévus pour des utilisations thérapeutiques, de diagnostic, de surveillance et de cosmétique/esthétique*

IEC 61549, *Lampes diverses*

IEC 62471:2006/CIE S009:2002, *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

ISO 7010, *Symboles graphiques – Couleurs de sécurité et signaux de sécurité – Signaux de sécurité enregistrés*

ISO 15004-2, *Instruments ophtalmiques – Exigences fondamentales et méthodes d'essai – Partie 2: protection contre les dangers de la lumière*

CIE 247:2021, *Guide for the Gonioradiometric Measurement of Upper Air Ultraviolet Germicidal Irradiation Luminaires*, ISBN 978-3-902842-19-0, Vienna

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

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

3.1

UV actinique

rayonnement UV capable de produire un effet photochimique

Note 1 à l'article: Dans le contexte du présent document, les effets biologiques ont un spectre d'action démontré, $S(\lambda)$, et se réfèrent plus particulièrement aux effets des UV-B et des UV-C, par exemple, l'érythème UV (rougissement de la peau), la photokératite UV ("coup d'arc" ou "ophtalmie des neiges"), etc. Voir également l'Annex B.

3.2

distance d'évaluation

distance utilisée pour déterminer la classification par groupes de risques d'une lampe ou d'un appareil utilisant des lampes

Note 1 à l'article: La distance d'évaluation du groupe de risques tient compte de l'exposition TWA (éclairage énergétique variable, distances et durées d'exposition).

Note 2 à l'article: Il s'agit généralement de la distance entre le point d'accès le plus proche à l'émission par des êtres humains et le point d'évaluation ou de mesure.

3.3

danger de la lumière bleue

possibilité de lésion rétinienne induite photochimiquement par une exposition aux rayonnements à des longueurs d'onde principalement comprises entre 400 nm et 500 nm

Note 1 à l'article: Ce mécanisme de dommage prévaut sur les mécanismes de dommage thermiques pour des durées d'observation de la lumière visible intense pendant plus de 10 s, mais il constitue rarement une préoccupation pour les lampes UV (sauf si la lampe de base est une lampe à arc).

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-26-055]

3.4

personne compétente

personne qui peut faire preuve d'une combinaison de connaissances et de savoir-faire pour effectuer des activités spécifiques de manière efficace, efficiente et en toute sécurité

3.5

consommateur

personne qui achète ou emploie des biens et des services pour son usage personnel

Note 1 à l'article: Les consommateurs comprennent non seulement les utilisateurs de l'appareil à lampes à ultraviolets, mais aussi toutes les personnes qui peuvent y avoir accès ou se retrouver dans ses environs.

Note 2 à l'article: Ils sont également appelés "personnes ordinaires" dans l'IEC 62368-1.

3.6

lieu à accès contrôlé

lieu pour lequel une mesure de contrôle technique et/ou administratif est établie afin d'en restreindre l'accès au seul personnel autorisé ayant reçu une formation appropriée en matière de sécurité

3.7

appareil à dose limitée

appareil pour lequel l'exposition rayonnante (dose) émise est limitée par le temps ou par la surveillance effective des expositions à la distance d'évaluation, à un niveau déterminé pendant n'importe quel jour

Note 1 à l'article: La limite d'émission est exprimée en J/m^2 .

3.8

limite d'émission

limite définie pour chaque groupe de risques, fondée sur des conditions raisonnablement prévisibles d'exposition moyenne pondérée dans le temps (TWA – time-weighted average)

Note 1 à l'article: La limite d'émission intègre à la fois le concept de durée d'exposition et de distance d'exposition variable et est dérivée des limites d'exposition; cependant, la distance d'évaluation du groupe de risques intègre l'exposition TWA.

3.9

source d'éclairage général

GLS

terme général pour les lampes, nominale de couleur "blanche", destinées à l'éclairage d'espaces qui sont généralement occupés ou observés par les individus

Note 1 à l'article: Voir l'IEC 62471 pour les exigences applicables.

Note 2 à l'article: Le présent document ne couvre pas les lampes GLS ou les appareils à lampes GLS.

Note 3 à l'article: L'abréviation "GLS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "general lighting source".

3.10

appareil à lampes germicides

tout appareil à lampes UV conçu pour désinfecter par irradiation germicide à ultraviolets (UVG – ultraviolet germicidal) afin d'inactiver les micro-organismes de sorte qu'ils ne soient plus capables de se reproduire et de provoquer des effets néfastes sur la santé

3.11

personne avertie

personne qui a été formée et entraînée par une personne compétente, ou qui est supervisée par une personne compétente, pour identifier les sources d'ultraviolets qui peuvent provoquer des douleurs ou des blessures et pour prendre les précautions afin d'éviter toute exposition involontaire à ces sources

[SOURCE: IEC 62368-1:2018, 0.2.3, modifié afin d'employer "personne compétente" à la place de "personne qualifiée"]

3.12

utilisation prévue

utilisation d'un produit, d'un procédé ou d'un service conformément aux spécifications, instructions et informations données par le fabricant ou le fournisseur

3.13

lampe UV

lampe électrique ou lampe à diode électroluminescente (LED) qui produit un rayonnement particulièrement intense dans l'ultraviolet, le rayonnement visible éventuellement produit n'étant pas directement recherché

Note 1 à l'article: Il existe différents types de lampes ultraviolettes utilisées à des fins photobiologiques, photochimiques et biomédicales.

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-27-091, modifié: suppression de la Note 2 à l'article et ajout de "lampe LED" (845-27-054)]

3.14

appareil à lampes UV

appareil équipé d'une ou de plusieurs lampes UV, y compris les accessoires, et les éventuels filtres, dont l'émission d'ultraviolets est l'objectif premier de l'appareil à lampes et dont plus de la moitié du rayonnement optique émis entre 180 nm et 3 000 nm se trouve dans la région spectrale comprise entre 180 nm et 400 nm

3.15

luminaire UV

appareil servant à répartir, filtrer ou transformer l'énergie rayonnante ultraviolette d'une ou de plusieurs sources de rayonnement optique et qui comprend, à l'exclusion des sources elles-mêmes, toutes les pièces nécessaires pour fixer et protéger les sources et, si nécessaire, les circuits auxiliaires ainsi que les dispositifs de connexion à l'alimentation électrique

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-30-001, modifié pour inclure "UV"]

3.16

appareil à lampes de photopolymérisation

appareil à lampes qui utilise généralement des UV-A pour photopolymériser des polymères liquides à l'état solide

Note 1 à l'article: Des exemples comprennent la photopolymérisation des encres liquides pendant l'impression ou le durcissement rapide des produits en plastique.

3.17

exposition moyenne pondérée dans le temps

exposition TWA

dose d'exposition cumulée moyenne sur une période donnée (normalement, toute période comprise entre 30 000 s et environ 8 h) divisée par la durée d'exposition pour fournir un éclairage énergétique efficace pour à la fois des distances et des durées variables

Note 1 à l'article: La TWA est essentielle dans l'examen des expositions prolongées aux dangers de l'ultraviolet, puisque les distances d'exposition variables à différents éclairages énergétiques et différentes durées déterminent les expositions raisonnablement prévisibles les plus défavorables (pour les dangers photochimiques) qui correspondent donc à l'éclairage énergétique mesuré/calculé à une distance spécifiée pour la détermination du RG (analogue à la distance d'évaluation de 500-lx pour les lampes GLS). Voir l'Annex E.

Note 2 à l'article: L'abréviation "TWA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "time-weighted average".

3.18

rayonnement ultraviolet

rayonnement optique dans la plage de longueurs d'onde comprise entre 100 nm et 400 nm

Note 1 à l'article: La plage pour l'UV-C s'étend de 100 nm à 280 nm, l'UV-B de 280 nm à 315 nm et l'UV-A de 315 nm à 400 nm.

Note 2 à l'article: Le rayonnement ultraviolet à des longueurs d'onde inférieures à 180 nm est considéré, aux fins du présent document, comme un rayonnement ultraviolet dans le vide et n'est pas inclus dans le domaine d'application.

[SOURCE: IEC 60050-845:2020, 845-21-008, modifié: Notes 2 à 5 à l'article supprimées et nouvelle Note 2 ajoutée.]

3.19

éclairage de fluorescence UV

toute lampe UV-A conçue pour éclairer et exciter la fluorescence afin de permettre une meilleure visualisation de la matière

Note 1 à l'article: Les exemples incluent les éclairages de fluorescence "lumière noire", les lampes UV-A de lecture des codes de sécurité utilisées dans la détection des faux billets, les applications médicales, etc.

4 Groupes de risques appliqués pour l'évaluation de la sécurité des appareils à lampes ultraviolettes

4.1 Base de détermination des groupes de risques pour la sécurité des rayonnements optiques

L'IEC 62471/CIE S009 spécifie la méthode fondamentale qui permet de déterminer le groupe de risques propre à toute lampe individuelle, ainsi que la condition de mesure par défaut qui permet de déterminer le groupe de risques propre à toute lampe ou à tout appareil intégrant une lampe, à moins qu'une norme verticale (d'application spécifique) contenant des conditions de mesure pour son application spécifique n'existe. Les groupes de risques définis dans l'IEC 62471 indiquent le degré de risque dû aux dangers potentiels de rayonnement optique et réduisent le plus possible la nécessité de mesurages supplémentaires. Les groupes de risques ont été élaborés sur la base de décennies d'expérience en matière d'utilisation de lampes et de l'analyse des lésions accidentelles liées aux émissions de rayonnement optique (pour lesquelles les lésions étaient généralement relativement assez rares, sauf celles dues aux lampes à émission de rayons ultraviolets ou aux lampes à arc). Les groupes de risques servent également à déterminer les mesures appropriées pour la gestion des risques. Il existe quatre groupes de risques de base:

- Le groupe sans risque (RG-0) pour lequel aucun danger optique n'est considéré comme raisonnablement prévisible, même pour une utilisation continue non restreinte. Des exemples typiques sont les petites lampes LED UV-A et les lampes fluorescentes UV-A utilisées dans les éclairages de fluorescence ultraviolette ou dans les pièges lumineux à insectes domestiques;

- Les appareils qui appartiennent au groupe de risques 1 (RG-1) sont sans danger pour la plupart des applications, sauf lorsque des expositions oculaires directes de longue durée peuvent se produire. Les appareils à lampes du groupe de risques 1 comprennent par exemple, certaines torches UV-A à piles (lampes de poche) ou de grands pièges lumineux à insectes en milieu industriel;
- Les appareils qui appartiennent au groupe de risques 2 (RG-2) ne présentent généralement pas de danger optique réaliste en raison de l'éblouissement gênant dû à la fluorescence du cristallin ou d'expositions prolongées non réalistes. Des exemples comprennent certains accessoires germicides à UV-C;
- Les appareils qui appartiennent au groupe de risques 3 (RG-3) présentent un danger potentiel même pour des expositions de très courte durée à une distance proche et les exigences concernant la sécurité des appareils sont généralement essentielles. Il s'agit, par exemple, des appareils à lampes solaires (IEC 60335-2-27), des appareils à lampes à vitamine D et les appareils à lampes germicides à UV-C sans enveloppe.

L'IEC 62471 ne fournit pas de recommandations sur les exigences de fabrication et les mesures de contrôle. Ces questions sont traitées dans des normes verticales d'application spécifique, telles que le présent document. Les exigences d'étiquetage et les informations destinées à l'utilisateur pour chaque groupe de risques des appareils à lampes UV sont disponibles dans le présent document (voir 7.2 et 7.3).

4.2 Critères d'évaluation (Contexte) pour les appareils à lampes UV

Les conditions de mesure normalisées prennent en considération le spectre d'émission et, pour le rayonnement ultraviolet, l'éclairement énergétique pour déterminer le risque pour les yeux et/ou la peau. Les conditions de mesure sont destinées à optimiser le signal des traces de rayonnement UV-B et UV-C qui sont émises par les appareils à lampes destinés à émettre surtout dans la région spectrale UV-A. La distance d'évaluation du groupe de risques est liée aux conditions d'exposition potentiellement dangereuses et aux distances d'évaluation effectives moyennes pondérées dans le temps (TWA) fondées sur des durées d'exposition les plus défavorables raisonnablement prévisibles. Elle est intégrée aux limites d'émission. En principe, le concept de distance de danger ne s'applique pas aux dangers photochimiques, puisque les doses dangereuses d'UV s'accumulent et que l'exposition quotidienne détermine le danger potentiel.

Pour les sources qui varient dans le temps, l'exposition (dose) accumulée déterminant l'exposition TWA est identique à l'exposition à rayonnement continu (CW – continuous emission) pendant la même durée totale. Les sources optiques sont rarement à une distance fixe des yeux, et un individu ne fixe pas une source UV pendant 30 000 s (environ 8 h) par jour, ou plus. La limite UV (actinique) $S(\lambda)$ pour la cornée/peau (voir Annex D) s'applique à l'exposition chronique, pour laquelle l'exposition quotidienne de la peau est supérieure à l'exposition oculaire dans presque toutes les applications. Les distances d'évaluation du groupe de risques varient donc pour chaque application et sont énumérées dans le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4 pour différents types d'appareils à lampes.

Les conditions d'évaluation et de mesure diffèrent nécessairement pour des appareils différents utilisant des lampes d'application particulière, tels que les pièges lumineux à insectes, les lampes germicides, les appareils à lampes de photopolymérisation aux rayons UV ou les éclairages de fluorescence UV-A. Des groupes d'application différents définissent plusieurs conditions d'exploitation, d'entretien et de maintenance. Ainsi, l'évaluation appliquée aux appareils à lampes UV dans le présent document justifie des conditions de mesure quelque peu différentes des conditions de mesure/évaluation par défaut définies dans l'IEC 62471 pour certains appareils.

En règle générale, l'évaluation d'une seule lampe/LED ne peut pas être transférée automatiquement à l'appareil à lampes fini. Dans certaines conditions, l'évaluation d'une seule lampe/LED est directement transférable à l'appareil utilisant des lampes. Le groupe de risques reste le même, ou peut être réduit (par exemple, par des filtres, etc.). Cependant, en règle générale, le luminaire UV modifie le spectre ou la configuration du champ d'éclairement énergétique. L'utilisation de réflecteurs ou d'optiques de focalisation adéquats peut accroître

l'éclairage énergétique ainsi que le groupe de risques, auquel cas l'évaluation de la lampe ne peut être transférée à l'appareil utilisant des lampes. Les résultats peuvent ne pas être transférables si plusieurs lampes sont utilisées dans un appareil utilisant des lampes.

Les exigences définies dans la présente norme d'application spécifique (verticale) sont applicables aux groupes de risques qui peuvent être utilisés dans certaines applications spécifiques. Les appareils à usage non restreint qui peuvent être utilisés à la maison ou dans des environnements non contrôlés constituent un exemple. Les caractéristiques de performance reposent sur les spécifications des groupes de risques et sur les mesures de contrôle d'application spécifique. Des recommandations de base, fondées sur la probabilité d'une observation directe des sources, sont fournies à l'Article 7. La hiérarchie des mesures de sécurité applicables suit le classement par ordre de priorité accepté au niveau international des mesures de sécurité du fabricant. En d'autres termes, les moyens de contrôle techniques (par exemple, filtre, blindage, dispositifs d'interverrouillage, détection adéquate de proximité, etc.) sont prioritaires, suivis des mesures administratives (par exemple, avertissement, étiquetage, voir 7.3) et enfin, en dernier ressort, des équipements de protection individuelle.

Une hypothèse sous-jacente du présent document est qu'il n'est pas nécessaire de réduire l'exposition aux rayonnements optiques au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre. Cependant, en tant que ligne directrice générale, il convient de réduire le plus possible les émissions inutiles qui sont susceptibles d'occasionner une exposition inutile de personnes.

5 Mesurages permettant de déterminer le groupe de risques applicable

5.1 Généralités

Le présent document traite des lampes et des appareils utilisant des lampes dont plus de la moitié du rayonnement optique (puissance rayonnante) émis entre 180 nm et 3 000 nm se trouve dans la région spectrale comprise entre 180 nm et 400 nm. Les exemples incluent généralement les lampes à mercure à basse et moyenne pressions, les lampes LED UV, les lampes à excimère et les lampes au deutérium.

Pour les autres types de lampes, il n'est pas prévu qu'un mesurage spectral soit effectué pour vérifier cette condition d'émission. Une connaissance préalable des régions d'émission spectrale de la lampe ou des propriétés de transmittance/facteur de réflexion spectral des optiques utilisées dans l'appareil à lampes est suffisante pour déterminer si un appareil relève ou non du domaine d'application.

En cas de doute, un simple essai qui permet de déterminer si une lampe particulière satisfait à ce critère peut être effectué à l'aide d'un détecteur thermique et d'un filtre passe-haut d'une coupure d'environ 400 nm (blocage des UV).

Les mesurages de l'éclairage énergétique dans les UV sont limités à un angle de cône complet d'un champ de vision (FOV – field of view) de 80° (c'est-à-dire $\pm 40^\circ$).

NOTE En raison du facteur de réduction important pour la peau, il est souhaitable d'appliquer le FOV de 80° applicable aux risques oculaires (ICNIRP, 2004). En règle générale, le FOV de 80° capture tous les rayonnements significatifs. Néanmoins, si un détecteur avec un FOV plus large est utilisé (par exemple, un détecteur de réponse en cosinus), l'évaluation surévalue l'exposition.

- La sortie spécifiée doit être déterminée en fonction des variations prévisibles de l'environnement (température, pression atmosphérique, humidité, utilisation en extérieur, etc.).
- La puissance rayonnante émise d'un appareil installé ne doit pas augmenter ou changer de direction par suite d'un événement raisonnablement prévisible ou d'une condition de premier défaut.

5.2 Éclairement énergétique moyen pondéré dans le temps

Les limites d'émission applicables pour les groupes de risques relatifs à l'éclairement énergétique moyen pondéré dans le temps sont données dans le Tableau 1.

Bien que la plage spectrale complète prise en considération soit de 180 nm à 400 nm, il n'est pas nécessaire d'effectuer des mesurages sur toute cette plage comme cela est décrit ci-dessous.

Dans la région comprise entre 180 nm et 200 nm, l'oxygène atmosphérique absorbe fortement les photons. Par conséquent, peu de spectroradiomètres sont spécifiés et il est difficile d'obtenir des étalons d'éclairement énergétique spectral traçables qui fonctionnent sur cette plage. Il convient donc de réserver le mesurage au-dessous de 200 nm uniquement au cas particulier d'une lampe à mercure à basse pression qui comporte une enveloppe en quartz émettant des UV dans le vide.

Dans la région comprise entre 200 nm et 250 nm, la faible sensibilité du spectroradiomètre peut entraîner des résultats de mesure présentant un faible rapport signal/bruit. Bien que des solutions puissent y être apportées (voir l'Article C.6), la connaissance préalable des régions d'émission spectrale de la lampe ou celle des propriétés de transmittance/facteur de réflexion spectral des optiques utilisées dans l'appareil à lampes peut servir à limiter la plage de mesure spectrale entre 250 nm et 400 nm.

Tableau 1 – Limites d'émission pour les groupes de risques relatifs à l'éclairement énergétique moyen pondéré dans le temps

Danger	Plage de longueurs d'onde nm	Symbole pour le niveau d'émission	Limites d'émission ^a			Unités
			Groupe sans risque	Groupe de risques 1	Groupe de risques 2	
UV (actinique) ^b	180 à 400	E_s	0,001	0 003	0,03	W·m ⁻²
UV-A ^c	315 à 400	E_{UVA}	10	33	100	W·m ⁻²

^a Les limites d'émission sont exprimées en tant qu'éclairement énergétique spécifié à une distance d'évaluation donnée qui repose sur l'application et non à la surface de la source. L'éclairement énergétique actinique est pondéré spectralement: l'éclairement énergétique UV-A ne l'est pas.

^b Pour les appareils à dose limitée, la limite d'émission de la dose pondérée spectralement est de 30 J·m⁻². Voir 5.3.3.

^c Dans le cas inhabituel d'une source lumineuse destinée à être regardée directement et volontairement pendant plus de 1 000 s sur une période quelconque de 30 000 s (environ 8h) (risque lié à l'observation), la limite d'émission de la dose pour la limite du groupe sans risque est réduite à 10 kJ/m² en fonction du temps d'observation prévu.

5.3 Conditions d'évaluation des groupes de risques

5.3.1 Conditionnement de la sortie maximale

La source optique doit fonctionner à la puissance optique maximale afin d'obtenir l'émission de puissance rayonnante accessible la plus élevée.

5.3.2 Distances de mesure et d'évaluation des appareils à lampes UV

Pour les appareils à lampes UV, les mesurages de l'éclairement énergétique et/ou de l'éclairement énergétique spectral efficaces dans les UV-B et UV-C doivent être effectués à une distance suffisamment proche pour réduire le plus possible les erreurs de mesure dues à la lumière parasite, dans laquelle les émissions filtrées, mais significatives d'un point de vue biologique, sont très faibles. Toutefois, lorsque la puissance rayonnante est si intense que le détecteur de l'instrument risque d'être saturé, la distance de mesure doit être plus grande. Lorsque la distance de mesure diffère de la distance d'évaluation du groupe de risques indiquée

dans le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4, il est nécessaire de transférer les mesurages à la distance d'évaluation. En principe, le transfert des mesurages effectués à distance plus proche est obtenu en déterminant le rapport entre les UV pondérés $S(\lambda)$ et l'éclairement énergétique total ou la puissance rayonnante (c'est-à-dire, $\mu\text{W-eff/mW-total}$), de la même manière que pour la détermination du rapport $\mu\text{W/lm}$ lors de l'évaluation des lampes GLS. Les valeurs de mesure réelles et les valeurs de mesure extrapolées à la distance d'évaluation doivent être consignées.

5.3.3 Distances d'évaluation des groupes de risques

Le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4 spécifient les distances d'évaluation des groupes de risques pour des appareils à lampes ultraviolettes spécifiques. Le Tableau 2 s'applique aux appareils destinés à être utilisés par les consommateurs dans des environnements non contrôlés qui n'exigent aucune restriction autre que la fourniture d'informations destinées à l'utilisateur. Dans les conditions normales ou anormales de fonctionnement, il convient que les personnes ordinaires ne soient pas exposées à des sources d'ultraviolets capables d'entraîner des douleurs ou des lésions. Dans une condition de premier défaut, il convient que les personnes ordinaires ne soient pas exposées à des sources d'ultraviolets capables d'entraîner des lésions. Ces appareils utilisés dans des applications qui exigent une formation à une utilisation spéciale et, en général, uniquement des contrôles administratifs sont énumérées dans le Tableau 2. Elles sont en principe destinées à un usage professionnel ou à une utilisation par des personnes averties.

Dans des conditions normales de fonctionnement, des conditions anormales de fonctionnement ou dans des conditions de premier défaut, il convient que les personnes averties ne soient pas exposées à des parties qui comportent des sources d'ultraviolets capables d'entraîner des lésions. Les lampes et appareils à lampes destinés à être utilisés par des consommateurs/personnes ordinaires ou par des personnes averties ne doivent pas émettre des niveaux d'émission RG-3 accessible. Ces appareils exigeant des contrôles techniques et/ou des équipements de protection individuelle, ainsi que des contrôles administratifs et une formation spéciale, et généralement restreints à un usage professionnel par des personnes compétentes, figurent dans le Tableau 2. Pour les appareils à lampes UV figurant dans le Tableau 2, si l'éclairement énergétique pondéré $S(\lambda)$ et l'éclairement énergétique UV-A satisfont aux limites du groupe sans risque à la distance d'évaluation, aucun autre essai n'est exigé. Toutefois, il convient d'effectuer un calcul pour assurer que l'éclairement énergétique pondéré $S(\lambda)$ et l'éclairement énergétique UV-A ne peuvent pas dépasser la limite d'émission pour RG-2 à 20 cm (à moins qu'une distance plus proche ne soit indiquée dans le Tableau 2). Si l'éclairement énergétique pondéré $S(\lambda)$ de l'appareil à lampes UV dépasse la limite d'émission pour RG-2 à 20 cm, il convient que l'appareil soit étiqueté RG-3 et que son utilisation soit restreinte, ce qui signifie qu'il convient que l'appareil à lampes UV ne soit pas utilisé par les consommateurs/personnes ordinaires. Pour les appareils à lampes UV qui ne figurent pas dans le Tableau 2, le Tableau 3 et le Tableau 4, la distance d'évaluation doit être égale à 1 m ou à la distance d'utilisation recommandée par le fabricant lorsque de longues durées d'exposition (c'est-à-dire supérieures à 100 s) à cette distance sont possibles.

Les appareils émettant des rayonnements qui dépassent la limite d'émission pour RG-2, mais dont l'accès est restreint pour permettre une installation par une personne compétente et ainsi réduire la probabilité d'exposition des personnes au-delà des limites RG-2, demeurent des appareils RG-3 à moins que les contrôles techniques en empêchent l'accès.

Tableau 2 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les appareils à usage^a non restreint

Appareil à lampes	Distance d'évaluation m
Éclairages de fluorescence, portatifs	1,0
Éclairages de fluorescence pour salles et spectacles, par exemple "lumière noire" UV-A	2,0
Fluorimètres/Transilluminateurs	0,5
Éclairages pour le nettoyage de la peau à usage domestique	0,5, mais voir 5.3.5
Pièges lumineux à insectes (< 50 W) et usage domestique	1,0
Appareils de traitement des ongles, usage domestique	0,5 m; également, limitée à la dose limite à la distance d'utilisation du fabricant ^b
Nettoyage de surface aux UV, portatif (voir 6.3.3)	0,2
Appareils UV de désinfection de l'eau	1,0
^a Pour une utilisation par des consommateurs (parfois appelés "personnes ordinaires"), c'est-à-dire des personnes sans formation ou compétences particulières. ^a L'éclairement énergétique à cette distance peut être obtenu par un calcul, en utilisant soit l'inverse du carré, soit la relation 1/distance, selon que la source est similaire à une source ponctuelle ou une source linéaire.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Tableau 3 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les appareils à usage restreint destinés à être utilisés par des personnes averties

Appareil à lampes	Distance d'évaluation m
Éclairage de diagnostic dentaire	1,0; mais voir 5.3.5
Éclairage pour la photopolymérisation dentaire	0,5 pour les utilisateurs; appliquer la limite de dose d'émission à la distance d'utilisation du fabricant pour les patients (voir 5.3.5)
Diagnostic médical	0,5 pour les utilisateurs; appliquer la limite de dose d'émission à la distance d'utilisation du fabricant pour les patients (voir 5.3.5)
Traitement médical	En dehors du domaine d'application – voir l'IEC 60601-2-57
Dispositifs de diagnostic ophtalmique	En dehors du domaine d'application – voir l'ISO 15004-2
Appareils de traitement des ongles – professionnels	Voir 5.3.5 ^a , 0,2 évaluation des dangers oculaires
Pièges lumineux à insectes (50-150 W) (> 150 W)	2,0 3,0
Appareils de photopolymérisation (encres, etc.)	1,0
Irradiation germicide UV – irradiation dans les systèmes de conduits et unités de purification de l'air	0,5 de tout point d'accès
Éclairage de fluorescence UV	0,6
Polymérisation/durcissement de laque aux UV	1,0
Durcissement de poudre aux UV	1,0
Durcissement de fibres optiques aux UV	1,0
Activation de surface aux UV	1,0
Appareils à lampes solaires/appareils de bronzage intérieur	En dehors du domaine d'application – voir l'IEC 60335-2-27
Nettoyage de surface aux UV, portatif (voir 6.3.3)	0,6
Appareils germicides à UV – Unités d'irradiation de la partie supérieure des salles	1,0 (sur l'axe) Exigence post-installation supplémentaire au-dessous des 1,8 m au-dessus du niveau du sol prévu pour l'évaluation de l'exposition TWA des occupants – voir Annex E et Annex F.
Purificateurs d'air germicides à UV (rayonnement de fuite du boîtier)	0,4
^a L'éclairement énergétique à cette distance peut être obtenu par un calcul, en utilisant soit l'inverse du carré, soit la relation 1/distance, selon que la source est similaire à une source ponctuelle ou une source linéaire.	

Tableau 4 – Distances d'évaluation des groupes de risques pour les lampes ou les appareils à lampes destinés à être utilisés par des professionnels, des personnes compétentes

Appareil à lampes	Distance d'évaluation m
Éclairage pour la photopolymérisation dentaire	0,5, mais voir 5.3.4 et 5.3.5 au contact
Traitement médical	En dehors du domaine d'application – voir l'IEC 60601-2-57
Appareils germicides pour salles ouvertes destinés aux espaces occupés ^a	1,0 sur l'axe du faisceau maximal
Appareils germicides pour salles ouvertes destinés à des accès restreints ^a	0,5
Appareils germicides en partie supérieure des salles ^a	0,5 (petite source) et 1,0 (source linéaire) Exigence post-installation supplémentaire au-dessous des 1,8 m au-dessus du niveau du sol prévu pour l'évaluation de l'exposition TWA des occupants – voir 6.3.4
Appareils germicides à UV – Système de conduits	0,5 du point d'accès pour maintenance
Systèmes de purification d'eau par UV	0,5 du point d'accès pour maintenance

5.3.4 Appareils à dose limitée

Certains appareils à lampes sont conçus pour être à dose limitée, auquel cas la classification par groupes de risques peut être effectuée en comparant la limite d'émission avec la valeur calculée en multipliant la dose maximale possible émise par la durée d'exposition maximale possible comprise dans toute période de 30 000 s (environ 8 h) (c'est-à-dire que $0,001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \times 30\,000 \text{ s}$ correspond à $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$).

5.3.5 Appareils destinés à exposer la peau ou les yeux

En ce qui concerne les appareils destinés à exposer la peau ou les yeux, si l'émission d'UV-A dépasse la limite d'émission pour RG-2 à la distance d'utilisation spécifiée par le fabricant, une double limite doit être appliquée. Outre la limite dose-émission pondérée $S(\lambda)$ (voir Annex D pour les valeurs de pondération $S(\lambda)$), l'éclairement énergétique total (de 200 nm à 3 000 nm) doit également être limité à 1 kW/m^2 à la surface des tissus pour éviter toute surchauffe.

6 Exigences techniques pour les appareils UV RG-2 et RG-3

6.1 Généralités

Les lampes RG-2 et RG-3, les appareils utilisant des lampes et les appareils contenant des lampes qui fournissent une émission d'UV-C et/ou d'UV-B doivent satisfaire aux exigences de 6.2 à 6.6. Ces exigences limitent l'accès aux niveaux d'émission d'UV-C et/ou d'UV-B qui peuvent dépasser la limite d'exposition aux dangers d'UV actiniques applicable pour la peau et les yeux (UV-C et/ou d'UV-B dangereux). Il s'agit, la plupart du temps, d'appareils UV germicide (GUV – germicidal UV).

Lorsque des normes de sécurité des produits applicables fournissent des exigences spécifiques, celles-ci peuvent être appliquées à la place du 6.2 au 6.6.

NOTE Les normes de sécurité des produits peuvent comporter des exigences supplémentaires ou plus restrictives, ou ne pas permettre des détails de construction ou de fonction spécifiques.

Exemple: L'IEC 62368-1 exige, pour toute personne ordinaire (consommateur) ou avertie, que les émissions dépassant les niveaux du RG-2 soient contenues par le boîtier des lampes et des appareils utilisant des lampes ou par le boîtier de l'équipement.

- Les appareils doivent être conçus de manière à ne pas émettre de rayonnements optiques inutiles et potentiellement dangereux.
- Les appareils doivent être conçus pour des variations prévisibles des conditions d'installation (par exemple, la possibilité d'installation au plafond, dans un aéronef, etc.).

La conformité est vérifiée par examen.

6.2 Capot de protection

6.2.1 Généralités

L'appareil doit avoir une enceinte de protection qui, lorsqu'elle est en place, empêche l'accès aux UV-C ou UV-B potentiellement dangereux, c'est-à-dire que les émissions accessibles ne doivent pas dépasser la limite d'émission pour RG-1.

La conformité est vérifiée par examen et comme cela est spécifié en 6.2.2 et 6.2.3.

NOTE Une enceinte de protection peut agir seule; la protection n'est alors efficace que lorsque l'enceinte est en place. Une enceinte de protection peut également agir conjointement avec un dispositif d'interverrouillage ou un capteur de proximité; dans ce cas, la protection est assurée quelle que soit la position de l'enceinte de protection.

6.2.2 Boîtiers

Les boîtiers utilisés comme enceinte de protection doivent:

- a) avoir la rigidité nécessaire pour résister aux impacts mécaniques raisonnablement prévisibles;
- b) être fabriquées à partir d'un matériau non dégradable par l'irradiation UV d'une manière qui peut augmenter les émissions accessibles d'UV actiniques; et
- c) être construites de sorte que l'accès aux UV actiniques dangereux ne soit possible qu'à l'aide d'un outil.

La conformité est vérifiée par examen.

6.2.3 Ouvertures, panneaux et portes

Les ouvertures, panneaux et portes du boîtier qui donnent accès aux UV-C dangereux doivent:

- a) soit être construits de sorte que l'utilisation d'un outil soit exigée pour ouvrir les couvercles, panneaux ou portes;
- b) soit, pour toute ouverture pour l'entretien ou la maintenance destinée à des personnes averties, être équipés d'un système d'interverrouillage inviolable conforme à 6.5;
- c) soit, pour toute ouverture pour l'entretien ou la maintenance destinée à des personnes compétentes, être équipés
 - i) d'un système d'interverrouillage inviolable conforme à 6.5; ou
 - ii) d'un système d'interverrouillage inhibable conforme à 6.5 et d'un système d'avertissement d'émission ou d'un dispositif d'avertissement conforme aux 6.4 et 6.5; ou
- d) soit être conformes aux exigences spécifiées en 6.3.

NOTE Le dispositif d'interverrouillage peut être un mot de passe, une clé physique ou tout autre outil spécifique.

La conformité est vérifiée par examen.

6.3 Appareils RG-2 et RG-3

6.3.1 Généralités

Lorsque l'utilisation prévue exige d'accéder à des UV-C ou UV-B potentiellement dangereux, l'appareil doit être équipé de dispositifs alternatifs de protection contre les UV-C ou UV-B dangereux, comme cela est énuméré ci-dessous.

La conformité est vérifiée par examen et comme cela est spécifié en 6.2.2 et 6.2.3.

6.3.2 Capteur de proximité

Dans le cas d'une exposition possible à une émission d'UV-C ou d'UV-B potentiellement dangereux, un capteur de proximité doit être utilisé à la place de l'enceinte de protection ou du système d'interverrouillage. Le capteur de proximité doit automatiquement interrompre l'émission dans un délai de 1 s en cas d'empiètement dans la zone d'émission primaire. Le capteur de proximité doit empêcher l'allumage de la lampe si la présence d'une personne est détectée avant l'allumage. Un réarmement manuel est exigé lorsque l'émission a été arrêtée par suite de l'empiètement détecté. Si la technologie ou l'application empêche cet arrêt d'émission, le fabricant doit fournir une appréciation du risque selon laquelle l'émission est réduite au-dessous de la limite de RG-2 à 20 cm de la source.

La conformité est vérifiée par examen.

6.3.3 Contrôle de l'orientation

Les appareils portatifs de nettoyage de surface aux UV doivent être équipés d'un contrôle d'orientation qui désactive l'émission d'UV-C ou d'UV-B dangereux lorsque l'appareil est déplacé hors de son orientation normale d'utilisation comme cela est spécifié par le fabricant.

NOTE Le contrôle d'orientation peut être un capteur d'inclinaison ou un interrupteur photoélectrique.

Si les appareils peuvent être laissés sans surveillance, le contrôle d'orientation peut ne pas être un moyen de réduction des risques acceptable ou suffisant pour les appareils destinés à être utilisés dans un environnement domestique ou commercial. Auquel cas, des moyens de réduction des risques supplémentaires sont nécessaires.

La conformité est vérifiée par examen.

6.3.4 Alignement des luminaires germicides à UV en partie supérieure des salles

Les luminaires UV utilisés dans les appareils GUV en partie supérieure des salles doivent être équipés d'un moyen de réglage de l'alignement sur le site d'installation pour permettre à la personne compétente chargée de l'installation de diriger correctement le faisceau UV de sorte que les expositions dans la partie inférieure des salles soient au-dessous des limites d'exposition humaine pondérées dans le temps à 1,8 m au-dessus du sol et en-dessous. Le fabricant doit fournir le schéma d'éclairage énergétique de la partie supérieure des salles (voir par exemple CIE 247: 2021) afin d'aider l'installateur.

6.3.5 Minuterie de mise en marche retardée

En ce qui concerne les appareils destinés à être utilisés dans des salles ouvertes ou en hauteur, un interrupteur de mise en marche retardée peut être utilisé à la place d'un dispositif d'interverrouillage (6.2.3) ou d'un capteur de proximité (6.3.2), afin de permettre aux utilisateurs de suffisamment se déplacer pour atteindre une distance de sécurité avant l'émission. Le délai ne doit pas être inférieur à 5 s.

La conformité est vérifiée par examen.

6.3.6 Contrôle du temps d'exposition/arrêt automatique

En ce qui concerne les appareils destinés à être utilisés dans des salles ouvertes ou en hauteur, une minuterie d'arrêt automatique qui désactive les émissions après une durée déterminée peut être utilisée à la place du dispositif d'interverrouillage (6.2.3) ou du capteur de proximité (6.3.2), afin permettre aux utilisateurs d'accéder à l'appareil après l'exposition prévue.

La conformité est vérifiée par examen.

6.4 Avertissement sur les émissions

Lorsque des émissions dépassant les niveaux du RG-1 peuvent être accessibles (ou que des dispositifs d'interverrouillage peuvent être inhibés), l'appareil doit être équipé d'un dispositif d'avertissement d'émission d'UV-C. L'avertissement doit émettre un signal visible ou audible lorsque le système est mis en marche. Les lampes (comme celles à mercure à basse pression) qui émettent un rayonnement visible ou une languette fluorescente qui brille pendant l'émission, doivent être considérées comme étant conformes à l'avertissement d'émission visible.

La conformité est vérifiée par examen.

6.5 Fiabilité

Tout système ou capteur électronique utilisé pour la protection des personnes, doit garantir que la survenance d'un premier défaut du système ou du composant est improbable pendant la durée de vie prévue de l'équipement, ou ne peut pas causer de danger.

NOTE Les exigences de fiabilité et de conception peuvent être déterminées en appliquant, par exemple, l'IEC 61508 (SIL) ou l'ISO 13849 (PL) ou d'autres solutions qui offrent une sécurité fonctionnelle équivalente.

La conformité est vérifiée par examen.

6.6 Contrôles des émissions

6.6.1 Généralités

L'appareil doit être équipé de commandes qui permettent à l'opérateur de le manipuler en toute sécurité.

La conformité est vérifiée par examen et comme cela est spécifié en 6.6.2 et 6.6.3.

6.6.2 Arrêt des émissions

Un dispositif fixé à demeure sur l'appareil doit être prévu pour désactiver les émissions d'UV-C ou d'UV-B dangereux.

La conformité est vérifiée par examen.

6.6.3 Commande à clé

Les appareils destinés à être utilisés uniquement par des personnes compétentes doivent être équipés d'une commande principale à clé lorsqu'il existe la possibilité raisonnablement prévisible de les laisser sans surveillance dans un environnement domestique ou commercial.

S'il s'agit d'une clé physique, elle doit être amovible et aucune émission d'UV-C ne doit être accessible lorsque la clé est retirée.

NOTE 1 Il peut s'agir d'un mot de passe, d'une clé physique ou de tout autre outil spécifique.

NOTE 2 Les appareils laissés sans surveillance dans un environnement domestique ou commercial peuvent être activés par un consommateur ou une personne ordinaire, provoquant par inadvertance une situation potentiellement dangereuse.

La conformité est vérifiée par examen.

7 Informations et étiquetage – Exigences du fabricant

7.1 Généralités

L'objectif principal de la classification par groupes de risques par le fabricant est de déterminer la nécessité de tout contrôle technique, et d'informer l'utilisateur des dangers potentiels qui peuvent exiger des précautions ou des limitations pour l'installation. Par conséquent, lorsqu'un appareil à lampes UV est classé dans le groupe de risques 2 ou le groupe de risques 3, il est important que l'utilisateur soit informé des dangers potentiels pour les yeux et la peau, ainsi que des contrôles appropriés contre ces dangers. Les appareils du groupe de risques 1 et du groupe sans risque ne présentent pas de risque exigeant des contrôles, car il n'est pas réaliste que les lampes UV soient orientées vers l'œil pendant des heures, quelle que soit l'application (y compris médicale).

La classification des appareils à lampes par groupes de risques indique les mesures de sécurité nécessaires en vue de réduire les risques pour l'application comme cela est spécifié dans la norme verticale applicable.

7.2 Guide de l'utilisateur

Le fabricant doit fournir à l'utilisateur des informations suffisantes pour qu'il puisse travailler en toute sécurité en fonction du groupe de risques de l'appareil à lampes UV. Les informations destinées à l'utilisateur comprennent la classification par groupes de risques de l'appareil et toutes les mesures de précautions exigées. Si l'appareil à lampes UV est classé RG-3, les informations destinées à l'utilisateur doivent indiquer que cet appareil est "strictement réservé à un usage professionnel ou est "pour installation par des professionnels compétents uniquement", selon le cas. Si des accessoires ou des optiques de modification peuvent être utilisés avec l'appareil, les valeurs de danger d'exposition et les distances de danger possibles les plus défavorables doivent être indiquées dans le manuel d'utilisation.

NOTE Dans la plage de longueurs d'onde comprise entre 180 nm et 400 nm, dans laquelle la classification par groupes de risques repose sur l'éclairement énergétique ou l'exposition rayonnante, l'évaluation d'une seule lampe ne peut pas être automatiquement transférée à l'appareil à lampes fini.

La conformité est vérifiée par examen.

7.3 Étiquetage des lampes UV

7.3.1 Lampes UV RG 0 – aucun étiquetage exigé.

7.3.2 Lampes UV RG-1 – le manuel d'utilisation ou l'emballage de la lampe doit indiquer que la lampe émet des UV.

7.3.3 Lampes UV RG-2 – le manuel d'utilisation ou l'emballage de la lampe doit indiquer que la lampe émet des UV. Une étiquette qui indique que "cet appareil émet des UV" est exigée. Si des instructions spéciales d'utilisation ou de sécurité sont exigées pour une utilisation sûre et en toute sécurité, le symbole d'ISO "lire les instructions" (ISO 7010-m002) doit être ajouté.

7.3.4 Lampes UV RG-3 – une étiquette d'avertissement comme cela est spécifié dans l'IEC 61549 ou représenté à la Figure 1 doit être apposée sur l'appareil. Le libellé suivant (ou un libellé équivalent) doit indiquer: "AVERTISSEMENT, cette lampe émet des UV. Ne pas exposer les yeux et la peau à une lampe non protégée par un écran; lampe RG-3. Des lésions cutanées ou oculaires peuvent en résulter." Si des instructions spéciales d'utilisation ou de sécurité sont exigées pour une utilisation sûre et en toute sécurité, le symbole d'ISO "lire les instructions" (ISO 7010-m002) doit être ajouté.

7.4 Étiquetage des appareils à lampes UV

7.4.1 Appareils à lampes UV RG-0

Les appareils à lampes ultraviolettes qui sont classés RG0 n'exigent aucun étiquetage supplémentaire. Toutefois, une étiquette facultative qui indique des émissions d'UV peut être apposée.

7.4.2 Appareils à lampes UV RG-1

Une étiquette qui indique que des UV sont émis n'est pas exigée, mais est facultative. Cependant, il convient que le manuel d'utilisation contienne des informations qui indiquent que des UV (et quelle partie de la bande d'ondes UV, par exemple UV-C, UV-B ou UV-A, ou quelle longueur d'onde maximale émise dans le cas des lampes LED, selon le cas) sont émis par cet appareil.

7.4.3 Appareils à lampes UV RG-2

Le groupe de risques et le danger assignés doivent être étiquetés (Figure 1 ou Figure 2, selon le cas).

Il convient que le manuel d'utilisation contienne des informations qui indiquent que des UV (et quelle partie de la bande d'ondes UV, par exemple UV-C, UV-B ou UV-A, ou quelle longueur d'onde maximale émise dans le cas des lampes LED, selon le cas) sont émis par cet appareil.

NOTE Les bandes d'onde (UV-A, UV-B ou UV-C) à consigner sont celles qui dépassent les limites d'émission concernées.

Le manuel d'utilisation et les informations sur l'appareil doivent indiquer "Éviter l'exposition directe des yeux ou de la peau". Une étiquette (voir Figure 1 ou Figure 2) doit être apposée sur l'appareil.

7.4.4 Appareils à lampes UV RG-3

L'appareil doit être étiqueté selon le groupe de risques assigné (Figure 1 ou Figure 2, selon le cas). L'étiquette sur l'appareil et le manuel d'utilisation doit contenir des informations qui indiquent que des UV (et quelle partie de la bande d'ondes UV, par exemple UV-C, UV-B ou UV-A, ou quelle longueur d'onde maximale émise dans le cas des lampes LED, selon le cas) sont émis par cet appareil.

Les manuels d'instruction et les informations sur l'appareil doivent comporter les avertissements suivants "AVERTISSEMENT: Éteindre la lampe UV avant de l'ouvrir" et "AVERTISSEMENT: Utiliser une protection des yeux et de la peau contre les rayonnements UV pendant la maintenance. Si l'insertion ou le retrait d'une optique de modification amovible accroît le groupe de risques, une étiquette d'avertissement doit être apposée sur l'optique. Une étiquette doit être apposée sur l'appareil similaire à:

"Avertissement!

Pas d'exposition directe des yeux ou de la peau"

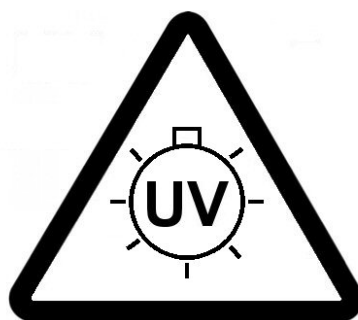


Figure 1 – Fondée sur le graphique 6040 de la lampe UV à l'intérieur d'un triangle tiré de l'IEC 60417

Pour les appareils à lampes UV, les étiquettes informatives suivantes (Figure 2) doivent être appliquées, le cas échéant.

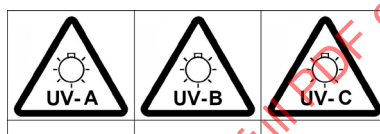


Figure 2 – Étiquettes alternatives pour fournir des informations supplémentaires sur les lampes UV à bande étroite

Conformément à l'IEC 61549, il convient d'appliquer l'étiquette UV-C pour les lampes germicides à UV-C.

7.5 Manuel d'utilisation

7.5.1 Généralités

L'utilisation normale prévue et les exigences d'installation doivent être décrites en détail. Au besoin, les exigences en matière de formation et de zones restreintes doivent être spécifiées dans le manuel de l'utilisateur.

7.5.2 Mesures de réduction des risques

Après une analyse approfondie des risques du produit fini par le fabricant, il peut être approprié de mettre en œuvre des recommandations supplémentaires de réduction des risques telles que:

- Exigences relatives à l'utilisation de l'appareil en extérieur;
- Des avertissements spécifiques;
- Des recommandations sur le remplacement des lampes, par exemple: "Ne remplacer les lampes que si elles sont éteintes", et des recommandations sur les lampes de rechange appropriées;
- D'autres mesures de protection à prendre, par exemple, le port de gants sans doigts par le client du soignant des ongles, le cas échéant.

7.5.3 Utilisation limitée

Les appareils RG-3 exigent un usage professionnel ou une installation spéciale (par exemple, UVG en partie supérieure des salles), et les instructions d'utilisation doivent clairement indiquer la zone d'irradiation et la nécessité d'une installation spéciale ou d'une utilisation supervisée.

7.6 Entretien et maintenance

Des dangers potentiels peuvent exister pendant la maintenance de la lampe ou de l'appareil. Les instructions de remplacement des lampes doivent clairement indiquer les risques impliqués et les procédures appropriées. L'entretien ou la maintenance d'une lampe ou d'un appareil à lampes qui comporte une lampe RG-3 ne doit être effectué que par les personnes ayant reçu la formation et les informations appropriées sur les risques. De même, il convient que l'entretien ou la maintenance de l'appareil utilisant des lampes et qui comporte une lampe RG-3 ne soit effectuée que par les personnes ayant reçu la formation et les informations appropriées sur les risques. La mise en place d'un lieu temporaire à accès contrôlé et la nécessité d'un écran de protection spécial du visage, de gants ou d'autres équipements de protection individuelle doivent être clairement indiquées dans les instructions d'entretien.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62471-6:2022

Annex A (informative)

Applications courantes des appareils à lampes UV

A.1 Contexte

Les lampes UV et les appareils utilisant des lampes UV sont utilisés dans une variété d'applications, depuis les éclairages fantaisie à "lumière noire", les projecteurs de théâtre et les applications de fluorescence jusqu'aux lampes médicales, aux lampes appât pour insectes et au dispositif d'irradiation germicide. Les types de lampes courantes sont les suivants:

- lampes fluorescentes à mercure à basse pression [tubulaires et fluorescentes compactes (CFL – compact fluorescent)];
- lampes à mercure à basse pression, lampes UV-C ("lampes germicides");
- halogénure de gaz rare, tel que les lampes à excimère UV-C au chlorure de krypton;
- lampes LED UV (généralement une largeur à mi-crête (FWHM – full-width at half maximum) de 50 nm ou moins);
- lampes à décharge de vapeur métallique à filtre UV;
- lampes à incandescence à filtre UV.

En règle générale, les lampes sont employées dans les applications énumérées à l'Article A.2.

A.2 Applications des appareils à lampes UV

A.2.1 Sources de lumière noire dans le proche-UV (UV-A) pour visualiser les pigments fluorescents

Les lampes UV-A portatives et fixes, dont les émissions de crête se situent généralement entre 350 nm et 400 nm, sont utilisées dans différentes applications pour exciter les revêtements, peintures, pigments fluorescents, etc., et pour visualiser l'émission fluorescente visible dans le cadre d'essais non destructifs. L'observateur peut porter ou non des lunettes de protection contre les UV, principalement pour améliorer le contraste du spectre d'émission de fluorescence visible. Les projecteurs UV-A portatifs ou "lampes de poche" sont utilisés pour les essais non destructifs des revêtements et des teintes. Des sources similaires sont utilisées pour détecter les codes d'authentification sur les pièces de monnaie, les billets de banque, les cartes d'identité et les timbres d'identification. Dans toutes ces applications, la détermination du groupe de risques repose sur l'exposition la plus élevée pondérée dans le temps, évaluée dans les conditions d'exposition les plus défavorables raisonnablement prévisibles (réflexions de la surface à une distance d'observation de 30 cm à 50 cm du matériau fluorescent), ce qui correspond à une distance d'évaluation normalisée, par rapport à la source, de 100 cm pendant 30 000 s (environ 8 h). En utilisation réelle, le faisceau d'UV-A est dirigé loin de l'observateur et l'utilisateur n'est pas susceptible de subir une exposition aussi élevée.

Les appareils à "lumière noire" installés à demeure sont utilisés dans l'industrie du divertissement, les musées, les bars et les banques et ne sont pas installés pour encourager l'observation directe autre que l'observation involontaire de façon momentanée. De ce fait, les conditions d'évaluation pondérées dans le temps aboutissent à une distance d'évaluation de 1 m.

A.2.2 Appareils à lampes appât pour insectes dans le proche-UV (UV-A)

Les appareils utilisant des lampes UV-A fixes et portables dont les émissions de crête types se situent généralement dans la plage spectrale de 350 nm à 370 nm sont utilisés dans plusieurs applications pour pièges lumineux à insectes (ILT – insect light trap). Pour une installation efficace, les ILT doivent être placés loin des individus afin que les insectes soient attirés par la

source UV-A et non par les individus ou les lieux occupés en permanence. Par conséquent, l'exposition la plus élevée pondérée dans le temps est évaluée à une distance de 1 m ou plus – même pour les unités d'intérieur, en fonction de l'application.

A.2.3 Appareils à lampes germicides à UV (UV-C)

Les appareils à lampes germicides à UV (UVG) sont généralement conçus pour bloquer toute émission d'UV dans les espaces occupés. L'irradiation UVG (germicide ultraviolette) est employée dans les systèmes de purification d'eau et de traitement d'air et dans les purificateurs d'air domestiques dont les boîtiers verrouillés empêchent l'exposition aux UV potentiellement dangereux pendant le fonctionnement normal. Les dispositifs d'interverrouillage empêchent aussi normalement l'accès aux UV, même pendant la maintenance ou l'entretien. Cependant, dans le cadre du contrôle des agents infectieux en suspension dans l'air (bioaérosols) tels que le bacille de la tuberculose, des appareils UVG ouverts en partie supérieure des salles (voir la NOTE ci-dessous) sont utilisés dans certains hôpitaux, prisons et institutions où le contrôle des infections est essentiel pour irradier uniquement le volume de la partie supérieure des salles à au moins 1,8 m (voir Annex E) et où des expositions potentiellement dangereuses sont possibles dans la partie inférieure occupée des salles lorsque les appareils sont mal installés ou mal entretenus. L'exposition pondérée dans le temps doit être évaluée avec une configuration d'évaluation et de mesure appropriées. Les instructions d'installation sont essentielles dans cette application et une évaluation de la sécurité après l'installation dans la salle est également indispensable. Ainsi, les mesurages sont effectués non seulement dans la zone de traitement de l'air, mais aussi dans la zone de non traitement occupée. L'attribution des groupes des risques repose sur les mesurages effectués dans la zone de traitement de l'air et il convient que l'installation assure la sécurité dans la zone occupée. Cela s'explique par l'absence de contrôles techniques qui limitent l'accès au volume de la partie supérieure des salles.

NOTE La hauteur des yeux au 99e percentile est de ~180 cm pour une personne debout, ~130 cm pour une personne assise, et de 112 cm pour une personne allongée sur un lit d'hôpital surélevé.

Les lampes germicides à UV sont traditionnellement des lampes à décharge de mercure à basse pression dont l'émission est principalement (plus de 90 %) à 254 nm (UV-C). Les nouveaux types de lampes germicides à UV comprennent les LED et les lampes à plasma à excimère (par exemple, KrCl). L'enveloppe des lampes était traditionnellement en quartz, mais aujourd'hui, elle est le plus souvent en verre émettant des UV-C (par exemple, Vicor) qui limite la production d'ozone (Claus, 2021).

Des appareils portatifs de nettoyage de surface aux UV (par exemple, des baguettes UV) sont vendus sur certains marchés grand public ainsi que pour un usage professionnel. Des applications appropriées peuvent être sûres pour un usage professionnel. La plupart des appareils vendus au grand public présentent un éclairage énergétique insuffisant pour permettre en un simple mouvement sur la surface de la désinfecter ou pour émettre des niveaux dangereux de rayonnement UV en vue d'obtenir un effet germicide et pouvant provoquer des lésions cutanées et/ou oculaires. Certains appareils sont équipés d'un interrupteur d'orientation qui met fin à l'émission si la baguette n'est pas dirigée vers le bas. Toutefois, cette fonction de sécurité n'élimine pas entièrement le risque de blessure induit par un rayonnement UV direct ou indirect. Les appareils portatifs de nettoyage de surface aux UV ne doivent pas être utilisés par une personne ordinaire ou un consommateur. Appareils de bronzage UV (en dehors du présent domaine d'application – fournis uniquement à titre informatif).

La demande des consommateurs pour un bronzage cosmétique a conduit au développement et à la distribution d'appareils commerciaux de bronzage UV. Bien que ces appareils exposent nécessairement la peau humaine à des expositions rayonnantes supérieures aux limites recommandées pour les appareils à lampes du groupe sans risque, il existe des moyens de réduire le plus possible les risques potentiels d'effets différés. Le terme "appareil à lampe solaire" ou "lit de bronzage" est fréquemment utilisé pour décrire tous les appareils de bronzage constitués soit d'une seule lampe qui émet des rayonnements UV (émettant des rayonnements UV-A et/ou UV-B) comme certains bronzes faciaux, soit d'un certain nombre de ces lampes intégrées dans un lit, un auvent, un panneau ou toute combinaison de ceux-ci. Les effets

potentiels néfastes pour la santé causés par l'exposition aux rayonnements UV du bronzage sont bien documentés et raisonnablement bien quantifiés (OMS, 1994, 2017).

Il existe des règlements nationaux dans de nombreux pays pour les appareils à lampes solaires. Par exemple, aux États-Unis, les appareils à lampes solaires doivent satisfaire au Code des règlements fédéraux (CFR – Code of Federal Regulations) de la Food and Drug Administration (21 CFR 1040.20). Ce code fournit des exigences de performance en matière de rayonnement optique destinées à réduire le plus possible les risques pour l'utilisateur.

A.2.4 Durcissement et traitement des ongles par UV

Les appareils à lampes UV pour le photodurcissement du vernis à ongles et des couches d'ongles utilisent des lampes UV-A installées dans un accessoire pour réduire le plus possible l'exposition oculaire. Des éclairagements énergétiques de $\sim 10 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ ($100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) sont courants au niveau de l'ongle (voir Dowdy et Sayre, 2013). Le fabricant peut choisir de recommander des mesures de protection, comme le port de gants sans doigts pendant l'utilisation.

A.2.5 Sources UV médicales et dentaires

Les appareils à lampes UV qui comportent une lampe fluorescente UV-A ("à lumière noire") ou une lampe incandescente à filtre sont largement utilisés dans les instruments de diagnostic. Fréquemment appelés "lampes de Wood", ces appareils portatifs sont présents dans les salles d'urgence, les services d'ophtalmologie et les services de dermatologie pour la détection par fluorescence. Il s'agit généralement de lampes RG-0 ou RG-1. La fluorescence des protéines et de l'ADN induite par les UV-A est utile dans toute une série d'applications. Les examens dentaires peuvent utiliser les UV-A pour l'identification de la plaque dentaire, les durées d'exposition dépassant rarement 2 à 3 min. Les transilluminateurs UV (à la fois UV-A et UV-B) des laboratoires médicaux permettent de visualiser l'ADN ou l'ARN qui a été séparé par électrophorèse à travers un gel d'agarose, lesquels sont visibles par leur fluorescence.

Les dispositifs médicaux de photothérapie UV sont utilisés pour traiter les troubles cutanés diagnostiqués tels que, entre autres, le psoriasis, le vitiligo, etc.

Les UV-A ont également été utilisés dans le passé pour la photopolymérisation en dentisterie restauratrice bien que les matériaux photodurcissables exigent désormais et en général des longueurs d'onde visibles courtes plutôt que des UV-A.

Annex B (informative)

Effets biologiques potentiellement dangereux

B.1 Contexte

Les expositions aux rayonnements ultraviolets potentiellement dangereux en provenance des appareils à lampes peuvent produire soit des effets aigus (à court terme, transitoires), soit des effets retardés dus à des expositions chroniques (à long terme, jour après jour). Ces effets biologiques sont brièvement décrits dans la présente annexe. Les effets biologiques bénéfiques, tels que la production de vitamine D dans la peau ou l'amélioration de l'immunité, ne sont donc pas inclus dans cette annexe (voir CIE 174:2006, CIE 201:2011 et CIE 219:2016). Cependant, il peut être signalé que même les appareils à lampes à très faible risque telles que celles du groupe RG-1 peuvent produire ces effets bénéfiques à partir d'expositions prolongées.

La plupart des effets photobiologiques des UV présentent un fort degré de "réciprocité", c'est-à-dire que la réponse à la dose indique une relation de réciprocité entre le taux d'exposition (éclairage énergétique) et la durée d'exposition. En d'autres termes, une réponse donnée exige la même exposition rayonnante, qu'elle soit délivrée en quelques millisecondes ou en quelques heures. La forte dépendance à la longueur d'onde constitue une autre caractéristique importante des effets photobiologiques des UV. Les photobiologistes tentent toujours de définir un "spectre d'action" qui décrit l'efficacité relative de différentes longueurs d'onde pour produire une réponse donnée. Alors que la définition des spectres d'action est simple pour les effets aigus tels que les coups de soleil ou le "coup d'arc", il est presque impossible de les définir avec exactitude pour les effets différés tels que la cataracte UV qui nécessite des années d'exposition chronique. Les spectres d'action pour ces effets différés ne sont suggérés que par certaines études expérimentales sur l'animal. Seules des bandes d'ondes approximatives peuvent être déterminées.

B.2 Effets biologiques aigus néfastes de l'irradiation ultraviolette

B.2.1 Photokératite et photoconjonctivite

La photokératite et la photoconjonctivite constituent une réponse inflammatoire aiguë et transitoire de la cornée et de la conjonctive de l'œil, généralement due aux UV-B (de 280 nm à 315 nm) et aux UV-C (de 100 nm à 280 nm) s'ils sont présents dans le spectre de la lampe. Les descriptions non techniques de la photokératite et de la photoconjonctivite associée sont les suivantes: "coup d'arc" et "ophtalmie des neiges" en raison de l'association avec des expositions rayonnantes qui proviennent de sources de longueurs d'onde plus courtes (par exemple, les UV-B issus de la lumière du soleil et les UV-B et UV-C des arcs libres). La cornée de l'œil constitue la surface optique la plus avant de l'œil et la conjonctive est le tissu le plus externe qui recouvre la sclérotique (le blanc) de l'œil. La photokératite UV est presque toujours associée à une photoconjonctivite; par conséquent, l'effet combiné est également appelé à juste titre "photokérato-conjonctivite." Les symptômes sont les suivants: "sensation de sable dans l'œil", blépharospasme (contraction soudaine, violente, involontaire des muscles des paupières), vision brouillée; réduction de la fente palpébrale (ouverture entre les paupières supérieure et inférieure). La photokératite n'est pas rare par suite d'une surexposition accidentelle aux UV des lampes germicides, des lampes à mercure et à arc xénon, mais uniquement dans des applications spéciales. Il existe un nombre limité de rapports sur les surexpositions accidentelles comme le cas des lampes germicides UV-C incorrectement installées sur des pièges lumineux à insectes.

Le rayonnement ultraviolet compris entre ~200 nm et ~400 nm peut produire une photokératite, les longueurs d'onde comprises principalement entre 230 nm et 320 nm étant les plus efficaces. Le spectre d'action culmine à environ 270 nm (Pitts, 1971, 1974) bien qu'une étude antérieure ait suggéré 288 nm (Cogan et Kinsey, 1946). Les seuils sont bien documentés, tant chez les modèles humains que chez les modèles animaux, et les données disponibles sont, en général,

concordantes (Chaney, 2005). La réaction inflammatoire est généralement retardée de 4 h à 12 h après l'exposition et le temps d'apparition dépend de l'écart entre l'exposition et le seuil, les expositions importantes produisent une réaction après un temps plus court. Cette réaction guérit en 24 h à 48 h, sauf pour les expositions extrêmement importantes. La réaction photochimique initie une série de réactions biologiques. Étant donné que le renouvellement normal des cellules (épithéliales) de la surface de la cornée se fait environ dans les 48 h, les cellules lésées sont rapidement éliminées par le renouvellement normal du métabolisme. Ainsi, il n'existe aucun effet permanent connu par suite d'expositions uniques, bien que les expositions répétées de façon chronique aux UV-B solaires puissent être un facteur majeur dans l'étiologie de la kératopathie du Labrador. Des études plus récentes sur la photokératite provoquée par des UV-C de courtes longueurs d'onde comprises entre 200 nm et 254 nm ont été motivées par l'utilisation d'UV germicides dans cette région spectrale (Kaidzu, 2021). Une sensation immédiate de légère irritation a été ressentie lors de l'irradiation à 222 nm, qui peut être le résultat d'une augmentation de l'évaporation du film lacrymal (Sliney, 2021), mais cette sensation pendant l'irradiation ne se produit pas avec des longueurs d'onde plus grandes (par exemple, 254 nm).

B.2.2 Documents de référence sur l'UV et la cornée

Chaney EK, Sliney DH, Re-evaluation of the ultraviolet hazard action spectrum—the impact of spectral bandwidth, *Health Phys.* 2005;89(4):322-32

Cogan, D.G. and Kinsey, V.E., Action Spectrum of Keratitis Produced by Ultraviolet Radiation, *Arch. Ophthalmol.*, 35:670-617, 1946

Hedblom, E.E., Snowscape Eye Protection, *Arch. Environ. Health*, 2:685-704, 1961

Kaidzu S, Sugihara K, Sasaki M, Nishiaki A, Ohashi H, Igarashi T, Tanito M., Re-Evaluation of Rat Corneal Damage by Short Wavelength UV Revealed Extremely Less Hazardous Property of Far-UV-C, *Photochem Photobiol.*, 2021, doi: 10.1111/php.13419

Pitts DG, Tredici TJ, The Effects of Ultraviolet on the Eye, *Ameri. Ind. Hyg. Ass. J.*, 32(4):235-246, 1971

Pitts, D.G., The Human Ultraviolet Action Spectrum, *American Journal Optom. Physiol. Opt.*, 51, 946-960, 1974

Sliney D.H., Stuck, B.E. A need to revise human exposure limits for ultraviolet UV-C radiation, *Photochem Photobiol.* 2021. doi: 10.1111/php.13402

World Health Organization (WHO):1994, *Ultraviolet Radiation, Environmental Health Criteria Document*, EHC-160, 2nd edn., WHO, Geneva

B.2.3 Érythème ("coup de soleil")

L'érythème (communément appelé "coup de soleil") est un rougissement de la peau résultant d'une surexposition de la peau à l'énergie rayonnante des UV (principalement des UV-B). Ce rougissement de la peau est transitoire, atteignant un pic de réponse en 8 h à 24 h (plus tôt pour les UV-C). Des spectres d'action sont publiés, et le pic se situe normalement à ~300 nm (ICNIRP, 2004).

B.2.4 Documents de référence sur l'érythème

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP):2004 Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics*, 87 (2): 171-186

ISO/CIE 17166:2019, *Spectre d'action érythémale de référence et dose érythémale normalisée*

B.3 Effets biologiques néfastes de l'exposition chronique à l'irradiation ultraviolette

B.3.1 Cancer de la peau

Les cancers de la peau sont le plus souvent liés à une surexposition chronique (ou éventuellement très aiguë et sévère) aux rayonnements ultraviolets (surtout les UV-B). Les cancers des cellules squameuses de la peau sont le plus souvent associés à de nombreuses années d'exposition chronique au soleil et leur incidence est élevée chez les travailleurs en plein air. Ces cancers sont très liés aux latitudes auxquelles l'insolation UV est la plus élevée. En revanche, les cancers mélanocytaires de la peau apparaissent fréquemment dans des zones non exposées du tronc, du dos ou du haut des jambes qui ne sont généralement pas exposées de façon chronique. De plus, les preuves épidémiologiques relatives aux expositions aux UV semblent indiquer de graves coups de soleil – en particulier chez les jeunes (Armstrong et Krickler, 2001). Le risque cancérogène des UV-C et des UV-A est très faible par rapport aux UV-B (CIE, 2016). Le spectre d'action photocarcinogène culmine à ~ 300 nm et chute rapidement à des valeurs inférieures à 5 % dans l'UV-C. Le spectre d'action du cancer de la peau hors mélanome (NMSC – non-melanoma skin cancer) est comparé aux spectres d'action des effets aigus, de l'érythème cutané et de la photokératite. Ces spectres sont représentés comme des courbes linéaires et semi-logarithmiques du spectre d'action de la CIE pour le NMSC à la Figure B.1 et la Figure B.2.

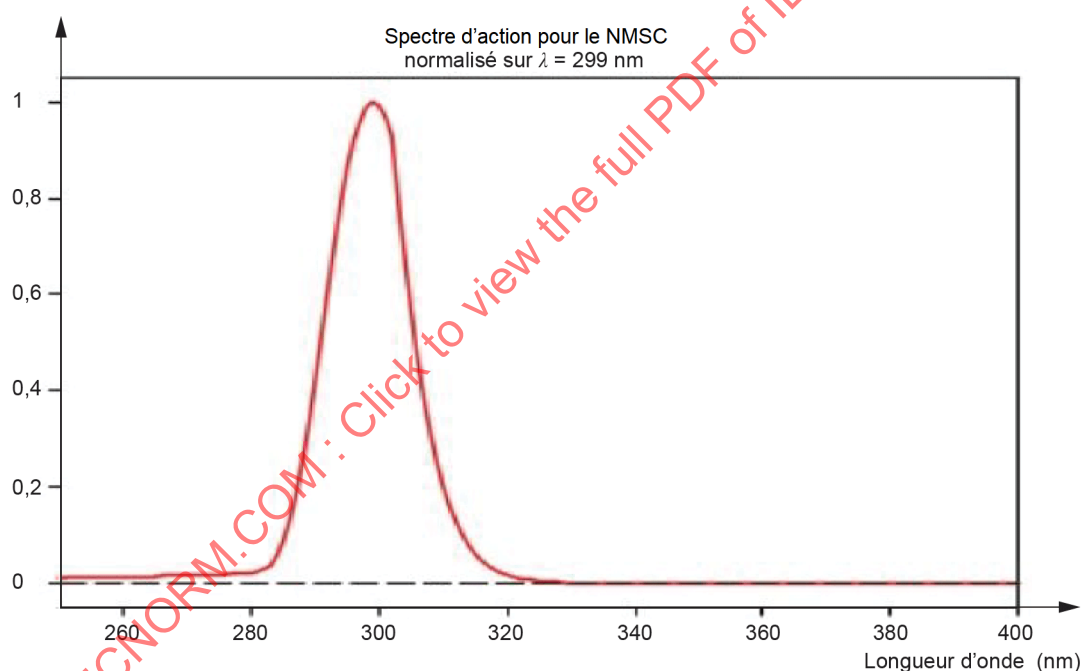


Figure B.1 – Spectre d'action normalisé de la CIE pour le NMSC

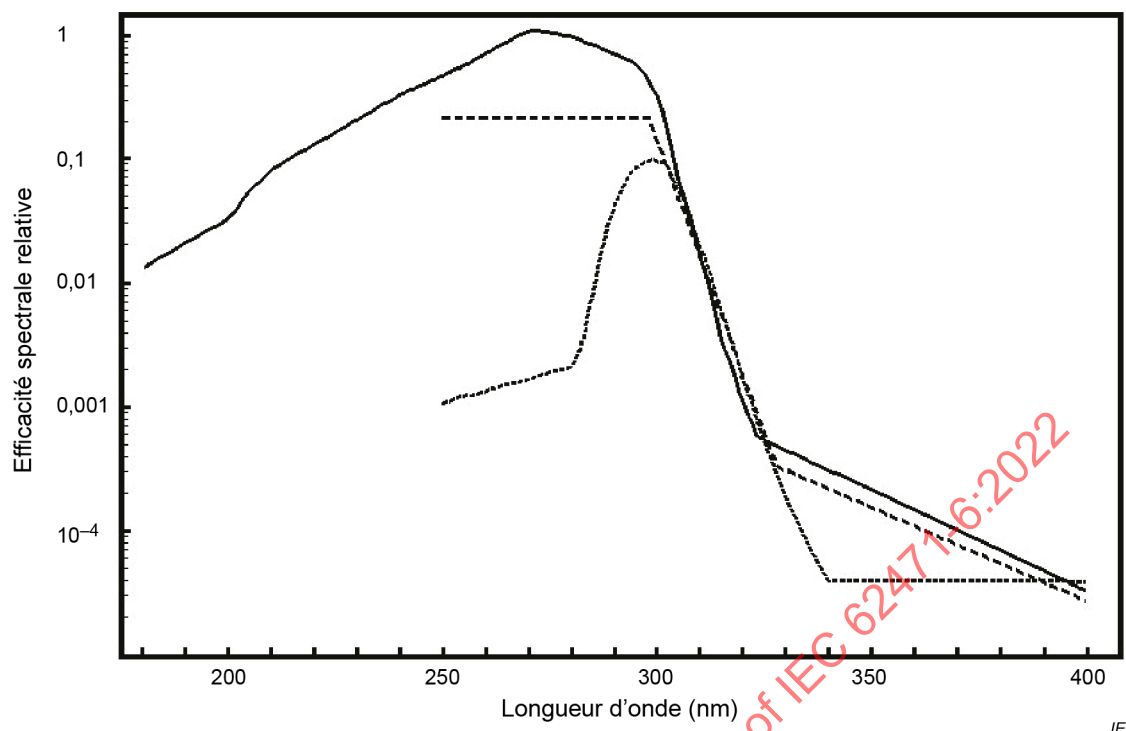


Figure B.2 – Comparaison semi-logarithmique des trois spectres d'action (ICNIRP $S(\lambda)$: ligne continue; McKinlay, Diffey érythème: ligne de tirets; NMSC: ligne pointillée)

B.3.2 Documents de référence sur le cancer de la peau

Armstrong, B.K., Krickler, A.:2001, The epidemiology of UV induced skin cancer, *J Photochem Photobiol B*;63(1-3):8-18, doi: 10.1016/s1041-1344(01)00198-1

Forbes, P.D., Cole, C.A., Frank deGrujil, F., 2021, Origins and evolution of photocarcinogenesis action spectra, Including germicidal UVC, *Photochem. Photobiol.*, doi: 10.1111/php.13371

ISO/CIE 28077:2016, *Spectre d'action de la photocarcinogénèse (cancers de la peau hors mélanome)*

CIE Report 187:2010, *Photocarcinogenesis risks from germicidal lamps*

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP):2004, Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation), *Health Physics* 87 (2): 171-186

B.3.3 Ptérygion et pinguecula

Le ptérygion est un tissu de la conjonctive qui se vascularise et se développe dans la cornée, et qui peut diminuer la vision lorsqu'il pénètre dans la cornée centrale. La pinguecula est une accumulation de tissu conjonctival en excès près de la jonction nasale ou temporale de la sclérotique et de la cornée. Les travailleurs en plein air qui sont exposés à des niveaux élevés d'UV-B sous les latitudes tropicales développent fréquemment ces types de néoplasie. Le ptérygion non traité peut interférer avec la vision; il eut être traité chirurgicalement. Aucun rapport ne fait état de ces effets dus aux sources artificielles.

B.3.4 Documents de référence sur le ptérygion et la pinguecula

Bradley JC, Yang W, Bradley RH, Reid TW, Schwab IR, The science of pterygia, *Br J Ophthalmol*, 94(7):815-20,2010