IEC 60825-1

Edition 3.0 2014-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements

Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

IEC 60825-1:2014-05(en-fr)

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC 60825-1

Edition 3.0 2014-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements

Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XE

ICS 13.110; 31.260

ISBN 978-2-8322-1499-2

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

© IEC 2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

INTERPRETATION SHEET 1

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 76: Optical radiation safety and laser equipment.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
76/587/FDIS	76/593/RVD

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

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

Subclause 4.3 Classification rules

This subclause is clarified by the following:

Introduction

For some complex extended sources or irregular temporal emissions, the application of the rules of subclause 4.3 may require clarification because of changes from IEC 60825-1:2007.

NOTE 1 For the purpose of this interpretation sheet, the abbreviation “AE” is used for “accessible emission”.

NOTE 2 The clarifications also apply in an equivalent way to MPE analysis, i.e. for Annex A.

IEC 60825-1:2014-05/ISH1:2017-12(en-fr)

ICS 13.110; 31.260

1 Subclause 4.3 b) Radiation of multiple wavelengths

See IEC 60825-1:2014/ISH2.

2 Subclause 4.3 c) Radiation from extended sources

When using the default (simplified) evaluation method (subclause 5.4.2) for wavelengths ≥ 400 nm and < 1 400 nm, the angle of acceptance may be limited to 100 mrad for determining the accessible emission to be compared against the accessible emission limit, except in the wavelength range 400 nm to 600 nm for durations longer than 100 s where the circular-cone angle of acceptance is not limited. When evaluating the emissions for comparison to the Class 3B AELs, the angle of acceptance is not limited.

3 Subclause 4.3 d) Non-uniform, non-circular or multiple apparent sources

In subclause 4.3 d), for comparison with the thermal retinal limits, the requirement to vary the angle of acceptance in each dimension might appear to contradict the labelling in Figure 1 and Figure 2 of subclause 5.4.3 where the field stop is labelled as circular.

Interpretation

A circular field stop is applicable for circularly symmetric images of the apparent source and for this case is consistent with the procedure given in subclause 4.3 d). For images of the apparent source that are not circularly symmetric, the simple example below clarifies the application of subclause 4.3 d).

A circular field stop with an angular subtense equal to α_{max} is, however, applicable for non-circularly symmetric profiles if the analysis performed according to subclause 4.3 d), following variation of the angle of acceptance in each dimension, results in a solution which is equal to α_{max} in both dimensions.

As a general principle, for whatever emission duration t the AEL is determined (such as the pulse duration, the pulse group duration or the time base for averaging of the power), the same emission duration t is also used to calculate α_{max} (t).

The following example demonstrates the method described in subclause 4.3 d) to analyse irregular or complex images of a source. It is noted that the example is equivalent to the second part of the example ("Additional Remarks"; 6 mrad spacing instead of 3 mrad) B.9.1 of IEC TR 60825-14:2004 (however, for 6 mrad element spacing, the result in terms of which grouping is critical was not correct). The source is a diode array (Figure 1). The task is to determine the applicable AEL that limits the AE for Class 2. Each diode contributes a partial accessible emission AE of 1 mW that passes through a 7 mm aperture stop at the distance where the analysis is performed (i.e. a total power of 20 mW passes through the aperture stop), and the emission is continuous wave. The analysis requires determination of the most restrictive (maximum) ratio of AE over AEL by variation of the angle of acceptance in position and size to achieve different fields of view.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

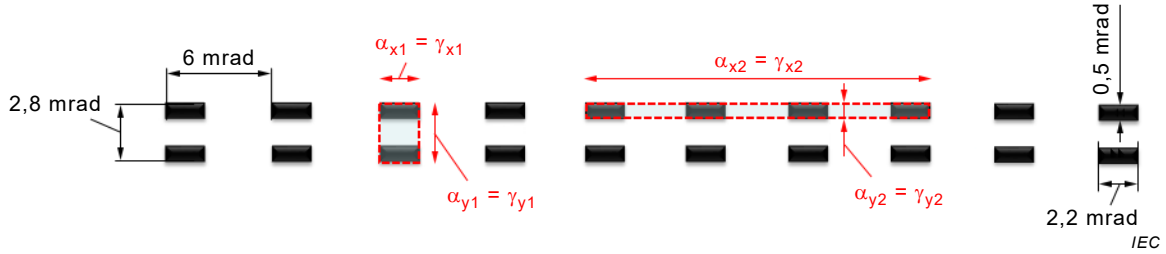


Figure 1 – Image of a source pattern for the example of 20 emitters. Two possible groupings are defined by the respective angle of acceptance γ_x and γ_y

The analysis of a sub-group of sources is associated with a certain value of α for that group, and a certain accessible emission associated with that sub-group. For instance α of a single element equals (1,5 mrad + 2,2 mrad)/2 = 1,85 mrad so that the AEL = 1,23 mW. The applicable AE = 1 mW and AE/AEL = 1 mW/1,23 mW = 0,8. For a vertical two-element group, as shown in the figure with γ_{x1} and γ_{y1}, α = (2,8 + 2,2)/2 = 2,5 mrad so that AEL = 1,66 mW; AE = 2 × 1 mW = 2 mW and AE/AEL = 1,2, which is more restrictive than AE/AEL for only one element. For one row of 10 diodes α = (1,5 + 56,2)/2 = 28,9 mrad, AEL = 19,2 mW, the AE = 10 × 1 mW = 10 mW and AE/AEL = 0,5. Analysis of all possible groupings shows that the vertical two-element group has the maximum AE/AEL and therefore is the solution of the analysis. This means that the AEL of Class 2 is exceeded by a factor 1,2. Note that only a portion of the power of 20 mW that passes through the 7 mm aperture stop is considered as the AE (2 mW; as partial power within the angle of acceptance that is associated to the part of the image with the maximum ratio of AE/AEL) that is compared against the AEL. The entire array represents the highest ratio of AE/AEL in cases where the element spacing is sufficiently close, e.g. when the contributions of extra elements to the AE are not dominated by the increased AEL due to the larger subtended angle.

For pulsed emission, for the determination of α according to the above method (4.3 d)) where the ratio of AE to AEL is maximized, requirement 3) of 4.3 f) is not applied, i.e. the AEL_{single} is not reduced by C_5. Due to the dependence of α_{max} on emission duration t, the analysis of the image of the apparent source may result in different values of α and of the partial accessible emission, depending which emission duration is analysed for the requirements of 4.3 f). For example, for emission durations shorter than 625 µs (α_{max} = 5 mrad), the maximum partial array to consider in the image analysis is a vertical two element group.

Ref.: Classification of extended source products according to IEC 60825-1, K. Schulmeister, ILSC 2015 Proceedings Paper, p 271 – 280; *Download: https://www.filesanywhere.com/fs/v.aspx?v=8b70698a595e75bcaa69*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

4 Subclause 4.3 f) 3) determination of α

For an analysis of pulsed emission, α_{max}, which is a function of time α_{max} (t), limits both the value of α for the determination of $C_6(\alpha)$ as well as the angle of acceptance γ for the determination of the accessible emission (see 4.3 c) and d)) and Clause 3 of this interpretation sheet; in this process, α_{max} (t) is determined for the same emission duration t that is used to determine AEL(t) (i.e. the pulse duration or the pulse group duration for 4.3 f) 3) and the averaging duration for 4.3 f) 2), respectively). However, the parameter α is also used in subclause 4.3 f) 3) in the criteria which C_5 is applied. For these criteria, the parameter α is not limited in the same way as for the determination of C_6 according to 4.3 d).

For the criterion "Unless α > 100 mrad", the angular subtense of the apparent source α is not restricted by α_{max}. For non-uniform (oblong, rectangular, or linear) sources, the inequality needs to be satisfied by both angular dimensions of the source in order for C_5 = 1 to apply.

To calculate $T_2(\alpha)$ and in the criteria "$\alpha \leq 5$ mrad", "5 mrad < $\alpha \leq \alpha_{max}$", and "$\alpha > \alpha_{max}$", the quantity α is limited to a maximum value of 100 mrad, equivalent to α_{max} that applies for 0,25 s emission duration and longer. For T_2 and these inequalities, α is not limited to a value of α_{max} (t) smaller than 100 mrad, and is therefore the same as the value that applies for the determination of C_6 for an emission duration of 0,25 s and longer. As is generally defined (see subclause 4.3 d)) the arithmetic mean is applied to determine α, i.e. it is not necessary that both dimensions satisfy the criterion "For $\alpha \leq 5$ mrad" independently.

For the determination of the applicable value of C_5 in 4.3. f) 3) in an analysis of moving apparent sources (originating from scanned emission when not accommodating to the pivot point or vertex) the value of α in the respective inequalities relating to the choice of C_5 in 4.3 f) 3) is determined for the *stationary* apparent source and the respective accommodation condition that is analysed (such as accommodation to infinity).

5 Subclause 4.3 f) 3) groups of pulses with group duration longer than T_i

For non-uniform repetitive pulse patterns, i.e. groups of pulses (see Figure 2 for an example), when α > 5 mrad and the duration of the group of pulses is longer than T_i, it is not clearly stated how the thermal additivity expressed by requirement 3) of 4.3 f) is applied. For *uniform* (i.e. constant peak power, duration and period) repetitive pulse trains, it is not necessary to analyse the emission patterns in terms of groupings of pulses.

When individual pulses are close together, they are thermally grouped and thermally represent one "effective" pulse so that C_5 also (additionally to analysing the pulse train based on the actual pulses and the average power) applies to these "effective" pulses, where N is the number of pulse groups within T_2 or within the time base, whichever is shorter.

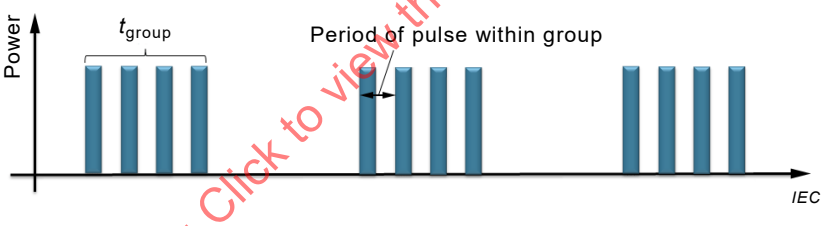


Figure 2 – Example of three groups of pulses (each group duration is longer than T_i) where each group is considered as one "effective" pulse and C_5 is applied to the AEL that applies to the group duration, where C_5 is determined with the number of pulse groups within the evaluation duration (in the example of the figure N = 3)

For the analysis of pulse groups, the value of AEL_{single} is determined for the corresponding pulse group duration t_{group}. For the determination of C_5, N is the number of pulse groups within T_2 or the time base, whichever is smaller. The respective value of C_5 is applied to AEL_{single} to obtain $AEL_{s.p.train}$ that limits the AE of the pulse groups, where AE is the sum of the energy of the pulses contained within the pulse group.

For the application of C_5 to groups of pulses, the AEL(t_{group}) applicable to the group needs to be determined, as well as the energy per group (AE_{group}). For groups of pulses where the peak power of the pulses within the group varies, the group duration is not well defined. In order to simplify the evaluation, t_{group} can be set equal to the integration duration for which the energy per group (i.e. AE_{group}) was determined; it is not necessary to determine the group duration based on the FWHM criterion, which for groups of pulses with varying peak power is not well defined. By setting t_{group} equal to the integration duration that is used to determine AE_{group} (expressed as energy), the application of C_5 to groups of pulses is a simple extension of requirement 2) of 4.3 f) where the average power per group (equal to the energy within the averaging duration $t_{average}$ divided by the averaging duration) needs to be below the AEL($t_{average}$) determined for the duration over which the power was averaged (AE_{group} and AEL(t_{group}) expressed as power). As is common for the average power requirement, for irregular pulse trains, the averaging duration window (when expressed as energy: the

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

integration duration window) has to be varied in temporal position and duration (for instance, if there are pulses with relatively low energy per pulse at the beginning or the end of the group of pulses, integration durations that exclude those low-energy pulses need to be considered also, not only the total group).

If individual pulses have sufficient temporal spacing (period larger than T_{crit}, see below), as a simplified analysis, they need not be considered for an analysis as a pulse group under 4.3 f) 3). The temporal spacing that is necessary for pulses to only be considered separate (and not analysed additionally as a group) depends on the angular subtense of the apparent source and the duration of the pulses t_{pulse} within the group. Note that there can be several levels of grouping, so that individual elements (with pulse duration t) within the group could themselves be "effective pulses", i.e. subgroups.

When the

– pulse group (t_{group}) durations are between T_i and 0,25 s, and
– the angular subtense of the apparent source is larger than 5 mrad, and
– the period of the pulses (see Figure 2) is shorter than a critical period T_{crit} (if $t_{pulse} < T_i$, the value of t_{pulse} is set equal to T_i; further, for the determination of T_{crit}, α_{max} is determined for t_{pulse}, not the group duration) where:

  for $\alpha \leq \alpha_{max}$: $T_{crit} = 2 \cdot t_{pulse}$ where t_{pulse} is in seconds

  for $\alpha > \alpha_{max}$: $T_{crit} = 0{,}01\ \alpha\ t_{pulse}^{0{,}5}$ where t_{pulse} is in seconds, and α is in mrad, not being limited to α_{max},

then these pulses constitute a pulse group which is treated as effective pulses and C_5 (where N is the number of groups within the time base or T_2, whichever is shorter) is applied to the AEL applicable to the pulse group. For the determination of AE, α_{max} is determined using the duration of the evaluated pulse group, t_{group}. If above conditions are not fulfilled, then the pulses within the group of pulses that is considered to be analysed as "effective pulse" need not be grouped, i.e. the group of pulses does not need to be analysed as one "effective" pulse.

Note that if multiple pulses occur within T_i, the rule as stated in 4.3 f) 3) applies in parallel, i.e. they are counted as a single pulse to determine N and the energies of the individual pulses that occur within T_i are added to be compared to the $AEL_{s.p.train}$ of T_i where the corresponding C_5 for emission durations $t \leq T_i$ is applied.

6 Subclause 4.3 f) simplifications

a) Constant peak power but shorter pulses

Depending on the angular subtense of the apparent source, it can be the case that the value of C_5 is more restrictive for pulses with pulse durations less than T_i than for pulses with durations longer than T_i which is against general biophysical principles for cases where the peak power is the same.

Interpretation

For the case of varying pulse duration within a pulse train, if the accessible emission for pulses longer than T_i is below the applicable AEL, then it can be assumed for the analysis that pulses with durations less than T_i but <u>with the same (or lower) peak power</u> as the longer pulses, are less critical. The rationale for this interpretation follows the principle that when pulses have the same peak power, the shorter pulse cannot be more restrictive than the longer one.

NOTE This interpretation can also be used to smooth the step function at T_i for the classification of products, i.e. the classification of a product may be based on the assumption of pulse durations longer than T_i even if they are shorter than T_i provided that the longer pulses satisfy the applicable AEL and the shorter pulses have the same or lower peak power compared to the longer pulses.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

b) Larger image of apparent source

For emission durations exceeding T_i, due to the step-function of C_5 at 5 mrad and at α_{max}, the AEL (as a function of C_5 and C_6) can be more restrictive for larger values of the angular subtense of the apparent source as compared to smaller ones, which is contrary to general biophysical principles.

Interpretation

When the class of a laser product is determined with the extended analysis (subclause 5.4.3) and the apparent source is larger than 5 mrad, the classification may be based on a value of the angular subtense of the apparent source less than 5 mrad (resulting in a smaller C_6 but also larger C_5). That is, when the AE is below the AEL for an assumed smaller apparent source, the resulting class is applicable even though the image of the apparent source is larger than 5 mrad. This also applies in an equivalent way to the step function of C_5 at α_{max}.

c) Using a square aperture stop

In some cases, such as 2D scanned laser beams, the use of a circular aperture stop to determine the accessible emission creates very complex pulse patterns.

Interpretation

Analysis performed with a square aperture stop with 7 mm side length (for determination of accessible emission and pulse duration) can be assumed to be equivalent to, or more restrictive than, a circular aperture stop and is therefore a valid analysis.

d) Applicability of simplified default analysis

For pulse durations longer than T_i, the value of C_5 is smaller (more restrictive) for angular subtense values α larger than 5 mrad compared to $\alpha \leq 5$ mrad. The assumption of α = 1,5 mrad is the basis of the simplified (default) evaluation. It is therefore not obvious if the simplified (default) analysis still applies in terms of being a restrictive simplifying analysis even for the case that the angular subtense of the apparent source is actually larger than 5 mrad, where $C_5 < 1$.

Interpretation

It is acceptable to make use of the simplified restrictive assumption of α = 1,5 mrad (C_6 = 1, C_5 = 1) even for the case that the angular subtense of the source is larger than 5 mrad. This means it is not necessary to show that α < 5 mrad in order to apply C_6 = 1 and C_5 = 1 for the simplified (default) analysis, because overall this is a conservative simplification. Note that the simplified default analysis implies that the determination of the accessible emission is not limited by an angle of acceptance equal to α_{max}.

e) Determination of the most restrictive position

For the extended analysis, it is necessary to vary the position in the beam. For each position in the beam, the accommodation is varied and the most restrictive image is determined. For determining the most restrictive image (where the ratio AE/AEL is maximum) at a given position, requirement 3) of 4.3 f) is not applied. Otherwise a blurred (larger) image of the apparent source, resulting from variation of the accommodation, could appear more restrictive, which is contrary to general biophysical principles. Once the most restrictive image (and associated α) is identified for each position in the beam, all three requirements 4.3 f) are applied to determine the most restrictive position (identifying the position with the maximum ratio of AE/AEL).

f) Application of total-on-time-pulse method

For regular pulse trains, as well as for varying pulse durations and/or varying period of pulses (but excluding strongly varying peak powers; see below), the total-on-time pulse (TOTP) method (see also IEC 60825-1:2007, subclause 8.3 f) 3b)) may be used as alternative to requirement 3) of 4.3 f), i.e. as alternative to the application of C_5 to the single pulse AEL, provided that α_{max} is determined for the TOTP (or using the worst case value of 100 mrad). This is more restrictive than the rules of 4.3 f) because it is equivalent to an unlimited C_5 (C_5 not limited to 0,2 or 0,4), and because the value of α_{max} is typically larger for the TOTP as compared to the value applicable to the single pulse.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

For total-on-time-pulse (TOTP) method the following applies, as reproduced from IEC 60825-1:2007.

The AEL is determined by the duration of the TOTP, which is the sum of all pulse durations within the emission duration or T_2, whichever is smaller. Pulses with durations less than T_i are assigned pulse durations of T_i. If two or more pulses occur within a duration of T_i these pulse groups are assigned pulse durations of T_i. For comparison with the AEL for the corresponding duration, all individual pulse energies are added.

Note that the TOTP method in IEC 60825-1:2007 (incl. Corrigendum 1) was specified "For varying pulse widths or varying pulse intervals" and did not refer to varying peak powers. For the case of strongly varying peak powers, the TOTP method is not applicable, as adding pulses to the pulse train with small peak powers and low contributing energy-per-pulse values might increase the AEL (by increasing the total-on-time) more than this increases the total energy, and thus would make the emission less critical as compared to an emission based on the pulses with the large peak power only.

g) Varying peak power but constant pulse duration

For varying peak power but constant pulse durations (both less than or larger than T_i), requirement 3) of 4.3 f) can be applied by counting the pulses for the determination of N based on the relative peak power, i.e. N is increased by 1,0 for each pulse with the maximum peak power, and by a value of less than 1,0 for pulses with lower peak power, such as for a pulse with 70 % peak power compared to the maximum peak power in the pulse train, N is increased by 0,7. For this, based on the strong non-linearity of thermally induced injury with temperature, it is justified not to count pulses with peak powers that are more than a factor of 10 below the pulse with the maximum peak power (i.e. less than 10 % of the maximum peak power). Note that the resulting $AEL_{s.p.train}$ is applied to the pulse with the largest AE, i.e. the largest energy per pulse, and that the interpretation in this paragraph applies only for the case of pulse trains with constant pulse durations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

© IEC 2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

INTERPRETATION SHEET 2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

This interpretation sheet has been prepared by IEC technical committee 76: Optical radiation safety and laser equipment.

The text of this interpretation sheet is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
76/588/FDIS	76/594/RVD

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

Subclause 4.4 – Conventional lamp replacement

This subclause is clarified by the following:

Subclause 4.4 introduces a criterion based on radiance, which is a quantity not normally determined for laser products. This interpretation sheet clarifies the determination of radiance and the radiance limit.

Interpretation

The angular subtense α is determined based on the 50 % of the peak radiance (not averaged over an angle of acceptance larger than 1,5 mrad) of the apparent source, which is an equivalent criterion as given in IEC 62471:2006 and IEC 62471-5:2015. For inhomogeneous or multiple sources, the outer edge (defined by the 50 % level) of the apparent source profile is used to determine α for the calculation of the radiance limit as well as for the limit regarding the minimum size of the apparent source, even if there are hotspots within the apparent source profile. Both the radiance as well as the angular subtense of the apparent source α is determined at a distance of 200 mm from the closest point of human access.

IEC 60825-1:2014-05/ISH2:2017-12(en-fr)

ICS 13.110; 31.260

NOTE The IEC 62471 series also uses the 50 % level outer edge of the source profile for determination of α for the retinal thermal radiance limit.

The radiance limit (L_T) specified in subclause 4.4 is not an AEL but merely a criterion to fulfil this subclause. To satisfy the limit does not imply that the emission of the product is necessarily considered “safe” or of any specific Risk Group under IEC 62471.

Although the accessible emission that complies with the definition of subclause 4.4 is excluded from classification under IEC 60825-1, the applicable requirements of IEC 60825-1 still apply (i.e. labels, engineering features, service, user information, etc.) and the product is classified as a laser product under IEC 60825-1, but excluding (i.e. “neglecting”) the light emission that falls under subclause 4.4 (usually, the product will be Class 1). For the case of classification as Class 1, contrary to a “normal” Class 1 laser product where placing the Class 1 label on the product is optional, for a product with light emission that is excluded under subclause 4.4, the Class 1 label is mandatory, additional to the label of the Risk Group according to the IEC 62471 series.

A laser based light module that, as a component, is intended to be sold to manufacturers of luminaires is not subject to IEC 60825-1 per the scope of this standard. However, the end product (i.e. the luminaire) is in the scope of IEC 60825-1, including subclause 4.4. A light module can, however, be classified based on the IEC 62471 series.

In order to exclude the emission, it is not a requirement that the emission is broadband; for example the emission can be multiple monochromatic bands or in some cases even monochromatic. Also there is no specific requirement with respect to the degree of coherence of the emission.

The conditions to determine the radiance that is compared to the radiance limit (L_T) are clarified by the following:

a) The un-weighted maximum radiance (i.e. for pulsed or scanned emission, the temporal peak radiance during the pulse or the scan across the stationary aperture, respectively) is averaged over an acceptance angle of 5 mrad and is determined at 200 mm from the closest point of human access.

b) If the radiance criterion is applied to beams with diameters less than 7 mm at 200 mm, the diameter of the averaging aperture stop at the imaging system for the determination of radiance is 1 mm.

c) It is necessary to consider maximum emissions (as described in 5.2 b)) during normal operation and maintenance as well as reasonably foreseeable single fault conditions. For example, a diffusing element failure could result in exceeding the radiance criterion described in subclause 4.4.

d) When laser and non-laser (incoherent) radiation are coincident within the same retinal location (i.e. emitting from within the specified angle of acceptance), both laser and non-laser (incoherent) radiation must be included. Emissions that are excluded for laser classification are included for the determination of a Risk Group (RG) under the applicable IEC 62471 standard.

Item d) also clarifies subclause 4.3 b) and with respect to intended non-laser radiation takes precedence over 5.2 f). This means that if subclause 4.4 is not applied and the emission is classified under the laser standard, both laser and non-laser emissions are included.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

CONTENTS

FOREWORD 6
1 Scope and object 8
2 Normative references 10
3 Terms and definitions 10
4 Classification principles 24
4.1 General 24
4.2 Classification responsibilities 24
4.3 Classification rules 24
4.4 Laser products designed to function as conventional lamps 29
5 Determination of the accessible emission level and product classification 29
5.1 Tests 29
5.2 Measurement of laser radiation 30
5.3 Determination of the class of the laser product 31
5.4 Measurement geometry 40
5.4.1 General 40
5.4.2 Default (simplified) evaluation 41
5.4.3 Evaluation condition for extended sources 42
6 Engineering specifications 44
6.1 General remarks and modifications 44
6.2 Protective housing 44
6.2.1 General 44
6.2.2 Service 45
6.2.3 Removable laser system 45
6.3 Access panels and safety interlocks 45
6.4 Remote interlock connector 46
6.5 Manual reset 46
6.6 Key control 46
6.7 Laser radiation emission warning 47
6.8 Beam stop or attenuator 47
6.9 Controls 47
6.10 Viewing optics 47
6.11 Scanning safeguard 47
6.12 Safeguard for Class 1C products 48
6.13 "Walk-in" access 48
6.14 Environmental conditions 48
6.15 Protection against other hazards 48
6.15.1 Non-optical hazards 48
6.15.2 Collateral radiation 49
6.16 Power limiting circuit 49
7 Labelling 49
7.1 General 49
7.2 Class 1 and Class 1M 51
7.3 Class 1C 52
7.4 Class 2 and Class 2M 53
7.5 Class 3R 53
7.6 Class 3B 54

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

7.7 Class 4 ... 54
7.8 Aperture label ... 55
7.9 Radiation output and standards information ... 55
7.10 Labels for access panels ... 56
7.10.1 Labels for panels ... 56
7.10.2 Labels for safety interlocked panels ... 57
7.11 Warning for invisible laser radiation ... 57
7.12 Warning for visible laser radiation ... 57
7.13 Warning for potential hazard to the skin or anterior parts of the eye ... 57
8 Other informational requirements ... 58
8.1 Information for the user ... 58
8.2 Purchasing and servicing information ... 59
9 Additional requirements for specific laser products ... 60
9.1 Other parts of the standard series IEC 60825 ... 60
9.2 Medical laser products ... 60
9.3 Laser processing machines ... 60
9.4 Electric toys ... 60
9.5 Consumer electronic products ... 60
Annex A (informative) Maximum permissible exposure values ... 61
A.1 General remarks ... 61
A.2 Limiting apertures ... 66
A.3 Repetitively pulsed or modulated lasers ... 67
A.4 Measurement conditions ... 68
A.4.1 General ... 68
A.4.2 Limiting aperture ... 68
A.4.3 Angle of acceptance ... 68
A.5 Extended source lasers ... 69
Annex B (informative) Examples of calculations ... 70
B.1 Symbols used in the examples of this annex ... 70
B.2 Classification of a laser product – Introduction ... 71
B.3 Examples ... 75
Annex C (informative) Description of the classes and potentially associated hazards ... 80
C.1 General ... 80
C.2 Description of classes ... 80
C.2.1 Class 1 ... 80
C.2.2 Class 1M ... 80
C.2.3 Class 1C ... 80
C.2.4 Class 2 ... 81
C.2.5 Class 2M ... 81
C.2.6 Class 3R ... 81
C.2.7 Class 3B ... 82
C.2.8 Class 4 ... 82
C.2.9 Note on nomenclature ... 82
C.3 Limitations of the classification scheme ... 84
C.4 References ... 85
Annex D (informative) Biophysical considerations ... 86
D.1 Anatomy of the eye ... 86
D.2 The effects of laser radiation on biological tissue ... 87

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

D.2.1 General ... 87
D.2.2 Hazards to the eye ... 89
D.2.3 Skin hazards ... 92
D.3 MPEs and irradiance averaging ... 93
D.4 Reference documents ... 93
Annex E (informative) MPEs and AELs expressed as radiance ... 95
E.1 Background ... 95
E.2 Radiance values ... 95
E.3 Rationale ... 96
Annex F (informative) Summary tables ... 99
Annex G (informative) Overview of associated parts of IEC 60825 ... 102
Bibliography ... 104

Figure 1 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by imaging the apparent source onto the plane of the field stop ... 43
Figure 2 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by placing a circular aperture or a mask (serving as field stop) close to the apparent source ... 43
Figure 3 – Warning label – Hazard symbol ... 50
Figure 4 – Explanatory label ... 51
Figure 5 – Alternative label for Class 1 ... 52
Figure 6 – Alternative label for Class 1M ... 52
Figure 7 – Alternative label for Class 1C ... 52
Figure 8 – Alternative label for Class 2 ... 53
Figure 9 – Alternative label for Class 2M ... 53
Figure 10 – Alternative label for Class 3R ... 54
Figure 11 – Alternative label for Class 3B ... 54
Figure 12 – Alternative label for Class 4 ... 55
Figure 13 – Alternative label for laser aperture ... 55
Figure B.1 – Flowchart guide for the classification of laser products from supplied output parameters ... 72
Figure B.2 – Flowchart guide for the classification of Class 1M and Class 2M laser products ... 73
Figure B.3 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for selected emission durations from 10^{-9} s to 10^{3} s ... 74
Figure B.4 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for emission durations from 10^{-9} s to 10^{3} s at selected wavelengths ... 74
Figure B.5 – AEL for Class 1 visible and selected infra-red laser products (case C_6 = 1) ... 75
Figure D.1 – Anatomy of the eye ... 86
Figure D.2 – Diagram of laser-induced damage in biological systems ... 88
Figure E.1 – Radiance as a function of wavelength ... 95

Table 1 – Additivity of effects on eye and skin of radiation of different spectral regions ... 25
Table 2 – Times below which pulse groups are summed ... 28
Table 3 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products and C_6 = 1 ... 34

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 4 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources 35
Table 5 – Accessible emission limits for Class 2 and Class 2M laser products 36
Table 6 – Accessible emission limits for Class 3R laser products and C_6 = 1 37
Table 7 – Accessible emission limits for Class 3R laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources 38
Table 8 – Accessible emission limits for Class 3B laser products 39
Table 9 – Correction factors and breakpoints for use in AEL and MPE evaluations 39
Table 10 – Measurement aperture diameters and measurement distances for the default (simplified) evaluation 41
Table 11 – Reference points for Condition 3 42
Table 12 – Limiting angle of acceptance γ_{ph} 43
Table 13 – Requirements for safety interlocking 45
Table A.1 – Maximum permissible exposure (MPE) for C_6 = 1 at the cornea expressed as irradiance or radiant exposure 62
Table A.2 – Maximum permissible exposure (MPE) at the cornea for extended sources in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region) expressed as irradiance or radiant exposure[d] 63
Table A.3 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.1 (C_6 = 1) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy [a, b] 64
Table A.4 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.2 (extended sources) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy [a, b, c, d, e, f, g] 65
Table A.5 – Maximum permissible exposure (MPE) of the skin to laser radiation 66
Table A.6 – Aperture diameters for measuring laser irradiance and radiant exposure 67
Table D.1 – Summary of pathological effects associated with excessive exposure to light ... 90
Table D.2 – Explanation of measurement apertures applied to the eye MPEs 93
Table E.1 – Maximum radiance of a diffused source for Class 1 96
Table F.1 – Summary of the physical quantities used in this Part 1 99
Table F.2 – Summary of manufacturer's requirements *(1 of 2)* 100
Table G.1 – Overview of additional data in associated parts of IEC 60825 103

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.

2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.

3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.

4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.

5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.

6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.

7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.

8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.

9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60825-1 has been prepared by IEC technical committee 76: Optical radiation safety and laser equipment.

This third edition of IEC 60825-1 cancels and replaces the second edition published in 2007. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a new class, Class 1C, was introduced;
- the measurement condition 2 ("eye loupe" condition) was removed;
- classification of the emission of laser products below a certain radiance level that are intended to be used as replacement for conventional light sources can, as an option, be based on the IEC 62471 series;
- the accessible emission limits (AELs) for Class 1, 1M, 2, 2M and 3R of pulsed sources, particularly of pulsed extended sources, were updated to reflect the latest revision of the

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

ICNIRP guidelines on exposure limits (accepted for publication in Health Physics 105 (3): 271 – 295; 2013, see also www.icnirp.org).

This part of IEC 60825 has the status of a Group Safety Publication, in accordance with IEC Guide 104[1)], for aspects of laser radiation pertaining to human safety.

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

FDIS	Report on voting
76/502/FDIS	76/506/RVD

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

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

The list of all parts of the IEC 60825 series, published under the title *Safety of laser products*, can be found on the IEC website.

This part of IEC 60825 is also referred to as "Part 1" in this publication.

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

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

The contents of the corrigendum of the interpretation sheets 1 (December 2017) and 2 (December 2017) have been included in this copy.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

1) IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*
It gives guidance to IEC technical committees and to writers of specifications concerning the manner in which safety publications should be drafted.
This guide does not constitute a normative reference and reference to it is given for information only.

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

1 Scope and object

IEC 60825-1 is applicable to safety of laser products emitting laser radiation in the wavelength range 180 nm to 1 mm.

Although lasers exist which emit at wavelengths less than 180 nm (within the vacuum ultraviolet), these are not included in the scope of the standard since the laser beam normally has to be enclosed in an evacuated enclosure, and, therefore, the potential optical radiation hazards are inherently minimal.

A laser product may consist of a single laser with or without a separate power supply or may incorporate one or more lasers in a complex optical, electrical, or mechanical system. Typically, laser products are used for demonstration of physical and optical phenomena, materials processing, data reading and storage, transmission and display of information, etc. Such systems have found use in industry, business, entertainment, research, education, medicine and consumer products.

Laser products that are sold to other manufacturers for use as components of any system for subsequent sale are not subject to IEC 60825-1, since the final product will itself be subject to this standard. Laser products that are sold by or for manufacturers of end products for use as repair parts for the end products are also not subject to IEC 60825-1. However, if the laser system within the laser product is operable when removed from the end product, the requirements of this Part 1 apply to the removable laser system.

NOTE 1 Operable equipment does not require a tool to prepare for operation.

Any laser product is exempt from all further requirements of this Part 1 if classification by the manufacturer of that product according to Clauses 4 and 5 shows that the emission level does not exceed the AEL (accessible emission limit) of Class 1 under all conditions of operation, maintenance, service and failure. Such a laser product may be referred to as an exempt laser product.

NOTE 2 The above exemption is to ensure that inherently safe laser products are exempt from Clauses 6,7,8 and 9.

In addition to the adverse effects potentially resulting from exposure to laser radiation, some laser equipment may also have other associated hazards, such as electricity, chemicals and high or low temperatures. Laser radiation may cause temporary visual impairment, such as dazzle and glare. Such effects depend on the task and ambient lighting level and are beyond the scope of this Part 1. The classification and other requirements of this standard are intended to address only the laser radiation hazards to the eyes and skin. Other hazards are not included within its scope.

This Part 1 describes the minimum requirements. Compliance with this Part 1 may not be sufficient to achieve the required level of product safety. Laser products may also be required to conform to the applicable performance and testing requirements of other applicable product safety standards.

NOTE 3 Other standards may contain additional requirements. For example, a Class 3B or Class 4 laser product may not be suitable for use as a consumer product.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Where a laser system forms a part of equipment which is subject to another IEC product safety standard, e.g. for medical equipment (IEC 60601-2-22), IT equipment (IEC 60950 series), audio and video equipment (IEC 60065), audio-video and IT equipment (IEC 62368-1), equipment for use in hazardous atmospheres (IEC 60079), or electric toys (IEC 62115), this Part 1 will apply in accordance with the provisions of IEC Guide 104[2)] for hazards resulting from laser radiation. If no product safety standard is applicable, then IEC 61010-1 may be applied.

For ophthalmic instruments, to ensure patient safety, ISO 15004-2 should be consulted and the principles of the limits provided there should be applied for laser radiation (see also Annex C and D).

In previous editions, light-emitting diodes (LEDs) were included in the scope of IEC 60825-1, and they may be still included in other parts of the IEC 60825 series. However, with the development of lamp safety standards, optical radiation safety of LEDs in general can be more appropriately addressed by lamp safety standards. The removal of LEDs from the scope of this Part 1 does not preclude other standards from including LEDs whenever they refer to lasers. IEC 62471 may be applied to determine the risk group of an LED or product incorporating one or more LEDs. Some other (vertical) standards may require the application of the measurement, classification, engineering specifications and labelling requirements of this standard (IEC 60825-1) to LED products.

Laser products with accessible radiance below the criteria specified in 4.4, designed to function as conventional light sources, and which satisfy the requirements specified in 4.4 may alternatively be evaluated under the IEC 62471 series of standards, "Photobiological safety of lamps and lamp systems". Such a product remains within the scope of this part of IEC 60825, except that the above-described optical radiation emission need not be considered for classification.

The MPE (maximum permissible exposure) values provided in Annex A were developed for laser radiation and do not apply to collateral radiation. However, if a concern exists that accessible collateral radiation might be hazardous, the laser MPE values may be applied to conservatively evaluate this potential hazard, or the exposure limit values in IEC 62471 should be consulted.

The MPE values in Annex A are not applicable to intentional human exposure to laser radiation for the purpose of medical or cosmetic/aesthetic treatment.

NOTE 4 Informative Annexes A to G have been included for purposes of general guidance and to illustrate many typical cases. However, the annexes are not regarded as definitive or exhaustive.

The objectives of this part of IEC 60825 are the following:

- to introduce a system of classification of lasers and laser products emitting radiation in the wavelength range 180 nm to 1 mm according to their degree of optical radiation hazard in order to aid hazard evaluation and to aid the determination of user control measures;
- to establish requirements for the manufacturer to supply information so that proper precautions can be adopted;
- to ensure, through labels and instructions, adequate warning to individuals of hazards associated with accessible radiation from laser products;
- to reduce the possibility of injury by minimizing unnecessary accessible radiation and to give improved control of the laser radiation hazards through protective features.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

2) IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

2 Normative references

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

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

IEC 62471 (all parts), *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the definitions given in IEC 60050-845 as well as the following apply.

NOTE For convenience here, the definitions have been arranged in English alphabetical order. Departures from IEC 60050-845 are intentional and are indicated. In such cases, reference is made, between brackets, to the definition of Part 845 of IEC 60050, with the mention "modified".

3.1
access panel
part of the protective housing which provides access to laser radiation when removed or displaced

3.2
accessible emission
level of radiation determined at a position and with aperture stops (when the AEL is given in units of Watts or Joules) or limiting apertures (when the AEL is given in units of $W \cdot m^{-2}$ or $J \cdot m^{-2}$) as described in Clause 5

Note 1 to entry: The accessible emission is determined where human access is considered, as specified in Definition 3.40. The accessible emission (determined during operation) is compared with the accessible emission limit (Entry 3.3) in order to determine the class of the laser product. In the body of the standard, whenever the term "emission level" is used, it is to be understood as accessible emission.

Note 2 to entry: When the beam is larger than the aperture stop, the accessible emission when given in units of watts or joules is less than the total emitted power or energy of the laser product. When the beam is smaller than the limiting aperture, the accessible emission when given in units of $W \cdot m^{-2}$ or $J \cdot m^{-2}$, i.e. as irradiance or radiant exposure averaged over the limiting aperture, is smaller than the actual irradiance or radiant exposure of the beam. See also aperture stop (3.9) and limiting aperture (3.55).

3.3
accessible emission limit
AEL
maximum accessible emission permitted within a particular class

Note 1 to entry: Wherever the text refers to "emission level not exceeding the AEL" or similar wording, it is implicit that the accessible emission is determined following the measurement criteria specified in Clause 5.

3.4
administrative control
safety measures of a non-engineering type such as: key supervision; safety training of personnel; warning notices; count-down procedures; and range safety controls

Note 1 to entry: These may be specified by the manufacturer (see Clause 8).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.5
angle of acceptance
γ
plane angle within which a detector will respond to optical radiation, usually measured in radians

Note 1 to entry: This angle of acceptance may be controlled by apertures or optical elements in front of the detector (see Figures 1 and 2). The angle of acceptance is also sometimes referred to as the field of view.

Note 2 to entry: SI unit: radian.

Note 3 to entry: The angle of acceptance should not be confused with the angular subtense of the source or the beam divergence.

3.6
angular subtense
plane angle that is subtended by a circular arc, as the ratio of the length of the arc to the radius of the arc

Note 1 to entry: SI unit: radian.

Note 2 to entry: For small angles, the angular subtense of a line at a given distance is calculated by division of the line length by the distance. For large angles, the difference between the line as chord and the arc needs to be accounted for.

3.7
angular subtense of the apparent source
α
angle subtended by an apparent source as viewed from a point in space, as shown in Figure 1

Note 1 to entry: For the case of a Gaussian irradiance profile distribution of the image of the apparent source, such as for a diffuse reflection of a TEM_{00} beam, α is determined with the d_{63} beam diameter definition (see 3.13). For non-uniform irradiance profiles or multiple sources, α is determined according to 4.3 d).

Note 2 to entry: SI unit: radian.

Note 3 to entry: The location and angular subtense of the apparent source depend on the viewing position in the beam (see 3.10).

Note 4 to entry: The angular subtense of an apparent source is applicable in this Part 1 only in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm, the retinal hazard region.

Note 5 to entry: The angular subtense of the laser source should not be confused with the divergence of the beam. The angular subtense of the laser source cannot be larger than the divergence of the beam but it is usually smaller than the divergence of the beam.

3.8
aperture
any opening in the protective housing of a laser product through which laser radiation is emitted, thereby allowing human access to such radiation

Note 1 to entry: See also limiting aperture (3.55).

3.9
aperture stop
opening serving to define the area over which radiation is measured

Note 1 to entry: See also limiting aperture (3.55).

3.10
apparent source
for a given evaluation location of the retinal hazard, real or virtual object that forms the smallest possible retinal image (considering the accommodation range of the human eye)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 to entry: The accommodation range of the eye is assumed to be variable from 100 mm to infinity. The location of the apparent source for a given viewing position in the beam is that location to which the eye accommodates to produce the most hazardous retinal irradiance condition.

Note 2 to entry: This definition is used to determine, for a given evaluation position, the location of the apparent origin of laser radiation in the wavelength range of 400 nm to 1 400 nm. In the limit of vanishing divergence, i.e. in the case of a well collimated beam, the location of the apparent source goes to infinity.

Note 3 to entry: For circular images of extended sources on the retina with Gaussian profiles, the d_{63} definition can be used to determine the angular subtense of the apparent source α.

3.11
beam
laser radiation that may be characterized by direction, divergence, diameter or scan specifications

Note 1 to entry: Scattered radiation from a non-specular reflection is not considered to be a beam.

3.12
beam attenuator
device which reduces the laser radiation to or below a specified level or by a specific fraction

3.13
beam diameter
beam width
d_u
diameter of the smallest circle which contains *u* % of the total laser power (or energy)

Note 1 to entry: For the purpose of this standard d_{63} is used.

Note 2 to entry: The beam waist is the position in the beam where the beam diameter is minimum.

Note 3 to entry: SI unit: metre.

Note 4 to entry: This definition of the beam diameter should not be used generally for the determination of the angular subtense of the apparent source α since the definitions are different. However, for the case of a Gaussian irradiance profile of the image of the apparent source, d_{63} can be applied for the determination of the angular subtense of the apparent source α. For non-Gaussian irradiance profiles of the image of the angular subtense of the apparent source, the method described in 4.3 d) is to be used.

Note 5 to entry: In the case of a Gaussian beam, d_{63} corresponds to the point where the irradiance (radiant exposure) falls to 1/e of its central peak value.

Note 6 to entry: The second moment diameter definition (as defined in ISO 11146-1) is not appropriate to be used for beam profiles with central high irradiance peaks and a low level background, such as produced by unstable resonators in the far field: the power that passes through an aperture can be significantly underestimated when using the 2nd moment and calculating the power with the assumption of a Gaussian beam profile.

3.14
beam divergence
far field plane angle of the cone defined by the beam diameter

Note 1 to entry: If the beam diameters (see 3.13) at two points separated by a distance *r* are d_{63} and d'_{63} the divergence is given by:

$$\varphi_{63} = 2 \arctan\left(\frac{d'_{63} - d_{63}}{2\,r}\right)$$

Note 2 to entry: SI unit: radian.

Note 3 to entry: The second moment divergence definition (ISO 11146-1) is not appropriate to be used for beam profiles with central high irradiance peaks and a low level background, such as produced by unstable resonators in the far field or beam profiles that show diffraction patterns caused by apertures.

3.15
beam expander
combination of optical elements which will increase the diameter of a laser beam

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.16
beam path component
optical component which lies on a defined beam path

EXAMPLE A beam steering mirror, a focusing lens or a diffuser.

3.17
beam stop
device which terminates a laser beam path

3.18
Class 1 laser product
any laser product which during operation does not permit human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 1 for applicable wavelengths and emission durations (see 5.3 and 4.3 e))

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products, that laser radiation above the AEL of the class of the product can become accessible during maintenance (see 6.2.1) or service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

3.19
Class 1C laser product
any laser product which is designed explicitly for contact application to the skin or non-ocular tissue and that:

– during operation ocular hazard is prevented by engineering means, i.e. the accessible emission is stopped or reduced to below the AEL of Class 1 when the laser/applicator is removed from contact with the skin or non-ocular tissue,
– during operation and when in contact with skin or non-ocular tissue, irradiance or radiant exposure levels may exceed the skin MPE as necessary for the intended treatment procedure, and
– the laser product complies with applicable vertical standards

Note 1 to entry: It is not sufficient to classify a product as Class 1C only under IEC 60825-1 without consideration of requirements specified in applicable vertical product safety standards. See also the limitations of the Classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: Since the emitted radiation may exceed the applicable skin MPE, the output of a Class 1C laser may be potentially hazardous to the target tissue. The definition of appropriate limitations of the emission accessible under contact conditions, for example a possible contact with the eyelids, are beyond the scope of this standard and are specified in applicable vertical standards.

Note 3 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products that, depending on the product, radiation above the AEL of Class 1 can become accessible during maintenance (see 6.2.1) or service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

3.20
Class 1M laser product
any laser product in the wavelength range from 302,5 nm to 4 000 nm which during operation does not permit human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 1 for applicable wavelengths and emission durations (see 4.3 e)), where the level of radiation is measured according to 5.3 a)

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: The output of a Class 1M laser product is potentially hazardous when viewed using telescopic optics such as a telescope or a binocular (see 5.3 a)).

Note 3 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products that, depending on the product, radiation above the AEL of the class of the laser product can become accessible during maintenance (see 6.2.1) or service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.21
Class 2 laser product
any laser product in the wavelength range from 400 nm to 700 nm which during operation does not permit human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 2 for applicable wavelengths and emission durations (see 5.3 c))

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products that, depending on the product, radiation above the AEL of the class of the product can become accessible during maintenance (see 6.2.1) or service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

3.22
Class 2M laser product
any laser product in the wavelength range from 400 nm to 700 nm which during operation does not permit human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 2 for applicable wavelengths and emission durations (see 4.3 e)), where the level of radiation is measured according to 5.3 c)

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: The output of a Class 2M laser product is potentially hazardous when viewed using telescopic optics such as a telescope or a binocular (see 5.3 c)).

Note 3 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products that, depending on the product, radiation above the AEL of the class of the product can become accessible during maintenance (see 6.2.1) or service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

3.23
Class 3R and Class 3B laser products
any laser product which during operation permits human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 1 and Class 2, as applicable, but which does not permit human access to laser radiation in excess of the AEL of Classes 3R and 3B (respectively) for any emission duration and wavelength (see 5.3 d) and 5.3 e))

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

Note 2 to entry: Class 1M and Class 2M laser products may have outputs above or below the AEL of Class 3R, depending on their optical characteristics.

Note 3 to entry: As tests for the determination of the classification of the product are limited to tests during operation, it may be the case for embedded laser products that, depending on the product, radiation above the AEL of the class of the product can become accessible during service when interlocks of access panels are overridden or the product is opened or disassembled.

3.24
Class 4 laser product
any laser product which permits human access to laser radiation (accessible emission, see 3.2) in excess of the AEL of Class 3B (see 5.3 f))

Note 1 to entry: See also the limitations of the classification scheme in Annex C.

3.25
collateral radiation
any electromagnetic radiation, within the wavelength range between 180 nm and 1 mm, except laser radiation, emitted by a laser product as a result of, or physically necessary for, the operation of a laser

3.26
collimated beam
beam of radiation with very small angular divergence or convergence

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.27
contact mode
use of a laser product where the beam delivery system is in close contact with the intended target

Note 1 to entry: The beam delivery system does not need to be in “physical” contact. It can, for example, be close to the intended target provided that adequate engineering control measures are in place.

Note 2 to entry: This definition is relevant for products classified as Class 1C.

3.28
continuous wave
CW
laser operating with a continuous output for a duration equal to or greater than 0,25 s

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.29
defined beam path
intended path of a laser beam within the laser product

3.30
demonstration laser product
any laser product designed, manufactured, intended or promoted for purposes of demonstration, entertainment, advertising, display or artistic composition

Note 1 to entry: The term "demonstration laser product" does not apply to laser products which are designed and intended for other applications, although they may be used for demonstrating those applications.

3.31
diffuse reflection
change of the spatial distribution of a beam of radiation by scattering in many directions by a surface or medium

Note 1 to entry: A perfect diffuser destroys all correlation between the directions of the incident and emergent radiation.

[SOURCE:IEC 60050-845:1987, 845-04-47, modified – The definition has been completely reworded.]

3.32
embedded laser product
in this Part 1, a laser product which, because of engineering features limiting the accessible emission, is of a class number lower than the inherent capability of the laser incorporated

Note 1 to entry: The laser product which is incorporated in the embedded laser product is called an enclosed laser product or an enclosed laser system.

3.33
emission duration
temporal duration of a pulse, of a train or series of pulses, or of continuous operation, during which human access to laser radiation could occur as a result of operation, maintenance or servicing of a laser product

Note 1 to entry: For a single pulse, this is the duration between the half-peak power point of the leading edge and the corresponding point on the trailing edge. For a train of pulses (or subsections of a train of pulses), this is the duration between the first half-peak power point of the leading pulse and the last half-peak power point of the trailing pulse.

3.34
errant laser radiation
laser radiation which deviates from a defined or intended beam path

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 to entry: Such radiation includes unwanted reflections from beam path components and deviant radiation from misaligned or damaged components.

3.35
exposure duration
duration of a pulse, or series, or train of pulses or of continuous emission of laser radiation incident upon the human body

Note 1 to entry: For a single pulse, this is the duration between the half-peak power point of the leading edge and the corresponding point on the trailing edge. For a train of pulses (or subsections of a train of pulses), this is the duration between the first half-peak power point of the leading pulse and the last half-peak power point of the trailing pulse.

3.36
extended source viewing
viewing conditions whereby the apparent source at a distance of 100 mm or more subtends an angle at the eye greater than the minimum angular subtense (α_{min})

Note 1 to entry: Two extended source conditions are considered in this standard when considering retinal thermal injury hazards: intermediate source and large source. They are used to distinguish sources with angular subtenses of the apparent source, α, between α_{min} and α_{max} (intermediate sources), and greater than α_{max} (large sources). See also 3.82.

Note 2 to entry: Examples where the factor C_6 (4.3 c) and Table 9) can be larger than 1 include viewing of some diffused laser sources, diffuse reflections, some line lasers and some laser diode arrays.

3.37
eye-safe
accessible emission below the AEL of Class 1 or an exposure below the MPE for the eye for the given exposure duration

Note 1 to entry: This term is incorrectly used in some advertising material for laser emission in the wavelength range above 1 400 nm based on higher exposure limits in that wavelength range compared to the retinal hazard region. The term “eye-safe laser” may only be used to describe Class 1 laser products. Even if Class 1 can be referred to as eye-safe, if it is visible emission, short-term visual disturbances such as dazzle “flash-blindness” and after-images may still result from direct-beam viewing.

Note 2 to entry: The term “eye-safe laser” cannot be used to describe a laser based solely on output wavelength being greater than 1 400 nm, since lasers of any wavelength with sufficient output power can cause injury.

3.38
fail safe
design consideration in which failure of a component does not increase the hazard

Note 1 to entry: In the failure mode the system is rendered inoperative or the hazard is not increased.

3.39
fail safe safety interlock
interlock which in the failure mode does not defeat the purpose of the interlock

Note 1 to entry: For example, an interlock which is positively driven into the OFF position as soon as a hinged cover begins to open, or before a detachable cover is removed, and which is positively held in the OFF position until the hinged cover is closed or the detachable cover is locked in the closed position.

Note 2 to entry: For the purpose of this Part 1 a safety interlock in the OFF position terminates the beam or reduces the output to the required level. If electrical, electronic and programmable components are used, IEC 61508 or ISO 13849 may be used to evaluate the reliability of the interlock.

3.40
human access
a) ability of the human body to meet laser radiation emitted by the laser product, i.e. radiation that can be intercepted outside of the protective housing, or

b) ability of a cylindrical probe with a diameter of 100 mm and a length of 100 mm to intercept levels of radiation of Class 3B and below, or

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

c) ability of a human hand or arm to intercept levels of radiation above the AEL of Class 3B,

d) also, for levels of radiation within the protective housing that are equivalent to Class 3B or Class 4, ability of any part of the human body to meet hazardous laser radiation that can be reflected directly by any single introduced flat surface from the interior of the product through any opening in its protective housing

Note 1 to entry: For laser products that provide walk-in access, it is necessary to consider radiation both inside and outside of the protective housing for the determination of human access. Human access inside the protective housing can be prevented by engineering controls such as automatic detection systems.

3.41
integrated radiance
radiance dose
L_t
integral of the radiance over a given exposure duration expressed as radiant energy per unit area of a radiating surface per unit solid angle of emission

Note 1 to entry: In the ICNIRP guidelines, this quantity is also referred to as radiance dose and the symbol D is used.

Note 2 to entry: SI unit: joule per square metre per steradian ($J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$).

3.42
intrabeam viewing
all viewing conditions whereby the eye is exposed to the direct or specularly reflected laser beam in contrast to viewing of, for example, diffuse reflections

3.43
irradiance
E
quotient of the radiant flux $d\Phi$ incident on an element of a surface by the area dA of that element

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Note 1 to entry: SI unit: watt per square metre ($W \cdot m^{-2}$).

3.44
laser
any device which can be made to produce or amplify electromagnetic radiation in the wavelength range from 180 nm to 1 mm primarily by the process of controlled stimulated emission

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-39, modified – The definition has been completely reworded.]

3.45
laser controlled area
area where the occupancy and activity of those within is subject to control and supervision for the purpose of protection from laser radiation hazards

3.46
laser energy source
any device intended for use in conjunction with a laser to supply energy for the excitation of electrons, ions or molecules

Note 1 to entry: General energy sources such as electrical supply mains or batteries are not considered to constitute laser energy sources.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.47
laser hazard area
area in which the exposure of the eye and/or the skin exceeds the respective maximum permissible exposure values (MPEs); see nominal ocular hazard area (3.64)

Note 1 to entry: To avoid ambiguities, information whether the hazard area is based on the eye or the skin MPEs should be added.

3.48
laser product
any product or assembly of components which constitutes, incorporates or is intended to incorporate a laser or laser system

3.49
laser radiation
all electromagnetic radiation emitted by a laser product between 180 nm and 1 mm which is produced by controlled stimulated emission

3.50
laser safety officer
one who is knowledgeable in the evaluation and control of laser hazards and has responsibility for oversight of the control of laser hazards

3.51
laser system
laser in combination with an appropriate laser energy source with or without additional incorporated components

3.52
light emitting diode
LED
any semiconductor p-n junction device which can be made to produce electromagnetic radiation by radiative recombination in the semiconductor in the wavelength range from 180 nm to 1 mm

Note 1 to entry: The optical radiation is produced primarily by the process of spontaneous emission, although some stimulated emission may be present.

3.53
limiting angle of acceptance for evaluating retinal photochemical hazards
γ_{ph}
plane angle over which radiation is detected and to be used for the determination of the accessible emission, or exposure level to be compared with retinal photochemical limits

Note 1 to entry: The angle γ_{ph} is related to eye movements and is not dependent upon the angular subtense of the source. If the angular subtense of the source is larger than the specified limiting angle of acceptance γ_{ph}, the angle of acceptance γ is limited to γ_{ph} and the source is scanned for hotspots. If the angle of acceptance γ is not limited to the specified level, the hazard may be over-estimated.

Note 2 to entry: If the angular subtense of the apparent source is smaller than the specified limiting angle of acceptance, the actual angle of acceptance of the measuring instrument does not affect the measured value and does not have to be limited, i.e. a regular “open” angle of acceptance radiometer set-up can be used.

Note 3 to entry: SI unit: radian.

3.54
limiting angle of acceptance for evaluating thermal hazards
γ_{th}
maximum angular subtense to be used for the evaluation of the retinal thermal hazard

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 to entry: The value of the angle of acceptance γ may vary between α_{min} and α_{max} (see 4.3 d) and 5.4.3 b) 2)).

Note 2 to entry: SI unit: radian.

3.55
limiting aperture
circular area over which irradiance and radiant exposure are averaged

3.56
maintenance
performance of those adjustments or procedures specified in user information provided by the manufacturer with the laser product, which are to be performed by the user for the purpose of assuring the intended performance of the product

Note 1 to entry: It does not include operation or service.

3.57
maximum angular subtense
α_{max}
value of angular subtense of the apparent source above which the MPEs and AELs are independent of the source size

Note 1 to entry: The value of α_{max} can vary from 5 mrad to 100 mrad depending on the emission duration (see Table 9).

Note 2 to entry: SI unit: radian.

3.58
maximum output
the maximum accessible emission that is used to determine the class of the laser product

Note 1 to entry: Since the determination of the accessible emission includes, besides other conditions, considering single fault conditions (see 5.1), the maximum output may exceed the highest output during normal operation.

3.59
maximum permissible exposure
MPE
level of laser radiation to which, under normal circumstances, persons may be exposed without suffering adverse effects

Note 1 to entry: The MPE levels represent the maximum level to which the eye or skin can be exposed without consequential injury immediately or after a long time and are related to the wavelength of the laser radiation, the pulse duration or exposure duration, the tissue at risk and, for visible and near infra-red laser radiation in the range 400 nm to 1 400 nm, the size of the retinal image. Maximum permissible exposure levels are (in the existing state of knowledge) specified in Annex A.

Note 2 to entry: The MPE values given in Annex A are informative and are provided so that the manufacturer can calculate the NOHD, perform a risk analysis and inform the user about safe usage of the product. Exposure limits for the eye and the skin of employees in the workplace and the general public are in many countries specified in national laws. These legally-binding national exposure limits might differ from the MPEs given in the informative Annex A.

3.60
medical laser product
any laser product designed, manufactured, intended or promoted for purposes of *in vivo* diagnostic, surgical, cosmetic or therapeutic laser irradiation of any part of the human body

3.61
minimum angular subtense
α_{min}
value of angular subtense of the apparent source above which a source is considered an extended source

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 to entry: MPEs and AELs are independent of the source size for angular subtenses less than α_{min}.

Note 2 to entry: SI unit: radian.

Note 3 to entry: α_{min} = 1,5 mrad.

3.62
mode-locking
regular mechanism or phenomenon, within the laser resonator, producing a train of very short (e.g. sub-nanosecond) pulses

Note 1 to entry: While this may be a deliberate feature it can also occur spontaneously as "self-mode-locking". The resulting peak powers may be significantly greater than the mean power.

3.63
most restrictive position
position in the beam where the ratio of accessible emission over AEL is maximum

Note 1 to entry: Both the accessible emission and the AEL may depend on the position of the evaluation in respect to the beam. See also 3.36.

3.64
nominal ocular hazard area
NOHA
area within which the beam irradiance or radiant exposure exceeds the appropriate corneal maximum permissible exposure (MPE), including the possibility of accidental misdirection of the laser beam

Note 1 to entry: If the NOHA includes the possibility of viewing through optical aids, this is termed the "extended NOHA".

3.65
nominal ocular hazard distance
NOHD
distance from the output aperture beyond which the beam irradiance or radiant exposure remains below the appropriate corneal maximum permissible exposure (MPE)

Note 1 to entry: If the NOHD includes the possibility of viewing through optical aids, this is termed the "extended NOHD (ENOHD)".

3.66
operation
performance of the laser product over the full range of its intended functions

Note 1 to entry: It does not include maintenance or service.

3.67
photochemical hazard limit
either an MPE or AEL which was derived to protect persons against adverse photochemical effects

Note 1 to entry: In the ultraviolet wavelength range, the photochemical hazard limit protects against adverse effects on the cornea and lens, while the retinal photochemical hazard limit, as defined in the wavelength range from 400 nm to 600 nm, protects against photoretinitis – a photochemical retinal injury from exposure to radiation.

3.68
protective housing
those portions of a laser product (including a product incorporating an embedded laser) which are designed to prevent human access to laser radiation in excess of the prescribed AEL (generally installed or assembled by a manufacturer)

Note 1 to entry: See 5.1 regarding test requirements to assess the suitability of protective housing for the prevention of human access.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.69
pulse duration
time increment measured between the half-peak power points at the leading and trailing edges of a pulse

3.70
pulsed laser
laser which delivers its energy in the form of a single pulse or a train of pulses

Note 1 to entry: In this Part 1, the duration of a pulse is less than 0,25 s.

3.71
radiance
L
quantity defined by the formula

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

where

$\mathrm{d}\Phi$ is the radiant flux transmitted by an elementary beam passing through the given point and propagating in the solid angle $\mathrm{d}\Omega$ containing the given direction;

$\mathrm{d}A$ is the area of a section of that beam containing the given point;

θ is the angle between the normal to that section and the direction of the beam

Note 1 to entry: This definition is a simplified version of IEV 845-01-34, sufficient for the purpose of this Part 1. In cases of doubt, the IEV definition should be followed.

Note 2 to entry: SI unit: watt per square metre per steradian ($\mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}}$).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-34, modified – The definition has been simplified.]

3.72
radiant energy
Q
time integral of the radiant flux Φ over a given duration Δt

$$Q = \int_{\Delta t} \Phi \cdot \mathrm{d}t$$

Note 1 to entry: SI unit: joule (J).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-27, modified – The definition has been simplified.]

3.73
radiant exposure
H
at a point on a surface, the radiant energy incident on an element of a surface divided by the area of that element

$$H = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}A} = \int E \cdot \mathrm{d}t$$

Note 1 to entry: SI unit: joule per square metre ($\mathrm{J \cdot m^{-2}}$).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.74
radiant power
radiant flux
Φ, P
power emitted, transferred, or received in the form of radiation

$$\Phi = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}$$

Note 1 to entry: SI unit: watt (W).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-24]

3.75
reflectance
ρ
ratio of the reflected radiant power to the incident radiant power in the given conditions

Note 1 to entry: SI unit: dimensionless ratio.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-58, modified to refer to radiant power rather than radiant flux.]

3.76
remote interlock connector
connector which permits the connection of external controls placed apart from other components of the laser product

Note 1 to entry: See 6.4.

3.77
safety interlock
automatic device associated with each portion of the protective housing of a laser product to prevent human access to Class 3R, Class 3B or Class 4 laser radiation when that portion of the protective housing is removed, opened or displaced

Note 1 to entry: See 6.3.

3.78
scanning laser radiation
laser radiation having a time-varying direction, origin or pattern of propagation with respect to a stationary frame of reference

3.79
service
performance of those procedures or adjustments described in the manufacturer's service instructions, which may affect any aspect of the product's performance

Note 1 to entry: It does not include maintenance or operation.

3.80
service panel
access panel that is designed to be removed or displaced for service

3.81
single fault condition
any single fault that might occur in a product and the direct consequences of that fault

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.82
small source
source with an angular subtense α less than, or equal to, the minimum angular subtense α_{min}

3.83
specular reflection
reflection from a surface that can be considered a beam (see 3.11), including reflections from mirrored surfaces

Note 1 to entry: This definition is intended to recognize that some reflecting surfaces, such as parabolic reflectors, may increase the hazard from an incident beam.

3.84
thermal hazard limit
either an MPE or AEL which was derived to protect persons against adverse thermal effects, as opposed to photochemical injury

3.85
time base
emission duration to be considered for classification of laser products

Note 1 to entry: See 4.3 e).

3.86
tool
screwdriver, hexagonal key or other object which may be used to operate a screw or similar fixing means

3.87
transmittance
τ
ratio of the transmitted radiant flux to the incident flux in the given conditions

Note 1 to entry: SI unit: dimensionless ratio.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-59, modified]

3.88
transmittance density
optical density
D
logarithm to base ten of the reciprocal of the transmittance τ

$D = -\log_{10} \tau$

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-66]

3.89
visible radiation
light
any optical radiation capable of causing a visual sensation directly

Note 1 to entry: In this Part 1, this is taken to mean electromagnetic radiation for which the wavelengths of the monochromatic components lie between 400 nm and 700 nm.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-03, modified – The note in the original definition has been replaced.]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.90
workpiece
object intended for processing by laser radiation

4 Classification principles

4.1 General

Classification of a laser product is based on the determination of the accessible emission level (determined according to the rules specified in Clause 5) and comparison of that level with the accessible emission limit (AEL) associated with each class. For Class 1, Class 1M, Class 2, Class 2M and Class 3R, additional measurements may be necessary to determine if additional warnings are necessary (see Clause 7). Specific rules apply for the classification of a product (e.g., for Class 1C, see 5.3 b) and 4.4 for certain radiance extended source products).

Because of the wide ranges possible for the wavelength, energy content and pulse characteristics of a laser beam, the potential hazards arising in its use vary widely. It is impossible to regard lasers as a single group to which common safety limits can apply. Annex C describes the hazards associated with the classes and possible limitations (e.g. as may arise from optically aided viewing) in more detail.

4.2 Classification responsibilities

It is the responsibility of the manufacturer to provide correct classification of a laser product. (However, see 6.1).

4.3 Classification rules

The product shall be classified on the basis of that combination of output power(s) and wavelength(s) of the accessible emission (laser radiation) over the full range of capability during operation at any time after manufacture which results in its allocation to the highest appropriate class. The evaluation shall include consideration of any reasonably foreseeable single-fault condition during operation (see 5.1 regarding the application of the principles of risk analysis for the determination of which single fault is reasonably foreseeable).

A laser product can only be assigned to a particular class when it has met all of the requirements within this Part 1 for that class; for example, engineering controls, labelling and information for the user.

For laser products emitting CW laser beams, of a single wavelength, which are well collimated or are assumed to be from a small source, the classification procedure can be simplified and the following items need not be considered:

4.3 b), 4.3 c), 4.3 d), 4.3 f).

For the purpose of classification rules, the following ranking of the classes (in increasing order of ocular hazard) shall be used: Class 1, Class 1C, Class 1M, Class 2, Class 2M, Class 3R, Class 3B, Class 4.

NOTE 1 Class 1C is considered not to be an ocular hazard (similarly to Class 1), but may represent a skin hazard if used inappropriately (see also 5.3 b).

NOTE 2 For classification of a laser product as Class 1M or 2M, the use of an aperture specified as Condition 3 limits the amount of radiation that is collected by the pupil of the eye from large diameter beams. When measured under Condition 1, Class 1M and Class 2M products may have higher energy or power level than the AEL of Class 2 or Class 3R. For such laser products, a classification of 1M or 2M is appropriate.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

The accessible emission limits (AELs) for Class 1 and 1M, Class 2 and 2M, Class 3R and Class 3B are given in Tables 3 to 8. The values of the correction factors used are given in Table 9 as functions of wavelength, emission duration, number of pulses and angular subtense.

a) Radiation of a single wavelength

A single wavelength laser product, with a spectral range of the emission line narrow enough so that the AELs do not change, is assigned to a class when the accessible laser radiation, measured under the conditions appropriate to that class, exceeds the AEL of all lower classes but does not exceed that of the class assigned.

b) Radiation of multiple wavelengths

1) A laser product emitting two or more wavelengths in spectral regions shown as additive for the eye in Table 1 is assigned to a class when the sum of the ratios of the accessible laser radiation (measured under the conditions appropriate to that class) to the AELs of those wavelengths is greater than unity for all lower classes but does not exceed unity for the class assigned. This rule applies also to non-laser radiation that is coincident on the retina for wavelengths between 400 nm and 1 400 nm or coincident on the aperture stop for other wavelength ranges. Therefore, the non-laser radiation shall be included for classification under this part of IEC 60825.

2) A laser product emitting two or more wavelengths not shown as additive for the eye in Table 1 is assigned to a class when the accessible laser radiation, measured under the conditions appropriate to that class, exceeds the AELs of all lower classes for at least one wavelength but does not exceed the AEL for the class assigned for any wavelength.

Table 1 – Additivity of effects on eye and skin of radiation of different spectral regions[c]

Spectral region[a]	UV-C and UV-B 180 nm to 315 nm	UV-A 315 nm to 400 nm	Visible and IR-A 400 nm to 1 400 nm	IR-B and IR-C 1 400 nm to 10^6 nm
UV-C and UV-B 180 nm to 315 nm	o s			
UV-A 315 nm to 400 nm		o s	s	o s
Visible and IR-A 400 nm to 1 400 nm		s	o[b] s	s
IR-B and IR-C 1 400 nm to 10^6 nm		o s	s	o s

o Eye

s Skin

[a] For definitions of spectral regions, see Table D.1.

[b] Where AELs and ocular MPEs are being evaluated for time bases or exposure durations of 1 s or longer, then the additive photochemical effects (400 nm to 600 nm) and the additive thermal effects (400 nm to 1 400 nm) shall be assessed independently and the most restrictive value used.

[c] For determination of the AEL, only the additivity rules for the eye apply.

c) Radiation from extended sources

The ocular hazard from laser sources in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm is dependent upon the angular subtense of the apparent source α. This dependence is expressed in the applicable AEL values by the factor C_6 (see Table 9), as well as in the rules for the determination of the accessible emission with a specified angle of acceptance.

NOTE 3 A source is considered an extended source when the angular subtense of the source is greater than α_{min}, where α_{min} = 1,5 mrad. Most laser sources have an angular subtense α less than α_{min}, and appear as an apparent "point source" (small source) when viewed from within the beam (intra-beam viewing). Indeed a circular laser beam cannot be collimated to a divergence less than 1,5 mrad if it is an extended source, thus

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

any laser where a beam divergence of 1,5 mrad or less is specified cannot be treated as an extended source. For a small source, α is set to α_{min} = 1,5 mrad and C_6 = 1.

NOTE 4 For retinal thermal hazard evaluation (400 nm to 1 400 nm), the AELs for extended sources vary directly with the angular subtense of the source. For the retinal photochemical hazard evaluation (400 nm to 600 nm), for exposures greater than 1 s, the AELs do not vary directly with the angular subtense of the source. Depending on the emission duration (see 5.4.3 b) 1), a limiting angle of acceptance γ_{ph} of 11 mrad or more is used for measurement regarding the photochemical hazard, and the relation of the limiting acceptance angle γ_{ph} to the angular subtense α of the apparent source can influence the measured value.

NOTE 5 For the default condition where C_6 = 1, a simplified Table 3 is provided for the AEL of Class 1, 1M and a simplified Table 6 is provided for the AEL of Class 3R.

For sources subtending an angle less than or equal to α_{min}, the AEL and MPE are independent of the angular subtense of the apparent source α.

For classifying laser products at the most restrictive position where Condition 1 applies (see 5.4.3), the 7 × magnification of the angular subtense α of the apparent source may be applied to determine C_6, i.e. $C_6 = 7 \times \alpha / \alpha_{min}$. The expression (7 × α) shall be limited to α_{max} prior to the calculation of C_6. The 7 × value of α shall be used for the determination of T_2 of Table 9.

NOTE 6 For cases where $\alpha < 1{,}5$ mrad but $7 \times \alpha > 1{,}5$ mrad, the limits for $\alpha > 1{,}5$ mrad of Table 4 and 7 apply.

d) Non-uniform, non-circular or multiple apparent sources

For comparison with the thermal retinal limits, if:

– the wavelength range is from 400 nm to 1 400 nm, and

– the AEL depends on C_6

then if:

– the image of the apparent source does not have a uniform irradiance profile[3]; or

– the image of the apparent source consists of multiple points,

then measurements or evaluations shall be made for each of the following scenarios:

– for every single point; and

– for various assemblies of points; and

– for partial areas.

This is necessary in order to ensure that the AEL is not exceeded for each possible angle α subtended in each scenario. For the evaluation of assemblies of points or for partial areas, the angle of acceptance γ is to be varied in each dimension between α_{min} and α_{max}, i.e. $\alpha_{min} < \gamma < \alpha_{max}$, to determine the partial accessible emission associated with the respective scenario. For the comparison of these partial accessible emission levels with the respective AEL, the value of α is set equal to the angular subtense that is associated with the partial image of the apparent source.

Classification is to be based on the case where the ratio between:

– the partial accessible emission within a partial area over the angular subtense α of that area; and

– the corresponding AEL

is a maximum.

The angular subtense of a rectangular or linear source is determined by the arithmetic mean value of the two angular dimensions of the source. Any angular dimension that is greater than α_{max} or less than α_{min} shall be limited to α_{max} or α_{min} respectively, prior to calculating the mean.

[3] For a Gaussian beam profile (as produced by a TEM_{00} beam), the angular subtense can be determined with the d_{63} diameter (analogous to the beam diameter definition, see 3.13) and an analysis of partial areas is not necessary.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

For the purpose of determining the angular subtense of a magnified non-circular source for Condition 1, the 7 × magnification described in c) should be applied independently for each axis prior to determining the arithmetic mean.

The photochemical limits (400 nm to 600 nm) do not depend on the angular subtense of the source, and the source is analysed with the limiting angle of acceptance specified in 5.4.3 b). For sources that are larger than the limiting angle of acceptance, the accessible emission has to be determined for the partial apparent source which produces the maximum emission value.

e) Time bases

The following time bases are used in this standard for classification:

1) 0,25 s for Class 2, Class 2M and Class 3R laser radiation in the wavelength range from 400 nm to 700 nm;

2) 100 s for laser radiation of all wavelengths greater than 400 nm except for the cases listed in 1) and 3);

3) 30 000 s for laser radiation of all wavelengths less than or equal to 400 nm and for laser radiation of wavelengths greater than 400 nm where intentional long-term viewing is inherent in the design or function of the laser product.

Every possible emission duration within the time base shall be considered when determining the classification of a product. This means that the emission level of a single pulse shall be compared to the AEL applicable to the duration of the pulse, etc. It is not sufficient to only average the emission level for the duration of the classification time base, or to merely perform the evaluation for the value of the time base without considering shorter emission durations.

NOTE 7 For a multi wavelength emission laser product with simultaneous and spatially overlapping emission in the visible and in the non-visible part of the spectrum, where the emission is assessed as additive (see Table 1), and where the visible part on its own would be classified as Class 2 or 2M or 3R and the non-visible part on its own would be classified as Class 1 or Class 1M, the time base for the assessment of the non-visible emission may be 0,25 s.

f) Repetitively pulsed or modulated lasers

The following methods shall be used to determine the class of the laser product to be applied to repetitive pulsed or modulated emissions.

As a general requirement, the accessible emission of any group of pulses (or sub-group of pulses in a train) delivered in any given time shall not exceed the AEL for that given time (see also 4.3 e) regarding considering every possible emission duration).

For all wavelengths, requirements 1) and 2) shall be assessed. In addition, for wavelengths from 400 nm to 1 400 nm, requirement 3) shall also be assessed for comparison with thermal limits. Requirement 3) does not need to be assessed for comparison with photochemical limits nor for the determination of the AEL of Class 3B.

The class (see Tables 3 to 8) is determined by applying the most restrictive of 1), 2) and, where applicable, 3).

1) The exposure from any single pulse within a pulse train shall not exceed the AEL for a single pulse ($AEL_{single.}$). For the determination of the accessible emission for an extended source, the pulse duration is used to determine α_{max} and the angle of acceptance γ_{th} (see 5.4.3 b) and Table 9).

2) The average power for a pulse train of emission duration T shall not exceed the power corresponding to the AEL for a single pulse of duration T (AEL_T). For the determination of the accessible emission for an extended source, the emission duration T is used to determine α_{max} and the angle of acceptance γ_{th} (see 5.4.3 b) and Table 9).

For irregular pulse patterns (including varying pulse energies), T has to be varied between T_i (see Table 2) and the time base. For regular pulse patterns it is sufficient to average over the time base, (T is set equal to the time base).

NOTE 8 For comparison of AEL_T with AEL_{single} or $AEL_{s.p.train}$, to determine which one of the criteria is most restrictive, AEL_T is expressed as energy or radiant exposure and is divided by N and is termed $AEL_{s.p.T}$.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3) The energy per pulse shall not exceed the AEL for a single pulse multiplied by the correction factor C_5.

$$AEL_{s.p.train} = AEL_{single} \times C_5$$

where

$AEL_{s.p.train}$ is the AEL for a single pulse in the pulse train;

AEL_{single} is the AEL for a single pulse (Tables 3 to 8);

N is the effective number of pulses in the pulse train within the assessed emission duration (when pulses occur within T_i (see Table 2), N is less than the actual number of pulses, see below). The maximum emission duration that needs to be considered is T_2 (see Table 9) or the applicable time base, whichever is shorter.

C_5 is only applicable to individual pulse durations equal to or shorter than 0,25 s.

If pulse duration $t \leq T_i$, then:

For a time base less than or equal to 0,25 s, C_5 = 1,0

For a time base larger than 0,25 s

If $N \leq 600$ C_5 = 1,0

If $N > 600$ $C_5 = 5\ N^{-0,25}$ with a minimum value of C_5 = 0,4.

If pulse duration $t > T_i$, then:

For $\alpha \leq 5$ mrad:

C_5 = 1,0

For 5 mrad $< \alpha \leq \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0,25}$ for $N \leq 40$

C_5 = 0,4 for $N > 40$

For $\alpha > \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0,25}$ for $N \leq 625$

C_5 = 0,2 for $N > 625$

Unless $\alpha > 100$ mrad, where C_5 = 1,0 in all cases.

If multiple pulses appear within the period of T_i (see Table 2), they are counted as a single pulse to determine N and the energies of the individual pulses are added to be compared to the AEL of T_i.

In some cases, the calculated value for $AEL_{s.p.train}$ may fall below the AEL that would apply for CW operation at the same peak power using the same time base. Under these circumstances, the AEL for CW operation may be used.

Table 2 – Times below which pulse groups are summed

Wavelength nm	T_i s
$400 \leq \lambda < 1\ 050$	5×10^{-6}
$1\ 050 \leq \lambda < 1\ 400$	13×10^{-6}
$1\ 400 \leq \lambda < 1\ 500$	10^{-3}
$1\ 500 \leq \lambda < 1\ 800$	10
$1\ 800 \leq \lambda < 2\ 600$	10^{-3}
$2\ 600 \leq \lambda \leq 10^6$	10^{-7}

NOTE 9 Examples of calculations are given in Annex B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

4.4 Laser products designed to function as conventional lamps

For laser products, except for toys, which are designed to function as conventional lamps and emit visible and near infrared optical radiation (400 nm to 1400 nm) from extended sources with angular subtense α greater than 5 mrad at 200 mm distance, and having total (400 nm to 1400 nm) un-weighted peak radiance levels averaged with an acceptance angle of 5 mrad not exceeding L_T under operation and reasonably foreseeable single fault conditions, where

$$L_T = (1\ \mathrm{MW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}})/\alpha$$

The emission may alternately be evaluated under the IEC 62471 series of standards, "Photobiological safety of lamps and lamp systems". For calculating L_T, the angular subtense α is expressed in radians and is determined at 200 mm from the closest point of human access. The value of α in the expression for L_T is limited to values between 0,005 rad and 0,1 rad so that for sources that subtend an angle of 0,005 rad the applicable radiance criterion equals 200 $\mathrm{MW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}}$, and for sources that are larger than 0,1 rad the applicable radiance criterion equals 10 $\mathrm{MW \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}}$.

NOTE 1 The above radiance values are not exposure limits or emission limits but are criteria to establish when the emitted radiation can be evaluated under the IEC 62471 series of standards.

NOTE 2 The optical radiation excluded from laser classification can be monochromatic.

Such a product needs to comply with and be classified according to this part of IEC 60825 except that the above-described optical radiation emission during normal operation and reasonably foreseeable single fault conditions need not be considered for classification (i.e. the above-described optical radiation emission during normal operation is not considered as accessible laser radiation). The product shall comply with the requirements of IEC 60825-1 for any laser radiation accessible during maintenance or service.

NOTE 3 If there is no laser radiation accessible from such a product during operation, other than described above that is evaluated under IEC 62471, it can be considered a Class 1 laser product.

Such a product shall be assigned a risk group under the IEC 62471 series of standards and shall contain a label stating the risk group as well as the laser product classification (including Class 1 if applicable) and applicable warnings.

Accessible laser emission with wavelengths below 400 nm or above 1 400 nm is to be considered in the classification of the product under this part of IEC 60825.

5 Determination of the accessible emission level and product classification

5.1 Tests

Tests shall take into account all errors and statistical uncertainties in the measurement process and increases in emission and degradation in radiation safety with age. Specific user requirements may impose additional tests. For additional guidance on measurements, refer to IEC/TR 60825-13.

Tests during operation shall be used to determine the classification of the product. Tests during operation, maintenance and service shall also be used as appropriate to determine the requirements for safety interlocks, labels and information for the user. The above tests shall be made under each and every reasonably foreseeable single-fault condition. However, if the emission is reduced to a level below the AEL by automatic reduction in a duration within which it is not reasonably foreseeable to have human access, then such faults need not be considered. The required reliability of the automatic reduction of the emission level to stay within a given class can be assessed on the principles of risk analyses, for instance as described in IEC 61508 where safety integrity levels (SIL) are specified. Additionally, to specify SIL levels, fault reaction times also need to be defined for the design of the automatic

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

reduction; the target reaction time can also be based on the risk. A complete analysis according to IEC 61508 or application of IEC 61508 is not required.

Risk analysis may be used to assist in determining reasonably foreseeable single fault conditions. To determine if a single fault condition is considered as reasonably foreseeable or not, both the probability (frequency) for the fault as well as the risk for injury (probability of exposure to a level that could induce injury and severity of injury) is to be considered. The lower the risk for injury from a given fault, the "more frequent" can the fault (that would result in a given emission level) be tolerated and not be considered for classification. An acceptable mode of analysis of the probability and risk regarding failures are FMEA (failure mode and effect analysis), and the procedures described in IEC 61508.

NOTE 1 Automatic reduction includes physical limitation of the emission such as component or system failure to a safe condition. It does not include manual reduction or termination of the emission.

NOTE 2 For example, a scanning safeguard may not react fast enough to prevent emission above the AEL during the fault condition; however, this might be acceptable based on the results of a risk analysis.

NOTE 3 Classification is determined during operation, and restrictions on maintenance are then dependent upon the classification of the product.

NOTE 4 Single fault conditions can be assessed by methods other than physically inducing the fault for the test.

When assessing the suitability of protective housings for the prevention of human access to a level of energy that is equivalent to Class 4, single fault events for all reasonably foreseeable changes of direction of the beam shall be considered. The analysis shall include whether the single fault event will result in sufficient energy to degrade or destroy the protective housing. For example, when during operation or single fault condition, the introduction of robotics or other beam manipulation mechanisms, or the use of optics or workpieces would result in energy being directed onto the surface of the protective housing, one of the following shall occur:

– the single fault shall be eliminated by engineering means; or
– the protective housing material shall withstand the energy without degradation of its protective properties sufficient to allow a hazardous exposure to laser energy; or
– the fault shall be detected and emission of laser radiation through the protective housing shall be prevented before degradation can occur.

Evaluation times of the protective housing of less than 30 000 s as specified in IEC 60825-4 are not applied for the classification of the product.

NOTE 5 This is because the class is determined without considering human intervention (see 6.2.1) and, therefore, inspection of the protective housing by the user is not considered.

NOTE 6 Protective housing evaluations that consider human inspection, or intervention, can be used to establish levels of safety, or for the detection of potential degradation of the protective housing which results from reasonably unforeseeable fault events, or multiple fault events, independent of the product classification.

Optical amplifiers shall be classified using the maximum accessible total output power or energy, which may include maximum rated input power or energy. In those cases where there is no clear output power or energy limit, the maximum power or energy added by the amplifier plus the necessary input signal power or energy to achieve that condition should be used.

Tests and procedures that are equivalent to those specified in Clause 5 are acceptable.

5.2 Measurement of laser radiation

Measurement of laser radiation levels may be necessary to classify a laser product in accordance with 5.1. Measurements are unnecessary when the physical characteristics and limitations of the laser source place the laser product or laser installation clearly in a particular class (however, the principles given in a) to f) need to be considered).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Any measurements shall be made under the following conditions and procedures.

a) Conditions and procedures which maximize the accessible emission levels, including start-up, stabilized emission and shut-down of the laser product.

b) With all controls and settings listed in the operation, maintenance and service instructions adjusted in combination to result in the maximum accessible level of radiation. Measurements are also required with the use of accessories that may increase the radiation hazard (for example, collimating optics) which are supplied or offered by the manufacturer for use with the product and that can be added or removed without tools.

NOTE This includes any configuration of the product which it is possible to attain without using tools or defeating an interlock, including configurations and settings against which the operation and maintenance instructions contain warnings. For example, when optical elements such as filters, diffusers or lenses in the optical path of the laser beam can be removed without tools, the product must be tested in the configuration which results in the highest hazard level. The instruction by the manufacturer not to remove the optical elements cannot justify classification as a lower class. Classification is based on the engineering design of the product and cannot be based on appropriate behaviour of the user.

c) For a laser product other than a laser system, with the laser coupled to that type of laser energy source which is specified as compatible by the laser product manufacturer and which produces the maximum emission of accessible radiation from the product.

d) At points in space to which human access is possible during operation for measurement of accessible emission levels (for example, if operation may require removal of portions of the protective housing and defeat of safety interlocks, measurements shall be made at points accessible in that product configuration).

e) With the measuring instrument detector so positioned and so oriented with respect to the laser product as to result in the maximum detection of radiation by the instrument.

f) Appropriate provision shall be made to avoid or to eliminate the contribution of collateral radiation to the measurement.

5.3 Determination of the class of the laser product

The AELs of Class 1 and 1M are given in Tables 3 and 4, the AEL of Class 2 in Table 5, the AEL of Class 3R in Table 6 and 7, and the AEL of Class 3B in Table 8. The correction factors C_1 to C_7 and breakpoints T_1 and T_2 used in Tables 3 to 8 are defined in Table 9.

a) Classes 1 and 1M

Class 1 is applicable to the wavelength range of 180 nm to 1 mm. Class 1M is applicable to the wavelength range of 302,5 nm to 4 000 nm. For determination of the accessible emission under Condition 1 and Condition 3, see Table 10.

For wavelengths less than 302,5 nm and greater than 4 000 nm, if the accessible emission is less than or equal to the AEL of Class 1 for Condition 3, then the laser product is assigned to Class 1.

For wavelengths between 302,5 nm and 4 000 nm:

If the accessible emission is:

– less than or equal to the AEL of Class 1 for Condition 1 and Condition 3,

then the laser product is assigned to Class 1.

If the accessible emission is:

– greater than the AEL of Class 1 for Condition 1; and

– less than the AEL of Class 3B for Condition 1; and

– less than or equal to the AEL of Class 1 for Condition 3,

then the laser product is assigned to Class 1M.

NOTE 1 The reason for verifying the AEL of Class 3B is to limit the maximum power passing through an optical instrument for the case of exposure to a beam from a Class 1M laser product.

If the accessible emission exceeds the AEL of Class 3B as determined with a 3,5 mm diameter aperture placed at the closest point of human access, an additional warning regarding a potential skin hazard and/or cornea/iris hazard shall be given (see 7.13).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 2 It is possible that a Class 1 laser product with a highly diverging beam can produce high enough irradiance levels near to or in contact with the source (for instance, a fibre tip) so that skin or iris injury is possible. Corneal injury may also be possible under these conditions for wavelengths longer than 1 000 nm.

b) Class 1C

Class 1C is applicable when the laser radiation is intended to be applied in contact with the intended target and has safeguards that prevent leakage of laser radiation in excess of the AEL of Class 1. The laser product can be assigned to Class 1C only if it also complies with a set of safety requirements for Class 1C laser products that can be found in an applicable IEC vertical standard.

Laser products intended to be used in contact-mode at the human skin and non-ocular tissue can be classified Class 1C only if a standard in the IEC 60601 or IEC 60335 series applies and contains a set of safety requirements expressively attributed to Class 1C laser products. Such Class 1C laser products shall incorporate engineering controls to ensure that exposure of laser radiation to the eye is not reasonably foreseeable. Classification as Class 1C is only permitted if an applicable IEC standard exists, which specifies engineering controls to prevent emission into the surrounding space or to the eye and limits the exposure of the intended target tissue to levels that are appropriate for the intended application.

For the test of stray-light or leakage radiation the AEL of Class 1 shall not be exceeded under Condition 3 with the applicator placed at the operational distance or in contact with a diffusing white surface.

NOTE 3 Typical Class 1C laser products would include those intended for hair removal, skin wrinkle reduction and acne reduction, including those for home-use.

c) Classes 2 and 2M

Classes 2 and 2M are applicable to the wavelength range of 400 nm to 700 nm. For determination of the accessible emission under Condition 1 and Condition 3, see Table 10.

If the accessible emission exceeds the limits as required for Class 1 and for Class 1M (see item a) above), and is:

– less than or equal to the AEL of Class 2 for Condition 1 and Condition 3,

then the laser product is assigned to Class 2.

If the accessible emission exceeds the limits as required for Class 1 and for Class 1M (see item a) above), and is:

– greater than the AEL of Class 2 for Condition 1; and

– less than the AEL of Class 3B for Condition 1; and

– less than or equal to the AEL of Class 2 for Condition 3,

then the laser product is assigned to Class 2M.

NOTE 4 The reason for verifying the AEL of Class 3B is to limit the maximum power passing through an optical instrument for the case of exposure to a beam from a Class 2M laser product.

If the accessible emission exceeds the AEL of Class 3B as determined with a 3,5 mm diameter aperture placed at the closest point of human access, an additional warning regarding a potential skin hazard and/or cornea/iris hazard shall be given (see 7.13).

NOTE 5 It is possible that a Class 2 laser product with a highly diverging beam can produce high enough irradiance levels near to or in contact with the source (for instance, a fibre tip) so that skin or iris injury is possible.

Outside the wavelength range from 400 nm to 700 nm, any additional emissions of Class 2 lasers shall be below the AEL of Class 1 (see 4.3 e) for time base). Additionally, if the wavelengths are additive for the eye (see Table 1), the sum of the ratios of the accessible visible light to the AEL for Class 2 and the accessible invisible light to the AEL for Class 1 shall be less than 1.

d) Class 3R

If the accessible emission, as determined according to 5.4, for Condition 1 and Condition 3 is:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– less than or equal to the AEL of Class 3R, and

– the accessible emission determined with Condition 3 exceeds the AEL for Class 1 and Class 2, as applicable

then the laser product is assigned to Class 3R.

If the accessible emission exceeds the AEL of Class 3B as determined with a 3,5 mm diameter aperture placed at the closest point of human access, an additional warning regarding a potential skin hazard and/or cornea/iris hazard shall be given (see 7.13).

NOTE 6 It is possible that a Class 3R laser product with a highly diverging beam can produce high enough irradiance levels near to or in contact with the source (for instance, a fibre tip) so that skin or iris injury is possible. Corneal injury may also be possible under these conditions for wavelengths longer than 1 000 nm.

e) Class 3B

If the accessible emission, as determined according to 5.4:

– is less than or equal to the AEL of Class 3B for Condition 1 and Condition 3, and

– exceeds the AEL for Class 3R for Condition 1 or Condition 3, and

– exceeds the AEL for Class 1 and Class 2 for Condition 3

then the laser product is assigned to Class 3B.

f) Class 4

If the accessible emission, as determined according to 5.4, either for Condition 1 or Condition 3, exceeds the AEL for Class 3B, the product shall be assigned to Class 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 3 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products and C_6 = 1 [a, b]

Wavelength λ nm	Emission duration t s										
	10^{-13} to 10^{-11}	**10^{-11} to 10^{-9}**	**10^{-9} to 10^{-7}**	**10^{-7} to 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} to $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ to 1×10^{-3}**	**1×10^{-3} to 0,35**	**0,35 to 10**	**10 to 10^2**	**10^2 to 10^3**	**10^3 to 3×10^4**
180 to 302,5	3×10^{10} W·m^{-2}		30 J·m^{-2}								
302,5 to 315	$2{,}4 \times 10^4$ W		Thermal hazard ($t \leq T_1$) $7{,}9 \times 10^{-7}$ C_1 J				Photochemical hazard $7{,}9 \times 10^{-7}$ C_2 J ($t > T_1$)		$7{,}9 \times 10^{-7}$ C_2 J		
315 to 400			$7{,}9 \times 10^{-7}$ C_1 J						$7{,}9 \times 10^{-3}$ J		$7{,}9 \times 10^{-6}$ W
400 to 450	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ J			7×10^{-4} $t^{0,75}$ J				$3{,}9 \times 10^{-3}$ J	$3{,}9 \times 10^{-5}$ C_3 W	
450 to 500									$3{,}9 \times 10^{-3}$ C_3 J and [c] $3{,}9 \times 10^{-4}$ W		
500 to 700									$3{,}9 \times 10^{-4}$ W		
700 to 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ C_4 J			7×10^{-4} $t^{0,75}$ C_4 J				$3{,}9 \times 10^{-4}$ C_4 C_7 W		
1 050 to 1 400 [d]	$3{,}8 \times 10^{-8}$ C_7 J	$7{,}7 \times 10^{-7}$ C_7 J				$3{,}5 \times 10^{-3}$ $t^{0,75}$ C_7 J					
1 400 to 1 500	8×10^5 W		8×10^{-4} J				$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J	10^{-2} t J	$1{,}0 \times 10^{-2}$ W		
1 500 to 1 800	8×10^6 W		8×10^{-3} J					$1{,}8 \times 10^{-2}$ $t^{0,75}$ J			
1 800 to 2 600	8×10^5 W		8×10^{-4} J				$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J	10^{-2} t J			
2 600 to 4 000	8×10^4 W		8×10^{-5} J	$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J							
4 000 to 10^6	10^{11} W·m^{-2}		100 J·m^{-2}	$5\,600$ $t^{0,25}$ J·m^{-2}					1 000 W·m^{-2}		

NOTE Laser products that meet the requirements for classification as Class 1 by satisfying measurement Condition 1 may be hazardous when used with viewing optics having greater than ×7 magnification or objective diameters greater than those specified in Table 10.

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] The AELs for emission durations less than 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power or irradiance values of the AEL at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 450 nm and 500 nm, dual limits apply and a product's emission shall not exceed either limit applicable to the class assigned.

[d] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the upper value of the AEL is limited to the AEL value for Class 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 4 – Accessible emission limits for Class 1 and Class 1M laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources [a, b, c, d, e, f]

Wavelength λ nm	Emission duration t s						
	10^{-13} to 10^{-11}	**10^{-11} to 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} to $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ to 10 [e]**	**10 to 10^{2}**	**10^{2} to 10^{4}**	**10^{4} to 3×10^{4}**
400 to 700	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J		400 nm to 600 nm – Retinal photochemical hazard [d,e] $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J using γ_{ph} = 11 mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W using $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0{,}5}$ mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W using γ_{ph} = 110 mrad
					AND [c]		
					400 nm to 700 nm – Retinal thermal hazard $(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J / $(t > T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
700 to 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J		$(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J / $(t > T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
1 050 to 1 400[f]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_6\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J	$(t \le T_2)$ $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J / $(t > T_2)$ $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0{,}25}$ W		

NOTE Laser products that meet the requirements for classification as Class 1 by satisfying measurement Condition 1 may be hazardous when used with viewing optics having greater than ×7 magnification or objective diameters greater than those specified in Table 10.

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] The AELs for emission duration less than 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power or irradiance values of the AEL at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 400 nm and 600 nm, dual limits apply and a product's emission shall not exceed either limit applicable to the class assigned.

[d] The angle γ_{ph} is the limiting measurement angle of acceptance.

[e] If emission durations between 1 s and 10 s are used, for wavelengths between 400 nm and 484 nm and for apparent source sizes between 1,5 mrad and 82 mrad, the dual photochemical hazard limit of $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J is extended to 1 s.

[f] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the upper value of the AEL is limited to the AEL value for Class 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 5 – Accessible emission limits for Class 2 and Class 2M laser products

Wavelength λ nm	**Emission duration *t*** s	**Class 2 AEL**
400 to 700	$t < 0{,}25$	Same as Class 1 AEL
	$t \geq 0{,}25$	$C_6 \times 10^{-3}$ W [a]
NOTE Laser products that meet the requirements for classification as Class 2 by satisfying measurement Condition 1 may be hazardous when used with viewing optics having aperture diameters greater than those specified in Table 10 (see also Annex C).		
[a] For correction factor and units, see Table 9.		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 6 – Accessible emission limits for Class 3R laser products and $C_6 = 1$ [a, b, c]

Wavelength λ nm	Emission duration t s									
	10^{-13} to 10^{-11}	**10^{-11} to 10^{-9}**	**10^{-9} to 10^{-7}**	**10^{-7} to 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} to $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ to 1×10^{-3}**	**1×10^{-3} to 0,35**	**0,35 to 10**	**10 to 10^3**	**10^3 to 3×10^4**
180 to 302,5	$1{,}5 \times 10^{11}$ W·m^{-2}		150 J·m^{-2}							
302,5 to 315	$1{,}2 \times 10^5$ W		Thermal hazard $4 \times 10^{-6}\ C_1$ J ($t \leq T_1$)[c]				Photochemical hazard $4{,}0 \times 10^{-6}\ C_2$ J ($t > T_1$)[c]		$4{,}0 \times 10^{-6}\ C_2$ J	
315 to 400			$4{,}0 \times 10^{-6}\ C_1$ J						$4{,}0 \times 10^{-2}$ J	$4{,}0 \times 10^{-5}$ W
400 to 700	$1{,}9 \times 10^{-7}$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}$ J			($t < 0{,}25$ s) $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}$ J		$5{,}0 \times 10^{-3}$ W ($t \geq 0{,}25$ s)	$5{,}0 \times 10^{-3}$ W		
700 to 1 050	$1{,}9 \times 10^{-7}$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}\ C_4$ J			$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_4$ J				$2{,}0 \times 10^{-3}\ C_4\ C_7$ W	
1 050 to 1 400[d]	$1{,}9 \times 10^{-6}\ C_7$ J	$3{,}8 \times 10^{-6}\ C_7$ J				$1{,}8 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}\ C_7$ J				
1 400 to 1 500	4×10^6 W		4×10^{-3} J				$2{,}2 \times 10^{-2}\ t^{0{,}25}$ J	$5 \times 10^{-2}\ t$ J	$5{,}0 \times 10^{-2}$ W	
1 500 to 1 800	4×10^7 W		4×10^{-2} J					$9 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}$ J		
1 800 to 2 600	4×10^6 W		4×10^{-3} J				$2{,}2 \times 10^{-2}\ t^{0{,}25}$ J	$5 \times 10^{-2}\ t$ J		
2 600 to 4 000	4×10^5 W		4×10^{-4} J	$2{,}2 \times 10^{-2}\ t^{0{,}25}$ J						
4 000 to 10^6	5×10^{11} W·m^{-2}		500 J·m^{-2}	$2{,}8 \times 10^4\ t^{0{,}25}$ J·m^{-2}					5 000 W·m^{-2}	

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] The AELs for emission durations less than 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power or irradiance values of the AEL at 10^{-13} s.

[c] For repetitively pulsed UV lasers neither limit should be exceeded.

[d] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the upper value of the AEL is limited to the AEL value for Class 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 7 – Accessible emission limits for Class 3R laser products in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region): extended sources [a, b]

Wavelength λ nm	**Emission duration** t s					
	10^{-13} to 10^{-11}	**10^{-11} to 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} to $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ to 0,25**	**0,25 to 10**	**10 to 3×10^{4}**
400 to 700	$1{,}9 \times 10^{-7}\ C_6$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}\ C_6$ J	($t < 0{,}25$ s) $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J	($t \geq 0{,}25$ s) $5{,}0 \times 10^{-3}\ C_6$ W	$5{,}0 \times 10^{-3}\ C_6$ W	
700 to 1 050	$1{,}9 \times 10^{-7}\ C_6$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}\ C_4\ C_6$ J	$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J		($t \leq T_2$) $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J	($t > T_2$) $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W
1 050 to 1 400[c]	$1{,}9 \times 10^{-6}\ C_6\ C_7$ J	$3{,}8 \times 10^{-6}\ C_6\ C_7$ J		$1{,}8 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J	($t \leq T_2$) $1{,}75 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J	($t > T_2$) $1{,}75 \times 10^{-2}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0{,}25}$ W

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] The AELs for emission durations less than 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power or irradiance values of the AEL at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the upper value of the AEL is limited to the AEL value for Class 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 8 – Accessible emission limits for Class 3B laser products [a]

Wavelength λ nm	Emission duration t s		
	$<10^{-9}$	**10^{-9} to 0,25**	**0,25 to 3×10^4**
180 to 302,5	$3{,}8 \times 10^5$ W	$3{,}8 \times 10^{-4}$ J	$1{,}5 \times 10^{-3}$ W
302,5 to 315	$1{,}25 \times 10^4\ C_2$ W	$1{,}25 \times 10^{-5}\ C_2$ J	$5 \times 10^{-5}\ C_2$ W
315 to 400	$1{,}25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
400 to 700	3×10^7 W	0,03 J for $t < 0{,}06$ s 0,5 W for $t \geq 0{,}06$ s	0,5 W
700 to 1 050	$3 \times 10^7\ C_4$ W	0,03 C_4 J for $t < 0{,}06\ C_4$ s 0,5 W for $t \geq 0{,}06\ C_4$ s	0,5 W
1 050 to 1 400	$1{,}5 \times 10^8$ W	0,15 J	0,5 W
1 400 to 10^6	$1{,}25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
[a] For correction factors and units, see Table 9.			

The correction factors C_1 to C_7 and breakpoints T_1 and T_2 used in Tables 3 to 8 are defined in Table 9.

Table 9 – Correction factors and breakpoints for use in AEL and MPE evaluations

Parameter	Spectral region nm
$C_1 = 5{,}6 \times 10^3\ t^{0{,}25}$	180 to 400
$T_1 = 10^{0{,}8(\lambda - 295)} \times 10^{-15}$ s	302,5 to 315
$C_2 = 30$	180 to 302,5
$C_2 = 10^{0{,}2(\lambda - 295)}$	302,5 to 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{min})/98{,}5]}$ s for $\alpha_{min} < \alpha \leq 100$ mrad	400 to 1 400
$T_2 = 10$ s for $\alpha \leq 1{,}5$ mrad	400 to 1 400
$T_2 = 100$ s for $\alpha > 100$ mrad	400 to 1 400
$C_3 = 1{,}0$	400 to 450
$C_3 = 10^{0{,}02(\lambda - 450)}$	450 to 600
$C_4 = 10^{0{,}002(\lambda - 700)}$	700 to 1 050
$C_4 = 5$	1 050 to 1 400
$C_5 = 1$ [a]	180 to 400 and 1 400 to 10^6
$C_5 = N^{-1/4}$ [a]	400 to 1 400
$C_6 = 1$	180 to 400 and 1 400 to 10^6
$C_6 = 1$ for $\alpha \leq \alpha_{min}$ [b]	400 to 1 400
$C_6 = \alpha / \alpha_{min}$ for $\alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max}$ [b]	400 to 1 400
$C_6 = \alpha_{max} / \alpha_{min}$ for $\alpha > \alpha_{max}$ [b,c]	400 to 1 400
$C_7 = 1$	700 to 1 150
$C_7 = 10^{0{,}018(\lambda - 1\,150)}$	1 150 to 1 200
$C_7 = 8 + 10^{0{,}04(\lambda - 1\,250)}$	1 200 to 1 400

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

α_{min} =	1,5 mrad		
α_{max} =	5 mrad	for	$t < 625$ µs
	200 $t^{0,5}$ mrad	for	625 µs $\leq t \leq$ 0,25 s
	100 mrad	for	$t > 0,25$ s

N is the number of pulses contained within the applicable duration (4.3 f) and Clause A.3).

NOTE 1 There is only limited evidence about effects for exposures of less than 10^{-9} s for wavelengths less than 400 nm and greater than 1 400 nm. The AELs for these emission durations and wavelengths have been derived by calculating the equivalent radiant power or irradiance from the radiant power or radiant exposure applying at 10^{-9} s for wavelengths less than 400 nm and greater than 1 400 nm.

NOTE 2 See Table 10 for aperture stops and Table A.4 for limiting apertures.

NOTE 3 In the formulae in Tables 3 to 8 and in these notes, the wavelength is expressed in nanometres, the emission duration *t* is expressed in seconds and α is expressed in milliradians.

NOTE 4 For emission durations which fall at the cell border values (for instance 10 s) in Tables 3 to 8, the lower limit applies. Where at cell borders (i.e. not applying to explicit equations) the symbol "<" is used, this means less than or equal to. When wavelength ranges are specified, wavelength range λ_1 to λ_2 means $\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2$.

[a] C_5 is only applicable to pulse durations shorter than 0,25 s. See rules to determine C_5 in 4.3 f).

[b] C_6 is only applicable for thermal retinal limits.

[c] The maximum limiting angle of acceptance γ_{th} shall be equal to α_{max} (but see 4.3 c)).

5.4 Measurement geometry

5.4.1 General

Two measurement conditions are specified for the determination of the accessible emission. Condition 1 is applied for wavelengths where aided viewing of collimated beams with telescopic optics may increase the hazard. Condition 3 applies to the unaided eye. For power and energy measurement of scanned laser radiation, only Condition 3 shall be used.

For classification of laser products intended for use exclusively indoors and where intrabeam viewing with telescopic optics such as binoculars is not reasonably foreseeable, it is not required to apply Condition 1.

NOTE 1 Measurement Condition 3 also includes an evaluation of the radiation accessible for viewing with a low power magnifying glass. Viewing with higher power magnifying optics as might occur with fibre optic systems is covered in IEC 60825-2. Limitations of the classification scheme are discussed in Clause C.3, suggesting cases where additional risk analysis and warnings might be appropriate. Condition 2 was used in previous editions of this Part 1 as the "magnifying glass" condition.

The most restrictive of the applicable measurement conditions shall be applied. If the most restrictive condition is not obvious, both conditions shall be evaluated. For Classes 1M or 2M, both conditions always need to be evaluated.

The following two evaluation schemes are specified.

a) A simplified (default) method, where the test for classification is performed at a fixed distance (see Table 10) relative to a reference point which usually can be easily identified (see Table 11). For this simplified evaluation, it is not necessary to determine the angular subtense of the apparent source, as C_6 (see Table 9) is set equal to unity.

b) For radiation with wavelengths in the retinal hazard region of 400 nm to 1 400 nm, when the AEL is increased by a parameter C_6 with values greater than 1 for extended sources, it is necessary to assess the class of the product (i.e. to compare the accessible emission value with the corresponding AEL) at the most restrictive position in the beam. This second method is more complicated than the default evaluation in a) above, but, for extended sources, it can allow higher accessible emission values.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 2 The most restrictive position is in many cases not at a distance of 100 mm to the reference point used for the basic evaluation, but further away. Determination of the angular subtense of the apparent source at a distance of 100 mm from the reference point would in those cases result in an AEL which exceeds the AEL determined at the most restrictive position.

If the simplified (default) evaluation results in the desired classification, there is no need to perform the complete evaluation for extended sources (see 5.4.3), even though the actual source might be extended and the actual factor C_6 might be greater than 1 and the most restrictive position is different from the position as given in Table 10.

NOTE 3 If the source is a bare laser diode or if it emits a well collimated laser beam, the simplified (default) evaluation is usually the appropriate one, i.e. produces equivalent results to the extended source method as described in 5.4.3.

5.4.2 Default (simplified) evaluation

The default, simplified measurement distances in Table 10 are applicable:

– for sources with wavelengths less than 400 nm and larger than 1 400 nm, or
– if the factor C_6 is set equal to 1, or
– for the photochemical retinal limit for time base values longer than 100 s when the measurement angle of acceptance is not restricted (i.e. shall be at least as large as the angular subtense of the apparent source),
– for other limits that are neither photochemical nor thermal (i.e. do not depend on C_6) retinal limits (such as the AEL of Class 3B).

The distances specified in Table 10 are defined as distance from the reference points listed in Table 11.

Table 10 – Measurement aperture diameters and measurement distances for the default (simplified) evaluation

	Condition 1 *applied to collimated beam where e.g. telescope or binoculars may increase the hazard*[a]		**Condition 2** *Applicable to optical fibre communication systems, see IEC 60825-2*	**Condition 3** *applied to determine irradiation relevant for the unaided eye, for low power magnifiers and for scanning beams*	
Wavelength nm	**Aperture stop** mm	**Distance** mm		**Aperture stop/ limiting aperture** mm	**Distance** mm
< 302,5	–	–		1	0
≥ 302,5 to 400	7	2 000		1	100
≥ 400 to 1 400	50	2 000	See Note 1 under 5.4.1	7	100
≥ 1 400 to 4 000	7 × Condition 3	2 000	See Note 1 under 5.4.1	1 for $t \leq 0{,}35$ s $1{,}5\ t^{3/8}$ for 0,35 s < t < 10 s 3,5 for $t \geq 10$ s (t in s)	100
≥ 4 000 to 10^5	–	–		1 for $t \leq 0{,}35$ s $1{,}5\ t^{3/8}$ for 0,35 s < t < 10 s 3,5 for $t \geq 10$ s (t in s)	0
≥ 10^5 to 10^6	–	–		11	0

NOTE The descriptions below the "Condition" headings are typical cases for information only and are not intended to be exclusive.

[a] Condition 1 is not applied for classification of laser products intended for use exclusively indoors and where intrabeam viewing with telescopic optics such as binocular telescopes is not reasonably foreseeable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table 11 – Reference points for Condition 3

Type of product	Reference point
Semiconductor emitters (e.g. laser diodes, superluminescent diodes)	Physical location of the emitting chip
Scanned emission (including scanned line lasers)	Scanning vertex (pivot point of the scanning beam)
Line laser	Focal point of the line (vertex of the fan angle)
Output of fibre	Fibre tip
Totally diffused sources	Surface of diffuser
Others	Beam waist
For measurements under Condition 3, if the reference point is located inside of the protective housing (i.e. is not accessible) at a distance from the closest point of human access further than the measurement distance specified in Table 10, the measurement shall be carried out at the closest point of human access. For Condition 1, measurements are to be carried out at a minimum of 2 m from the closest point of human access, regardless of the location of the source.	

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

5.4.3 Evaluation condition for extended sources

For wavelengths in the retinal hazard range (400 nm to 1 400 nm), the accessible emission and the AEL for classification shall be determined at the most restrictive position:

– when a value of C_6 larger than 1 is considered for determination of the AEL, or

– when a limited angle of acceptance is considered for the determination of the accessible emission for comparison with photochemical retinal limits.

The accessible emission and the AEL (C_6) are determined together (i.e. they are paired values) at different positions within the beam, and the values obtained for the most restrictive position are used to determine the class of the product. This implies that the accessible emission (that is compared with the AEL) and the AEL are determined for the same position within the beam, i.e. the angular subtense of the apparent source α (and therefore C_6) is determined at the position of the aperture stop that is used to determine the accessible emission. For measurement Condition 3 the measurement location is never closer than the default measurement distance from the reference point and for Condition 1, the measurement location is never closer than 2 metres from the closest point of human access to the product and is never closer than 2 metres from the small source measurement reference point. In the case where the divergence of the laser beam is less than 1,5 mrad, then the angular subtense of the apparent source α is smaller than α_{min} and the determination of the accessible emission may be performed under the conditions specified in 5.4.2.

NOTE 1 If the source is diffuse, for instance a laser beam incident on a transmissive diffuser plate, then the diffuser can be considered as the location of the apparent source and the emission pattern at the diffuser is used to determine the angular subtense of the apparent source (see 4.3 d)) for the evaluation method of non-uniform patterns).

NOTE 2 In some more complex arrangements with multiple sources or multiple focal points, it may be more appropriate to use a more elaborate technique, such as ray tracing.

NOTE 3 For laser products emitting a scanned beam, depending on the accommodation condition to image the apparent source, a scanning beam can result in the image of the apparent source being scanned across the retina, resulting in a moving apparent source. If a moving apparent source is to be accounted for in the classification, the classification of the product is based on the evaluation method described here for extended sources (in contrast to the simplified analysis where a small source is assumed to be stationary). The moving apparent source is to be evaluated as described in 4.3. d) with due consideration of the repetitive pulse nature of the accessible emission determined with the respective angle of acceptance.

a) Aperture diameters

For Condition 1 and Condition 3, for the determination of the accessible emission, as well as the angular subtense of the apparent source (both of which are to be determined at the most restrictive position in the beam), the aperture diameters and minimum measuring distances as specified in Table 10 shall be used (see Figures 1 and 2).

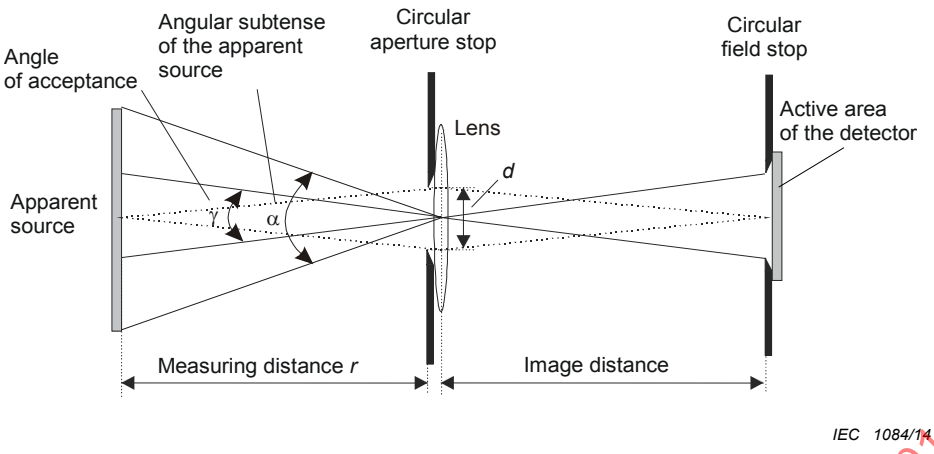
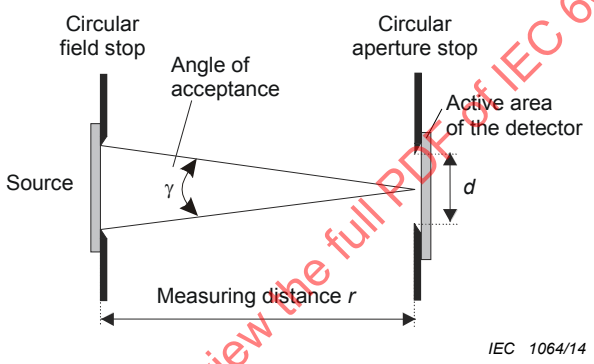


Figure 1 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by imaging the apparent source onto the plane of the field stop



NOTE When the apparent source is not accessible, this set-up is not appropriate.

Figure 2 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by placing a circular aperture or a mask (serving as field stop) close to the apparent source

b) Angle of acceptance

The angle of acceptance is the angle subtended by the diameter of the field stop from a point at the center of the lens in Figure 1 (for small angles), or by the ratio of the diameter of the field stop and the source-detector distance (Figure 2). Losses due to the lens have to be taken into account.

For Condition 3, the angle of acceptance for the determination of the accessible emission level shall be as stated in 1) and 2) below. For Condition 1, the angle of acceptance is determined by dividing the values given in 1) and 2) by a factor 7.

1) Photochemical retinal limits

For measurements of sources to be evaluated against the photochemical limits (400 nm to 600 nm), the limiting angle of acceptance γ_{ph} is given in Table 12.

Table 12 – Limiting angle of acceptance γ_{ph}

Emission duration s	γ_{ph} for Condition 1 mrad	γ_{ph} for Condition 3 mrad
$10 < t \leq 100$	1,6	11
$100 < t \leq 10^4$	$0{,}16 \times t^{0{,}5}$	$1{,}1 \times t^{0{,}5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

If the angular subtense of the source α is larger than the specified limiting angle of acceptance γ_{ph}, the angle of acceptance should not be larger than the values specified for γ_{ph}. If the angular subtense of the source α is smaller than the specified limiting angle of acceptance γ_{ph}, the angle of acceptance shall fully encompass the source under consideration but need not, otherwise, be well defined (i.e. the angle of acceptance need not be restricted to γ_{ph}).

NOTE 5 For measurements of single sources where $\alpha < \gamma_{ph}$, it will not be necessary to measure with a specific, well-defined angle of acceptance. To obtain a well-defined angle of acceptance, the angle of acceptance can be defined by either imaging the source onto a field stop or by masking off the source – see Figures 1 and 2 respectively.

2) All other retinal limits

For measurement of radiation to be compared to retinal limits other than the photochemical limits, the angle of acceptance shall fully encompass the source under consideration (i.e. the angle of acceptance shall be at least as large as the angular subtense of the source α). However, if $\alpha > \alpha_{max}$ the limiting angle of acceptance is α_{max}. Within the wavelength range of 400 nm to 1 400 nm, for the evaluation of an apparent source with irregular irradiance profile of the image of the apparent source (source radiance profile), e.g. consisting of multiple points, the angle of acceptance has to be varied in the range of $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ (see 4.3 d)).

6 Engineering specifications

6.1 General remarks and modifications

Laser products require certain built-in safety features, depending on the class to which they have been assigned by the manufacturer. The requirements for these are given in 6.2 to 6.13. The manufacturer shall ensure that the personnel responsible for the classification of laser products and systems have received training to an appropriate level that allows them to understand the full implications of the classification scheme.

If the modification of a previously classified laser product affects any aspects of the product's performance or intended functions within the scope of this standard, the person or organization performing any such modification is responsible for ensuring the reclassification and relabelling of the laser product.

NOTE The term modification is understood to be limited to those modifications that change the classification or the conformance with this standard.

6.2 Protective housing

6.2.1 General

Each laser product shall have a protective housing which, when in place, prevents human access to laser radiation (including errant laser radiation) in excess of the AEL for Class 1, except when human access is necessary for the performance of the function(s) of the product.

When the classification of a laser product is based on the prevention of human access to a level of energy that is equivalent to Class 4 (for instance, for laser processing machines), the protective housing shall withstand exposures under reasonably foreseeable single fault conditions (see 5.1), without human intervention. If the protective housing is of a size that permits human entry, see 6.13.

Maintenance of Class 1, 1C, 1M, 2, 2M, or 3R laser products shall not permit human access to levels of laser radiation of Class 3B or Class 4. Maintenance of Class 3B laser products shall not permit human access to levels of laser radiation of Class 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6.2.2 Service

Any parts of the protective housing of a laser product (including embedded laser products) that can be removed or displaced for service and which would allow access to laser radiation in excess of the AEL assigned and are not interlocked (see 6.3) shall be secured in such a way that removal or displacement of the parts requires the use of a tool or tools.

6.2.3 Removable laser system

If a laser system can be removed from its protective housing and operated by simply plugging into electrical mains or a battery, the laser system shall comply with the manufacturing requirements of Clauses 6 and 7 that are appropriate to its class.

6.3 Access panels and safety interlocks

6.3.1 A safety interlock shall be provided for access panels of protective housings when both of the following conditions are met:

a) the access panel is intended to be removed or displaced during maintenance or operation, and

b) the removal or displacement of the panel would give access to laser radiation levels designated by "X" in Table 13 below.

The applicability of a safety interlock is indicated by (X) in Table 13 below.

Table 13 – Requirements for safety interlocking

Product class	Radiation levels that would be accessible during or after removal of access panel if there were no interlock or for overridden interlock				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M, 1C	–	–	X	X	X
2, 2M	–	–	X	X	X
3R	–	–	–	X	X
3B	–	–	–	X	X
4	–	–	–	X	X

Removal or opening of an interlocked panel of a Class 1, 1C, 1M, 2, or 2M laser product shall not result in emission through the opening in excess of the AEL of Class 1M, or 2M, as applicable according to the wavelength, unless the interlock is defeated after opening the panel. Removal or opening of an interlocked panel of a Class 3R, 3B, or 4 laser product shall not result in emission through the opening in excess of the AEL of Class 3R unless the interlock is defeated after opening the panel. A higher class of laser power/energy can be emitted out of the opened panel with the interlock defeated.

NOTE Emission above the AEL of the product class that is intended during operation would cause the product classification to increase. Emission above the AEL of the product class that is intended during maintenance may impact the product classification (see 6.2.1).

When a safety interlock is required, the safety interlock shall prevent access to radiation levels designated by X in Table 13 when the panel is removed. Inadvertent resetting of the interlock shall not in itself restore emission values above the applicable AEL in Table 13. These interlocks shall conform to the requirements in the applicable IEC product safety standard (see Clause 1).

The requirements of 5.1 regarding reasonably foreseeable single fault conditions also apply to safety interlocks.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6.3.2 If a deliberate override mechanism is provided, the manufacturer shall also provide adequate instructions about safe methods of working. It shall not be possible to leave the override in operation when the access panel is returned to its normal position. An exception to this requirement is allowed if selection of a service "override" mode automatically isolates the laser beam and prevents automatic resumption of operation of the machine. This exception also requires a lockable mode selector and requires a manual override to use the beam.

The interlock circuit should nevertheless be arranged (through lock relay contacts or other technology) such that even in the override mode, if an open door is closed, it automatically returns to normal interlock operation (eliminating potential ‘false safe’ assumptions about the panel or door).

The interlock shall be clearly associated with a label conforming to 7.10.2. Use of the override shall give rise to a distinct visible or audible warning whenever the laser is energized or capacitor banks are not fully discharged, whether or not the access panel is removed or displaced. Visible warnings shall be clearly visible through protective eyewear specifically designed or specified for the wavelength(s) of the accessible laser radiation.

6.4 Remote interlock connector

Each Class 3B and Class 4 laser system shall have a remote interlock connector. When the terminals of the connector are open-circuited, the accessible radiation shall not exceed the AEL for Class 1M or Class 2M as applicable. This is not required for handheld, battery powered Class 3B laser systems.

NOTE Manufacturers can include a second interlock connector that does not require active action for starting emission, but it is not required for a product to have two connectors.

6.5 Manual reset

Each Class 4 laser system shall incorporate a manual reset to enable resumption of accessible Class 4 laser radiation emission after interruption of emission caused by the use of the remote interlock connector or an interruption of longer than 5 s of electrical mains power.

6.6 Key control

Each Class 3B and Class 4 laser system shall incorporate a key-operated master control. The key shall be removable and the laser radiation shall not be accessible when the key is removed.

NOTE In this Part 1, the term "key" includes any other control devices, such as magnetic cards, cipher combinations, computer passwords, etc.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6.7 Laser radiation emission warning

6.7.1 Each Class 3R laser system in the wavelength range below 400 nm and above 700 nm and each Class 1C, Class 3B and Class 4 laser system shall satisfy the following.

6.7.2 A warning device shall give an audible or visible signal when the laser system is switched on or if any capacitor banks of a pulsed laser are being charged or have not positively discharged. The warning device shall be fail-safe or redundant. Any visible warning device shall be clearly visible through protective eyewear specifically designed for the wavelength(s) of the emitted laser radiation. The visible warning device(s) shall be located so that viewing does not require exposure to laser radiation in excess of the AEL for Class 1M and 2M.

6.7.3 Each operational control and laser aperture that can be separated by 2 m or more from a radiation warning device shall itself be provided with a radiation warning device. The warning device shall be clearly visible or audible to the person in the vicinity of the operational control or laser aperture.

NOTE The emission indicator requirement can be satisfied on a hand held product where the aperture and controls are close together when it incorporates a normally off, momentarily on, switch that provides a clear, tactile indication of emission.

6.7.4 Where the laser emission may be distributed through more than one output aperture, then a visible warning device shall clearly indicate the output aperture or apertures through which laser emission can occur, in accordance with 6.7.2.

6.7.5 For a Class 3R handheld device, a momentary switch that needs to be continually depressed to allow emission may be used in lieu of the emission indicator requirement.

6.8 Beam stop or attenuator

Each Class 3B and Class 4 laser system shall incorporate one or more permanently attached means of attenuation or termination of emission (e.g., beam stop, attenuator, electrical control or switch). The beam stop, switch, or attenuator shall be capable of preventing human access to laser radiation in excess of the AEL for Class 1M or Class 2M as applicable.

6.9 Controls

Each laser product shall have controls located so that adjustment and operation do not require exposure to laser radiation equivalent to Class 3R, Class 3B or Class 4.

6.10 Viewing optics

Any viewing optics, viewport or display screen incorporated in a laser product shall provide sufficient attenuation to prevent human access to laser radiation in excess of the AEL for Class 1M, and, for any shutter or variable attenuator incorporated in the viewing optics, viewport or display screen, a means shall be provided to:

a) prevent human access to laser radiation in excess of the AEL for Class 1M when the shutter is opened or the attenuation varied;

b) prevent opening of the shutter or variation of the attenuator when exposure to laser radiation in excess of the AEL for Class 1M is possible.

6.11 Scanning safeguard

Laser products intended to emit scanned radiation and classified on this basis, shall not, as a result of scan failure or of variation in either scan velocity or amplitude, permit human access to laser radiation in excess of the AEL for the assigned class, unless exposure of people is not reasonably foreseeable during the time interval between failure and when the scanning safeguard reduces emission to levels below the AEL of the class of the product (also see 5.1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6.12 Safeguard for Class 1C products

Other than the intended exposure of the target tissue, a Class 1C product shall not permit human access to laser radiation in excess of the AEL for

a) Class 1 measured under Condition 3 and

b) Class 3B measured through a 3,5 mm aperture placed at 5 mm distance from the applicator with the applicator moving laterally

applicable for the duration of the emission following loss of contact. See IEC 61508 for guidance on performance requirements and reliability for safeguards, although a full analysis may not be necessary.

6.13 "Walk-in" access

If a protective housing is equipped with an access panel which provides "walk-in" access then:

a) means shall be provided so that any person inside the protective housing can prevent activation of a laser hazard that is equivalent to Class 3B or Class 4;

b) a warning device shall be situated so as to provide adequate warning of emission of laser radiation equivalent to Class 3R in the wavelength range below 400 nm and above 700 nm, or of laser radiation equivalent to Class 3B or Class 4 to any person who might be within the protective housing;

c) where “walk-in” access during operation is intended or reasonably foreseeable, emission of laser radiation that is equivalent to Class 3B or Class 4 while someone is present inside the protective housing of a Class 1, Class 2, or Class 3R product shall be prevented by engineering means.

NOTE Methods to prevent human access to radiation when persons are inside the protective housing can include pressure sensitive floor mats, infrared detectors, etc.

6.14 Environmental conditions

The laser product shall meet the safety requirements defined in this standard under all expected operating conditions appropriate to the intended use of the product. Factors to be considered shall include:

– climatic conditions (e.g. temperature, relative humidity);

– vibration and shock.

If no provisions are made in a specific product safety standard, the relevant subclauses of IEC 61010-1 may be applied.

NOTE Requirements related to electromagnetic compatibility are under consideration.

6.15 Protection against other hazards

6.15.1 Non-optical hazards

The requirements of any relevant product safety standard shall be fulfilled during operation and in the event of a single fault for the following:

– electrical hazards;

– excessive (high or low) temperature;

– spread of fire from the equipment;

– sound and ultrasonics;

– harmful substances;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– explosion.

If no provisions are included in a specific product safety standard, the relevant subclauses of IEC 61010-1 may be applied.

NOTE Many countries have regulations for the control of harmful substances.

6.15.2 Collateral radiation

The protective housing of laser products will normally protect against the hazards of collateral radiation (e.g. ultraviolet, visible, infrared radiation). However, if a concern exists that accessible collateral radiation might be hazardous, the laser MPE values may be applied to conservatively evaluate this hazard.

6.16 Power limiting circuit

If a power-control circuit is employed to limit the electrical power to the laser emitting device such that the AEL of the specified laser class is not exceeded under operation, it shall limit emission under reasonably foreseeable single fault conditions as well, including considering the temperature dependence of the device.

NOTE This typically applies to semiconductor diode lasers where a current spike may cause radiation above the AEL. The recommended operating parameters for diode lasers (e.g. current and temperature) are usually well below the gain saturation regime to ensure good spectral characteristics. Therefore a considerable increase of laser emission can occur beyond the recommended parameters.

7 Labelling

7.1 General

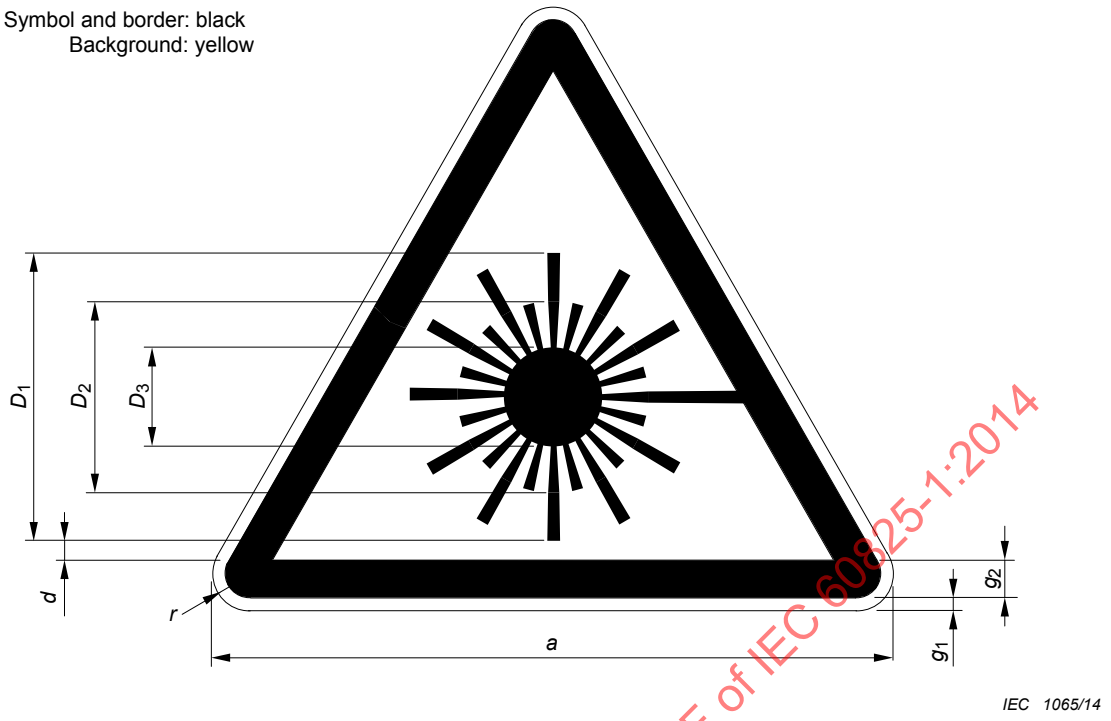
Each laser product shall carry label(s) in accordance with the requirements of the following clauses. The labels shall be durable, permanently affixed, legible, and clearly visible during operation, maintenance or service, according to their purpose. They shall be so positioned that they can be read without the necessity for human exposure to laser radiation in excess of the AEL for Class 1. Text borders and symbols shall be black on a yellow background except for Class 1, where this colour combination need not be used.

The wording of labels shown in Clause 7 is recommended but not mandatory. Other wording that conveys the same meaning (including warning labels per earlier editions of IEC 60825-1) may be substituted. Annex C provides additional information about the laser classes, assumptions and limitations.

If the size or design of the product makes labelling impractical, the label shall be included with the user information or on the package.

Direct printing or engraving of equivalent labels on the laser product or panels is acceptable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



Dimensions in millimetres

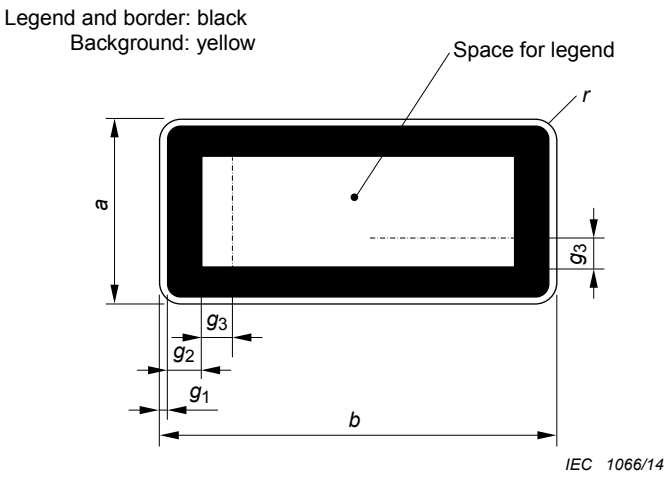
a	g_1	g_2	r	D_1	D_2	D_3	d
25	0,5	1,5	1,25	10,5	7	3,5	0,5
50	1	3	2,5	21	14	7	1
100	2	6	5	42	28	14	2
150	3	9	7,5	63	42	21	3
200	4	12	10	84	56	28	4
400	8	24	20	168	112	56	8
600	12	36	30	252	168	84	12
The dimensions D_1, D_2, D_3, g_1 and d are recommended values.							

NOTE 1 The relationship between the greatest distance L from which the label can be understood and the minimum area A of the label is given by: $A = L^2/2\,000$, where A and L are expressed in square metres and metres respectively. This formula applies for distance L less than about 50 m.

NOTE 2 These dimensions are recommended values. As long as they are proportional to the values, the symbol and border can be of any legible size as required to suit the size of the laser product.

Figure 3 – Warning label – Hazard symbol

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



Dimensions in millimetres

$a \times b$	g_1	g_2	g_3	r	Minimum height of lettering
26 × 52	1	4	4	2	Lettering shall be of a size which renders it legible
52 × 105	1,6	5	5	3,2	
84 × 148	2	6	7,5	4	
100 × 250	2,5	8	12,5	5	
140 × 200	2,5	10	10	5	
140 × 250	2,5	10	12,5	5	
140 × 400	3	10	20	6	
200 × 250	3	12	12,5	6	
200 × 400	3	12	20	6	
250 × 400	4	15	25	8	
The dimension g_1 is recommended.					

NOTE 1 The relationship between the greatest distance L from which the label can be understood and the minimum area A of the label is given by: $A = L^2/2\,000$, where A and L are expressed in square metres and metres respectively. This formula applies for distance L less than about 50 m.

NOTE 2 These dimensions are recommended values. The label can be of any size necessary to contain the required lettering and border. The minimum width of each border dimension g_2 and g_3 is 0,06 times the length of the shorter side of the label.

Figure 4 – Explanatory label

7.2 Class 1 and Class 1M

Except as permitted in Clause 1, each Class 1 laser product shall have affixed an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

CLASS 1 LASER PRODUCT

Alternatively, the label illustrated in Figure 5 may be affixed to the product:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

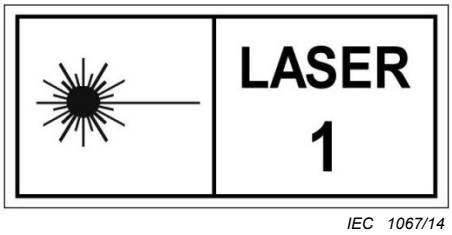


Figure 5 – Alternative label for Class 1

Each Class 1M laser product shall have affixed an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

LASER RADIATION
DO NOT EXPOSE USERS OF TELESCOPIC OPTICS

CLASS 1M LASER PRODUCT

Alternatively, the label in Figure 6 may be affixed to the product:

Figure 6 – Alternative label for Class 1M

Instead of the above labels on the product, at the discretion of the manufacturer, the same statements may be included in the information for the user.

7.3 Class 1C

Each Class 1C laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

LASER RADIATION
FOLLOW INSTRUCTIONS
CLASS 1C LASER PRODUCT

Alternatively, the label in Figure 7 may be affixed to the product:

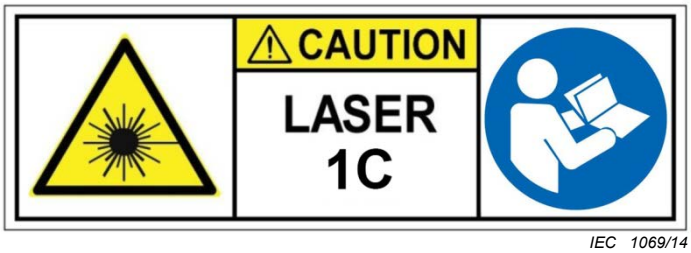


Figure 7 – Alternative label for Class 1C

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

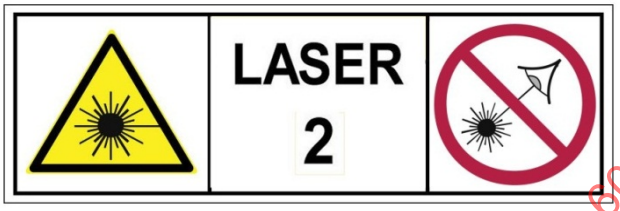
7.4 Class 2 and Class 2M

Each Class 2 laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM

CLASS 2 LASER PRODUCT

Alternatively, the label in Figure 8 may be affixed to the product:



IEC 1070/14

Figure 8 – Alternative label for Class 2

Each Class 2M laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM OR EXPOSE USERS OF TELESCOPIC OPTICS
CLASS 2M LASER PRODUCT

Alternatively, the label in Figure 9 may be affixed to the product:

IEC 1071/14

Figure 9 – Alternative label for Class 2M

NOTE Users are instructed by the above labelling not to stare into the beam, i.e. to perform active protective reactions by moving the head or closing the eyes and to avoid continued intentional intrabeam viewing. See also the detailed information in Annex C.

7.5 Class 3R

Each Class 3R laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

LASER RADIATION
AVOID DIRECT EYE EXPOSURE
CLASS 3R LASER PRODUCT

NOTE Labels using AVOID EXPOSURE TO BEAM in the second line are also acceptable.

Alternatively, the label in Figure 10 may be affixed to the product:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

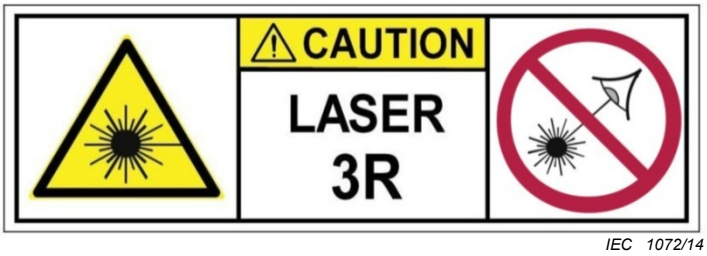


Figure 10 – Alternative label for Class 3R

7.6 Class 3B

Each Class 3B laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

WARNING – LASER RADIATION
AVOID EXPOSURE TO BEAM
CLASS 3B LASER PRODUCT

Alternatively, the label in Figure 11 may be affixed to the product:

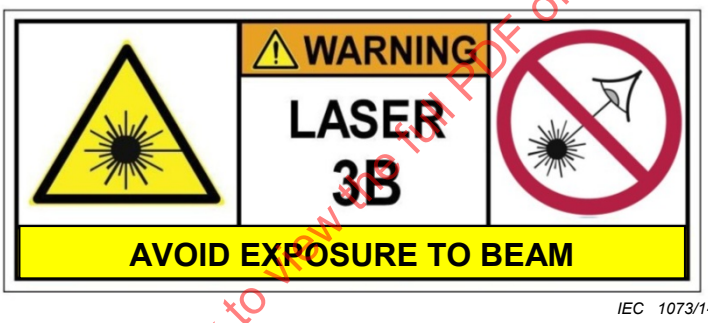


Figure 11 – Alternative label for Class 3B

7.7 Class 4

Each Class 4 laser product shall have affixed a warning label (Figure 3) and an explanatory label (Figure 4) bearing the words:

DANGER – LASER RADIATION
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO
DIRECT OR SCATTERED RADIATION
CLASS 4 LASER PRODUCT

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Alternatively, the following in Figure 12 may be affixed to the product:

Figure 12 – Alternative label for Class 4

7.8 Aperture label

Each Class 3R, Class 3B and Class 4 laser product shall have affixed a label close to each aperture through which laser radiation in excess of the AEL for Class 1 or Class 2 is emitted. The label(s) shall bear the words:

LASER APERTURE

or

APERTURE FOR LASER RADIATION

or

AVOID EXPOSURE – LASER RADIATION IS
EMITTED FROM THIS APERTURE

Alternatively, the label in Figure 13 may be affixed close to the aperture:

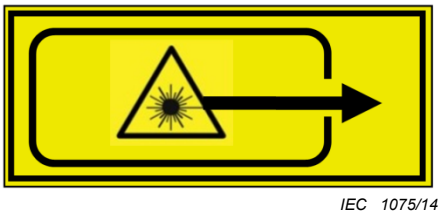


Figure 13 – Alternative label for laser aperture

7.9 Radiation output and standards information

The name and publication date of the standard to which the product was classified shall be included on the explanatory label, on the labels shown in 7.2 to 7.7 or elsewhere in close proximity on the product. Each laser product, except those of Class 1, shall be described on the explanatory label (Figure 4) or on the labels shown in 7.2 to 7.7 by a statement of the maximum output of laser radiation (see definition 3.58), the pulse duration (if appropriate) and the emitted wavelength(s). For Class 1 and Class 1M, instead of the labels on the product, the information may be contained in the information for the user.

If the information in 7.9 is incorporated into the labels in 7.2 to 7.7, it may be included within the panel with the laser class or in a separate panel below the laser class or within the descriptive wording below the laser class panel as appropriate for the size of the label.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

7.10 Labels for access panels

7.10.1 Labels for panels

Each connection and each panel of a protective housing which, when removed or displaced permits human access to laser radiation in excess of the AEL for Class 1, shall have affixed labels bearing the words (for the case of an embedded Class 1M laser, the statement instead may be included in the information for the user):

a)

CAUTION – CLASS 1M LASER RADIATION WHEN OPEN
DO NOT VIEW DIRECTLY WITH TELESCOPES

if the accessible radiation does not exceed the AEL for Class 1M where the level of radiation is measured according to 5.3 a) and 5.4;

b)

CAUTION – CLASS 2 LASER RADIATION WHEN OPEN
DO NOT STARE INTO THE BEAM

if the accessible radiation does not exceed the AEL for Class 2 where the level of radiation is measured according to 5.3 c) and 5.4;

c)

CAUTION – CLASS 2M LASER RADIATION WHEN OPEN
DO NOT STARE INTO THE BEAM OR VIEW
DIRECTLY WITH TELESCOPES

if the accessible radiation does not exceed the AEL for Class 2M where the level of radiation is measured according to 5.3 c) and 5.4;

d)

CAUTION – Class 3R LASER RADIATION WHEN OPEN
AVOID DIRECT EYE EXPOSURE

if the accessible radiation does not exceed the AEL for Class 3R;

Labels using AVOID EXPOSURE TO THE BEAM in the second line are also acceptable.

e)

WARNING – CLASS 3B LASER RADIATION WHEN OPEN
AVOID EXPOSURE TO THE BEAM

if the accessible radiation does not exceed the AEL for Class 3B;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

f)

DANGER – CLASS 4 LASER RADIATION WHEN OPEN
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO
DIRECT OR SCATTERED RADIATION

if the accessible radiation exceeds the limits for Class 3B.

This information may be provided in more than one adjacent label on the product.

7.10.2 Labels for safety interlocked panels

Appropriate labels shall be clearly associated with each safety interlock which may be readily overridden and which would then permit human access to laser radiation in excess of the AEL of Class 1. Such labels shall be visible prior to and during interlock override and be in close proximity to the opening created by the removal of the protective housing. This label shall bear the words specified in items a) to f) of 7.10.1, as applicable, with the introduction of an additional line, positioned after the first line, with the following words:

AND INTERLOCKS DEFEATED

7.11 Warning for invisible laser radiation

In many cases, the wording prescribed for labels in Clause 7 includes the phrase "LASER RADIATION". If the output of the laser is outside the wavelength range from 400 nm to 700 nm, this shall be modified to read "INVISIBLE LASER RADIATION", or if the output is at wavelengths both inside and outside this wavelength range, to read "VISIBLE AND INVISIBLE LASER RADIATION".

If a product is classified on the basis of the level of visible laser radiation and also emits in excess of the AEL of Class 1 at invisible wavelengths, the label shall include the words "VISIBLE AND INVISIBLE LASER RADIATION" in lieu of "LASER RADIATION".

If the alternative labels in Figure 5 to 12 are used, the warnings for visible and invisible radiation shall be included in an additional panel positioned below or to the side of the label.

7.12 Warning for visible laser radiation

The wording "LASER RADIATION" for labels in Clause 7 may be modified to read "LASER LIGHT" if the output of the laser product is in the (visible) wavelength range from 400 nm to 700 nm.

7.13 Warning for potential hazard to the skin or anterior parts of the eye

For Class 1, 1M, 2, 2M or Class 3R, if the accessible emission exceeds the AEL of Class 3B as determined with a 3,5 mm diameter aperture placed at the closest point of human access, an additional warning shall be given on a product label and in the information for the user (see 5.3 a) for Class 1 and 1M, see 5.3 c) for Class 2 and 2M, and see 5.3 d) for Class 3R).

The following warning shall be given on the product housing and in the information for the user. Text borders and symbols shall be black on a yellow background, including for Class 1.

LASER ENERGY - EXPOSURE NEAR APERTURE MAY CAUSE BURNS

NOTE The risk of skin injury is only likely for highly divergent beams for exposure close to the aperture.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

While the placement of the explanatory label for Class 1 and 1M on the product is optional (see 7.2), the above warning is not optional.

8 Other informational requirements

8.1 Information for the user

Manufacturers of laser products shall provide (or see to the provision of) user instructions or an operation manual that contains all relevant safety information. It remains the responsibility of the manufacturer to provide the safety information indicated below and to decide which additional information is relevant and, therefore, shall be provided.

NOTE 1 The information that is relevant or not relevant depends on the specific product including its intended application and may even be subject to national legislation.

The following information shall be provided as applicable:

a) Adequate instructions for proper assembly, maintenance, and safe use, including clear warnings concerning precautions to avoid possible exposure to hazardous laser radiation and description of the classification limitations, if appropriate (see Annex C for a description of the classes and possible limitations).

b) An additional warning for Class 1M and 2M laser products. This warning shall state that viewing the laser output with telescopic optical instruments (for example, telescopes and binoculars) may pose an eye hazard and thus the user should not direct the beam into an area where such instruments are likely to be used.

c) For laser radiation levels above the AEL of Class 1, a description of any radiation pattern(s) emitted from the protective housing during the performance of operation and maintenance procedures. Where applicable, this shall include a statement in appropriate units of:

   - wavelength,
   - beam divergence,
   - pulse duration and repetition rate (or description of irregular pulse pattern),
   - maximum power or energy output.

   The values shall, where appropriate, include cumulative measurement uncertainties and any expected increase in the measured quantities at any time after manufacture. Duration of pulses resulting from unintentional mode-locking need not be specified; whereas, those conditions associated with the product known to result in unintentional mode-locking shall be specified. For ultrashort pulses, the bandwidth of the radiation (i.e. the wavelength range of emission) shall be specified.

d) For embedded laser products and other incorporated laser products, information to describe the incorporated laser (see item c)). The information shall also include appropriate safety instructions to the user to avoid inadvertent exposure to hazardous laser radiation. This is particularly relevant for embedded laser products that are classified as Class 1, Class 1M, Class 2 or Class 2M but where intrabeam viewing to accessible emission levels in excess of the AELs of these classes is possible during maintenance. In this case the manufacturer shall include a warning that intrabeam viewing of the laser shall be prevented.

e) Where appropriate and relevant, the applicable MPE (see Annex A) and NOHD for Class 3B and Class 4 laser products. Since the NOHD greatly depends on the beam delivery system and optical elements placed in the beam, when this is considered as relevant, it is recommended that the different NOHD values are given for the different attachments or beam delivery systems. If there is a variable beam divergence, the NOHD could be given for some selected values of divergence. When an MPE and NOHD value is stated, the assumed exposure duration for the determination of these values shall also be stated. For collimated-beam Class 1M and Class 2M lasers, the extended NOHD (ENOHD) shall be stated, where appropriate and relevant.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 2 Specific information on the ENOHD is typically not required for collimated beams that are to be used indoors. In that case, it is usually sufficient to give the distance where the MPE can be exceeded.

f) Where appropriate, information for the selection of eye protection. This shall include the required optical density and wavelength range as well as irradiance or radiation exposure levels that might be incident on the surface of the eye protection equipment, so that resistance levels can be determined.

NOTE 3 Many countries have regulations and standards for personal protective equipment.

g) Legible reproductions (black mono tone or in the appropriate colours stated in Clause 7) of all required labels and hazard warnings to be affixed to the laser product or provided with the laser product. The corresponding position of each label affixed to the product shall be indicated or, if provided with the product, a statement that such labels could not be affixed to the product but were supplied with the product and a statement of the form and manner in which they were supplied shall be provided. If the alternative graphic labels in 7.2 through 7.8 are used on the product, their corresponding wordings shall be included in the user manual in addition to the reproduction of the graphic label.

h) A clear indication in the manual of all locations of laser apertures through which laser radiation exceeding the Class 1 AEL is emitted.

i) List of controls, adjustments and procedures for operation and maintenance, including the warning "Caution – Use of controls or adjustments or performance of procedures other than those specified herein may result in hazardous radiation exposure" (or alternatively, equivalent appropriate warnings).

j) In the case of laser products that do not incorporate the laser energy source necessary for laser emission, a statement of the compatibility requirements for a laser energy source to ensure safety.

k) For Class 1, 1M, 2, 2M and 3R an additional warning may be required (see 5.3 a), 5.3 c) and 5.3 d)). The additional warning shall be provided to ensure that, for example, users are aware of the risk of skin or corneal burns.

l) Vertical standards specify applicable requirements regarding user information for Class 1C products. Examples of relevant information, as applicable, are:

- the warning shall state that the laser output from this device may be hazardous if not used according to the user instructions;
- users shall be warned against using the device on skin areas where it is not safe, such as eye lids; and
- users shall be also warned as to the frequency of application when repeated application may pose a risk.

8.2 Purchasing and servicing information

Manufacturers of laser products shall provide or ensure that the following is provided.

a) In all catalogues, specification sheets and descriptive brochures, the classification of each laser product and any warning shall be stated, including those specified by 8.1 b) and 8.1 k), if appropriate.

b) To servicing dealers and distributors, and to others upon request, adequate instructions for service adjustments and service procedures for each laser product model, which include:

– clear warnings and precautions to be taken to avoid possible exposure to laser radiation above Class 1 and other hazards;

– a schedule of maintenance necessary to keep the product in compliance;

– a list of those controls and procedures which could be utilized by persons other than the manufacturer or his agents to increase accessible emission levels of radiation;

– a clear description of the location of displaceable portions of the protective housing which could allow access to laser radiation in excess of the accessible emission limits in Tables 3 to 8;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– protective procedures for service personnel; and
– legible reproductions (colour optional) of required labels and hazard warnings.

9 Additional requirements for specific laser products

9.1 Other parts of the standard series IEC 60825

For specific applications, one or another of the following parts of the IEC 60825 series may be applicable (see also Bibliography).

– IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)* (provides application notes and examples);
– IEC 60825-4, *Safety of laser products – Part 4: Laser* guards (provides design and construction information for laser guards and materials especially where high power lasers are used);
– IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*

Further information may be found in:

– IEC/TR 60825-3, *Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows;*
– IEC/TR 60825-5, *Safety of laser products – Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1* (suitable for use in a safety report);
– IEC/TR 60825-8, *Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans;*
– IEC/TR 60825-9, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation* (broadband sources);
– IEC/TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products;*
– IEC/TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide;*
– IEC 62471 (CIE S 009), *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

9.2 Medical laser products

Each medical laser product shall comply with all of the applicable requirements for laser products of its class. In addition, any Class 3B or Class 4 medical and cosmetic laser product may be subject to IEC 60601-2-22.

9.3 Laser processing machines

Laser processing machines shall comply with applicable requirements for laser products of their class. In addition, laser processing machines may be subject to the ISO/IEC 11553 series of standards.

9.4 Electric toys

Electric toys that are laser products shall comply with applicable requirements for laser products of their class. In addition, these products are subject to IEC 62115.

9.5 Consumer electronic products

Consumer electronic products that are laser products shall comply with applicable requirements for laser products of their class. In addition, these products may be subject to IEC 60950-1 (IT equipment) or to IEC 60065 (AV equipment).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex A
(informative)

Maximum permissible exposure values

A.1 General remarks

Accessible emission limits (AELs) are generally derived from the maximum permissible exposures (MPEs). MPEs have been included in this informative annex to provide manufacturers with additional information that can assist in evaluating the safety aspects related to the intended use of their product (such as the determination of the NOHD).

NOTE Simplified calculations may significantly underestimate the NOHD. For example, when the laser aperture is inside of a large Raleigh range, when there is an external beam waist, or when the beam profile is such that the power that passes through an aperture is underestimated when a Gaussian beam profile is assumed. In such cases, it is usually advantageous to determine the NOHD by measurements.

Maximum permissible exposure values as contained in this part of IEC 60825 are adopted from exposure limit values published by International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. MPE values are set below known hazard levels and are based on the best available information from experimental studies. The MPE values should be used as guides in the control of exposures, for the safe design of a product and as basis for providing user information, and should not be regarded as precisely defined dividing lines between safe and dangerous levels. In any case, exposure to laser radiation should be as low as possible.

The MPEs that are given in this informative annex are informative, and should not be interpreted as legally-binding limits for the exposure of employees at the workplace or of the general public. Exposure limits for the eye and the skin of employees at the workplace and the general public are in many countries specified in national laws. These exposure limits might be different to the MPEs given in this annex.

Exposures from several wavelengths should be assumed to have an additive effect on a proportional basis of spectral effectiveness according to the MPEs of Tables A.1, A.2, A.3, A.4, and A.5 provided that the spectral regions are shown as additive by the symbols (o) for ocular and (s) for skin exposure in the matrix of Table 1. Where the wavelengths radiated are not shown as additive, the hazards should be assessed separately.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.1 – Maximum permissible exposure (MPE) for C_6 = 1 at the cornea expressed as irradiance or radiant exposure [a, b]

Wavelength λ nm	Exposure time t s								
	10^{-13} to 10^{-11}	10^{-11} to 10^{-9}	10^{-9} to 10^{-7}	10^{-7} to 5×10^{-6}	5×10^{-6} to 13×10^{-6}	13×10^{-6} to 1×10^{-3}	1×10^{-3} to 10	10 to 10^2	10^2 to 3×10^4
180 to 302,5	3×10^{10} W·m^{-2}		30 J·m^{-2}						
302,5 to 315			Thermal hazard [d] ($t \leq T_1$) C_1 J·m^{-2}				Photochemical hazard [d] ($t > T_1$) C_2 J·m^{-2}	C_2 J·m^{-2}	
315 to 400			C_1 J·m^{-2}					10^4 J m^{-2}	
400 to 450	1×10^{-3} J·m^{-2}	2×10^{-3} J·m^{-2}			$18\ t^{0,75}$ J·m^{-2}			100 J·m^{-2}	C_3 W·m^{-2}
450 to 500								100 C_3 J·m^{-2} and [c] 10 W·m^{-2}	
500 to 700								10 W·m^{-2}	
700 to 1 050	1×10^{-3} J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_4$ J·m^{-2}			$18\ t^{0,75}\ C_4$ J·m^{-2}			10 $C_4\ C_7$ W·m^{-2}	
1 050 to 1 400[e]	$1 \times 10^{-3}\ C_7$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-2}\ C_7$ J·m^{-2}				$90\ t^{0,75}\ C_7$ J·m^{-2}			
1 400 to 1 500	10^{12} W·m^{-2}		10^3 J·m^{-2}				$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}	1 000 W·m^{-2}	
1 500 to 1 800	10^{13} W·m^{-2}		10^4 J·m^{-2}						
1 800 to 2 600	10^{12} W·m^{-2}		10^3 J·m^{-2}				$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}		
2 600 to 10^6	10^{11} W·m^{-2}		100 J·m^{-2}	$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}					

[a] For correction factors and units, see Table 9; the exposure level that is compared with the MPE values is to be averaged over the appropriate aperture (Table A.6).

[b] The MPEs for exposure durations below 10^{-9} s and for wavelengths less than 400 nm and greater than 1 400 nm have been derived by calculating the equivalent irradiance from the radiant exposure limits at 10^{-9} s. The MPEs for exposure durations below 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent irradiance values of the MPEs at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 450 nm and 500 nm, dual limits apply and the exposure shall not exceed either limit applicable.

[d] For repetitively pulsed UV lasers neither limit should be exceeded.

[e] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the limits to protect the retina given in this table may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.2 – Maximum permissible exposure (MPE) at the cornea for extended sources in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm (retinal hazard region) expressed as irradiance or radiant exposure[d]

Wavelength λ nm	Exposure time t s						
	10^{-13} to 10^{-11}	10^{-11} to $5{,}0 \times 10^{-6}$	$5{,}0 \times 10^{-6}$ to $1{,}3 \times 10^{-5}$	$1{,}3 \times 10^{-5}$ to 10	10 to 10^2	10^2 to 10^4	10^4 to 3×10^4
400 to 700	$1 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$18\ t^{0,75}\ C_6$ J·m^{-2}		400 nm to 600 nm – Retinal photochemical hazard [a] 100 C_3 J·m^{-2} using γ_{ph} = 11 mrad	1 C_3 W·m^{-2} using $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0,5}$ mrad	1 C_3 W·m^{-2} using γ_{ph} = 110 mrad
					AND [b]		
					400 nm to 700 nm – Retinal thermal hazard $(t \le T_2)$ $18\ t^{0,75}\ C_6$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $18\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	
700 to 1 050	$1 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}	$18\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}		$(t \le T_2)$ $18\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $18\ C_4\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	
1 050 to 1 400[c]	$1 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-2}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}		$90\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$(t \le T_2)$ $90\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $90\ C_6\ C_7\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	

NOTE Exposure limits for some ocular tissues may be different for ophthalmic instruments – see ISO 15004-2.

[a] The angle γ_{ph} is the limiting measurement angle of acceptance.

[b] In the wavelength range between 400 nm and 600 nm, dual limits apply and the exposure must not exceed either limit applicable. Normally, photochemical hazard limits only apply for exposure durations greater than 10 s; however, for wavelengths between 400 nm and 484 nm and for apparent source sizes between 1,5 mrad and 82 mrad, the dual photochemical hazard limit of 100 C_3 J·m^{-2} should be applied for exposures greater than or equal to 1 s.

[c] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the limits to protect the retina given in this table may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

[d] For exposure durations less than 0,25 s, the limits to protect the retina given in this table may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.3 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.1 (C_6 = 1) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy [a, b]

Wavelength λ nm	**Emission duration** t s					
	10^{-13} to 10^{-11}	**10^{-11} to 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} to 13×10^{-6}**	**13×10^{-6} to 10**	**10 to 10^2**	**10^2 to 3×10^4**
400 to 450	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}$ J		$3{,}9 \times 10^{-3}$ J	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W
450 to 500					$3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J and [c] $3{,}9 \times 10^{-4}$ W	
500 to 700					$3{,}9 \times 10^{-4}$ W	
700 to 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4$ J		$3{,}9 \times 10^{-4}\ C_4\ C_7$ W	
1 050 to 1 400[d]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_7$ J		

NOTE The exposure level to be compared with the MPE expressed as power or energy is to be determined as power or energy that passes through an aperture with a diameter of 7 mm (the MPE values expressed in this table are obtained from the values of Table A.1 by multiplication with the area of an aperture with 7 mm diameter)

[a] For correction factors and units, see Table 9

[b] The MPEs for exposure durations below 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power values of the MPEs at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 450 nm and 500 nm, dual limits apply and the exposure must not exceed either limit applicable.

[d] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the limits to protect the retina given in this table, may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.4 – Maximum permissible exposure (MPE) of Table A.2 (extended sources) for the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm expressed as power or energy [a, b, c, d, e, f, g]

Wavelength λ nm	Emission duration t s						
	10^{-13} to 10^{-11}	10^{-11} to 5×10^{-6}	5×10^{-6} to 13×10^{-6}	13×10^{-6} to 10	10 to 10^2	10^2 to 10^4	10^4 to 3×10^4
400 to 700	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J		400 nm to 600 nm – Retinal photochemical hazard [d, e] $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J using γ_{ph} = 11 mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W using $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0{,}5}$ mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W using γ_{ph} = 110 mrad
					AND [c]		
					400 nm to 700 nm – Retinal thermal hazard $(t \le T_2)$: $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J $(t > T_2)$: $7 \times 10^{-4}\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
700 to 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J		$(t \le T_2)$: $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J $(t > T_2)$: $7 \times 10^{-4}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
1 050 to 1 400[f]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_6\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J	$(t \le T_2)$: $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J $(t > T_2)$: $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0{,}25}$ W		

NOTE 1 Exposure limits for some ocular tissues may be different for ophthalmic instruments – see ISO 15004-2.

NOTE 2 The exposure level to be compared with the MPE expressed as power or energy is to be determined as power or energy that passes through an aperture with a diameter of 7 mm (the MPE values expressed in this table are obtained from the values of Table A.2 by multiplication with the area of an aperture with 7 mm diameter).

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] The MPEs for exposure durations below 10^{-13} s are set to be equal to the equivalent power values of the MPEs at 10^{-13} s.

[c] In the wavelength range between 450 nm and 600 nm, dual limits apply and the exposure shall not exceed either limit applicable.

[d] The angle γ_{ph} is the limiting measurement angle of acceptance.

[e] If exposure times between 1 s and 10 s are used, for wavelengths between 400 nm and 484 nm and for apparent source sizes between 1,5 mrad and 82 mrad, the dual photochemical hazard limit of $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J is extended to 1 s.

[f] In the wavelength range between 1 250 nm and 1 400 nm, the limits to protect the retina given in this table may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

[g] For exposure durations less than 0,25 s, the limits to protect the retina given in this table may not adequately protect the anterior parts of the eye (cornea, iris) and caution needs to be exercised. There is no concern for the anterior parts of the eye if the exposure does not exceed the skin MPE values.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.5 – Maximum permissible exposure (MPE) of the skin to laser radiation [a, b]

Wavelength λ nm	Exposure time t s					
	$<10^{-9}$	10^{-9} to 10^{-7}	10^{-7} to 10^{-3}	10^{-3} to 10	10 to 10^{3}	10^{3} to 3×10^{4}
180 to 302,5	3×10^{10} W·m^{-2}	30 J·m^{-2}				
302,5 to 315		C_1 J·m^{-2} ($t \leq T_1$) / C_2 J·m^{-2} ($t > T_1$)			C_2 J·m^{-2}	
315 to 400		C_1 J·m^{-2}			10^4 J·m^{-2}	10 W·m^{-2}
400 to 700	2×10^{11} W·m^{-2}	200 J·m^{-2}	$1{,}1 \times 10^4\ t^{0{,}25}$ J·m^{-2}		2 000 W·m^{-2}	
700 to 1 400	$2 \times 10^{11}\ C_4$ W·m^{-2}	200 C_4 J·m^{-2}	$1{,}1 \times 10^4\ C_4\ t^{0{,}25}$ J·m^{-2}		2 000 C_4 W·m^{-2}	
1 400 to 1 500	10^{12} W·m^{-2}	10^3 J·m^{-2}		5 600 $t^{0{,}25}$ J·m^{-2}	1 000 W·m^{-2} [c]	
1 500 to 1 800	10^{13} W·m^{-2}	10^4 J·m^{-2}				
1 800 to 2 600	10^{12} W·m^{-2}	10^3 J·m^{-2}		5 600 $t^{0{,}25}$ J·m^{-2}		
2 600 to 10^6	10^{11} W·m^{-2}	100 J·m^{-2}	5 600 $t^{0{,}25}$ J·m^{-2}			

[a] For correction factors and units, see Table 9.

[b] There is only limited evidence about effects for exposures of less than 10^{-9} s. The MPEs for these exposure durations have been derived by maintaining the irradiance applying at 10^{-9} s.

[c] For exposed skin areas greater than 0,1 m^2, the MPE is reduced to 100 W·m^{-2}.
Between 0,01 m^2 and 0,1 m^2, the MPE varies inversely proportional to the irradiated skin area.

A.2 Limiting apertures

An appropriate aperture should be used for all measurements and calculations of exposure values. This is the limiting aperture and is defined in terms of the diameter of a circular area over which the irradiance or radiant exposure is to be averaged. Values for the limiting apertures are shown in Table A.6. When the MPE values for the retinal hazard region expressed as power or energy are used (Table A.3 or Table A.4) the exposure value is to be expressed as power or energy and determined as power or energy passing through an aperture with a diameter of 7 mm.

For repetitively pulsed laser exposures within the spectral range between 1 400 nm and 10^5 nm, the 1 mm aperture is used for evaluating the hazard from an individual pulse; whereas the 3,5 mm aperture is applied for evaluating the MPE applicable for exposures greater than 10 s.

The values of ocular exposures in the wavelength range 400 nm to 1 400 nm are measured over a 7 mm diameter aperture (pupil). The MPE shall not be adjusted to take into account smaller pupil diameters.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table A.6 – Aperture diameters for measuring laser irradiance and radiant exposure

Spectral region nm	Aperture diameter for mm	
	Eye	Skin
180 to 400	1	3,5
≥ 400 to 1 400	7	3,5
≥ 1 400 to 10^5	1 for $t \leq 0{,}35$ s $1{,}5\ t^{3/8}$ for $0{,}35\ \text{s} < t < 10$ s 3,5 for $t \geq 10$ s	3,5
≥ 10^5 to 10^6	11	11
NOTE For multiple pulse exposures, refer to Clause A.3.		

A.3 Repetitively pulsed or modulated lasers

The following methods should be used to determine the MPE to be applied to exposures to repetitively pulsed radiation.

The exposure from any group of pulses (or sub-group of pulses in a train) delivered in any given time should not exceed the MPE for that time.

The MPE for ocular exposure for wavelengths less than 400 nm and longer than 1400 nm, as well as the MPE for skin exposure is limited by the most restrictive of requirements a) and b).

The MPE for ocular exposure for wavelengths from 400 nm to 1 400 nm is determined by using the most restrictive of requirements a), b) and c). Requirement c) applies only to the retinal thermal limits and not to the retinal photochemical limits.

a) The exposure from any single pulse within a pulse train does not exceed the MPE for a single pulse.

b) The average exposure for a pulse train of exposure duration T does not exceed the MPE given in Tables A.1, A.2 and A.3 for a single pulse of exposure duration T. For irregular pulse patterns (including varying pulse energies), T has to be varied between T_i and the maximum assumed exposure duration. For regular pulse patterns it is sufficient to average over the assumed maximum exposure duration.

c) The exposure per pulse does not exceed the MPE for a single pulse multiplied by the correction factor C_5. C_5 is only applicable to individual pulse durations shorter than 0,25 s.

$$\text{MPE}_{\text{s.p.train}} = \text{MPE}_{\text{single}} \times C_5$$

where

$\text{MPE}_{\text{single}}$ is the MPE for a single pulse;

$\text{MPE}_{\text{s.p.train}}$ is the MPE for any single pulse in the pulse train.

If pulse duration $t \leq T_i$, then:

For maximum anticipated exposure duration less than or equal to 0,25 s

$C_5 = 1{,}0$

For maximum anticipated exposure duration larger than 0,25 s

If $N \leq 600$ $C_5 = 1{,}0$

If $N > 600$ $C_5 = 5 \cdot N^{-0{,}25}$ with a minimum value of $C_5 = 0{,}4$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

If pulse duration $t > T_i$, then:

For $\alpha \leq 5$ mrad:

$C_5 = 1{,}0$

For 5 mrad $< \alpha \leq \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0{,}25}$ for $N \leq 40$

$C_5 = 0{,}4$ for $N > 40$

For $\alpha > \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0{,}25}$ for $N \leq 625$

$C_5 = 0{,}2$ for $N > 625$

Unless $\alpha > 100$ mrad, where $C_5 = 1{,}0$ in all cases.

N is the effective number of pulses in the pulse train within the assessed exposure duration (when pulses occur within T_i (see Table 2), *N* is less than the actual number of pulses, see below). The maximum exposure duration that needs to be considered for the assessment is T_2 (see Table 9) or the anticipated exposure duration, whichever is shorter.

If multiple pulses appear within the period of T_i (see Table 2) they are counted as a single pulse to determine *N*, and the radiant exposure of the individual pulses are added to be compared to the MPE of T_i.

A.4 Measurement conditions

A.4.1 General

In order to evaluate the actual exposure, the following measurement conditions should be applied.

A.4.2 Limiting aperture

The values of radiant exposure or irradiance to be compared to the respective MPE are averaged over a circular aperture stop according to the limiting apertures of Table A.6. For ocular exposure in the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm, a minimum measurement distance of 100 mm is used.

A.4.3 Angle of acceptance

a) Photochemical retinal limits

For measurements of sources to be evaluated against the photochemical limits (400 nm to 600 nm), the limiting angle of acceptance γ_{ph} is

for 10 s $< t \leq$ 100 s: $\gamma_{ph} = 11$ mrad

for 100 s $< t \leq 10^4$ s: $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0{,}5}$ mrad

for 10^4 s $< t \leq 3 \times 10^4$ s: $\gamma_{ph} = 110$ mrad

If the angular subtense of the source α is larger than the specified limiting angle of acceptance γ_{ph}, the angle of acceptance should not be larger than the values specified for γ_{ph}. If the angular subtense of the source α is smaller than the specified limiting angle of acceptance γ_{ph}, the angle of acceptance should fully encompass the source under consideration but need not otherwise be well defined (i.e. the angle of acceptance need not be restricted to γ_{ph}).

NOTE For measurements of single sources where $\alpha < \gamma_{ph}$, it will not be necessary to measure with a specific, well-defined, angle of acceptance. To obtain a well-defined angle of acceptance, the angle of acceptance can

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

be defined by either imaging the source onto a field stop or by masking off the source – see Figures 1 and 2, respectively.

b) All other limits

For measurement of radiation to be compared with limits other than the retinal photochemical hazard limit, the angle of acceptance should fully encompass the source under consideration (i.e. the angle of acceptance should be at least as large as the angular subtense of the source α). However, if $\alpha > \alpha_{max}$, in the wavelength range of 302,5 nm to 4 000 nm, the limiting angle of acceptance should not be larger than α_{max} for the thermal hazard limits. Within the wavelength range of 400 nm to 1 400 nm for thermal hazard limits, for the evaluation of an apparent source which consists of multiple points, the angle of acceptance should be in the range of $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ (see 4.3 d)).

For the determination of the MPE for sources with non-circular emission patterns, the value of the angular subtense of a rectangular or linear source is determined by the arithmetic mean of the two angular dimensions of the source. Any angular dimension that is greater than α_{max} or less than α_{min} should be limited to α_{max} or α_{min} respectively, prior to calculating the mean. The retinal photochemical hazard limits do not depend on the angular subtense of the source, and the source is measured with the angle of acceptance as specified above.

A.5 Extended source lasers

The following corrections to the small source MPEs are restricted in most instances to viewing diffuse reflections, and, in some cases, these could apply to laser arrays, line lasers, lasers with beam waist diameters above 0,2 mm and divergence angles above 2 mrad or extended source diffused laser products.

For extended source laser radiation (for example, diffuse reflection viewing) at wavelengths from 400 nm to 1 400 nm, the thermal ocular hazard MPEs are increased by the factor C_6 provided that the angular subtense of the source (measured at the viewer's eye) is greater than α_{min}, where α_{min} is equal to 1,5 mrad.

The correction factor C_6 is given by:

$$C_6 = 1 \qquad \text{for } \alpha \leq \alpha_{min}$$

$$C_6 = \frac{\alpha}{\alpha_{min}} \qquad \text{for } \alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max}$$

$$C_6 = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{min}} \qquad \text{for } \alpha > \alpha_{max}$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex B
(informative)

Examples of calculations

B.1 Symbols used in the examples of this annex

Symbol	Unit	Definition
a	m	Diameter of the emergent laser beam
AEL	W, J, $W \cdot m^{-2}$ or $J \cdot m^{-2}$	Accessible emission limit
α	rad	The angle subtended by an apparent source (or a diffuse reflection) as viewed at a point in space
α_{min}	rad	Minimum angle subtended by a source for which the extended source criterion applies (1,5 mrad)
α_{max}	rad	Maximum angle subtended by a source for which the extended source criterion varies linearly with source size (varies from 5 mrad to 100 mrad).
$C_1, C_2, \ldots, C_7$	1	Correction factors (see Table 9)
PRF, F	Hz	Pulse repetition frequency
H	$J \cdot m^{-2}$	Radiant exposure
E	$W \cdot m^{-2}$	Irradiance at a specified distance, r, from the apparent source
H_o	$J \cdot m^{-2}$	Emergent beam radiant exposure
E_o	$W \cdot m^{-2}$	Irradiance at zero distance from the apparent source
λ	nm	Wavelength of laser radiation
N	1	Number of pulses contained within an exposure duration
P_o	W	Total radiant power (radiant flux) of a CW laser, or average radiant power of a repetitively pulsed laser
P_p	W	Radiant power within a pulse of a pulsed laser
ϕ	rad	Divergence angle of an emergent laser beam
π	1	The numerical constant 3,142

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Q	J	Total radiant energy of a pulsed laser
t	s	Time duration of a single laser pulse
T	s	Total exposure duration of a train of pulses
T_1, T_2	s	Time breakpoints (see Table 9)

B.2 Classification of a laser product – Introduction

The examples presented in this annex illustrate the calculation procedures for classifying a laser product from measured parameters obtained by following the measurement conditions specified in this standard. Flowcharts are provided in this annex to illustrate the basic steps that may be needed to complete a classification calculation for a laser product, but not all possible laser products have been covered by these flowcharts.

As specified in 4.2 and 4.3:

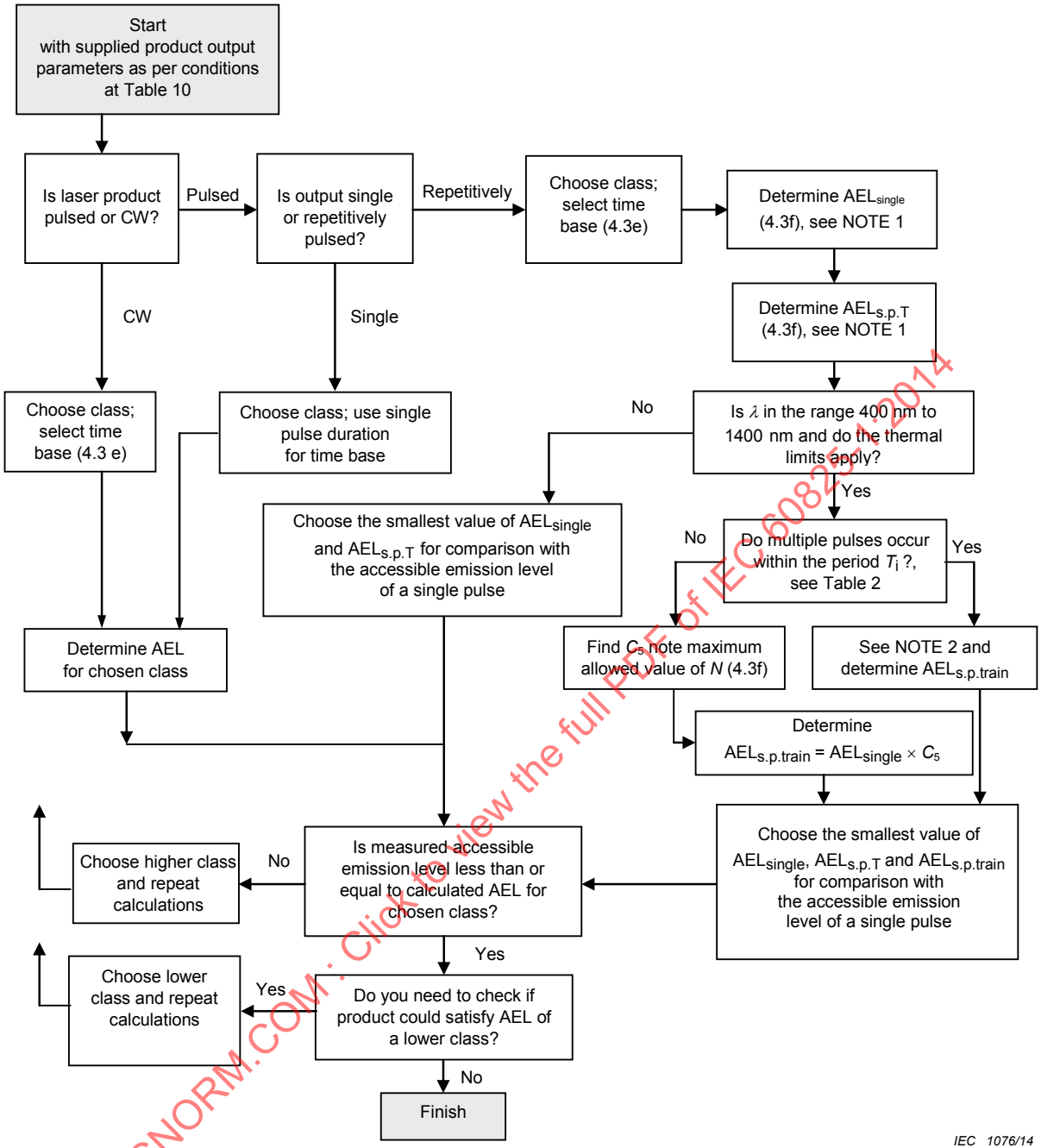
– It is the responsibility of the manufacturer or his agent to provide correct classification of a laser product. The product is classified on the basis of that combination of output power(s) and wavelength(s) of the accessible laser radiation over the full range of capability during operation at any time after manufacture, which results in its allocation to the highest appropriate class. The accessible emission limit (AELs) for Class 1,1C and 1M, Class 2 and 2M, Class 3R and Class 3B (listed in order of increasing hazard) are given in Tables 3 to 8.

– The values of the correction factors used are given in Table 9 as functions of wavelength, emission duration, number of pulses and angular subtense.

If the user modifies the laser product so that the accessible laser radiation is altered, it becomes their responsibility to ensure the product is correctly classified.

The correct classification of a laser product may involve calculating the AEL for more than one of the classes listed in 5.3 to determine the correct classification, as illustrated in Figures B.1 and B.2. Example AELs for Class 1 are presented in Figures B.3 to B.5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 1 AEL_{single} is determined on the duration of a single pulse.

$AEL_{s.p.T}$ is calculated from AEL_T determined on the chosen time base, where:

If AEL_T is in J or J·m^{-2} then $AEL_{s.p.T} = AEL_T/N_T$ (in units of J or J·m^{-2}).

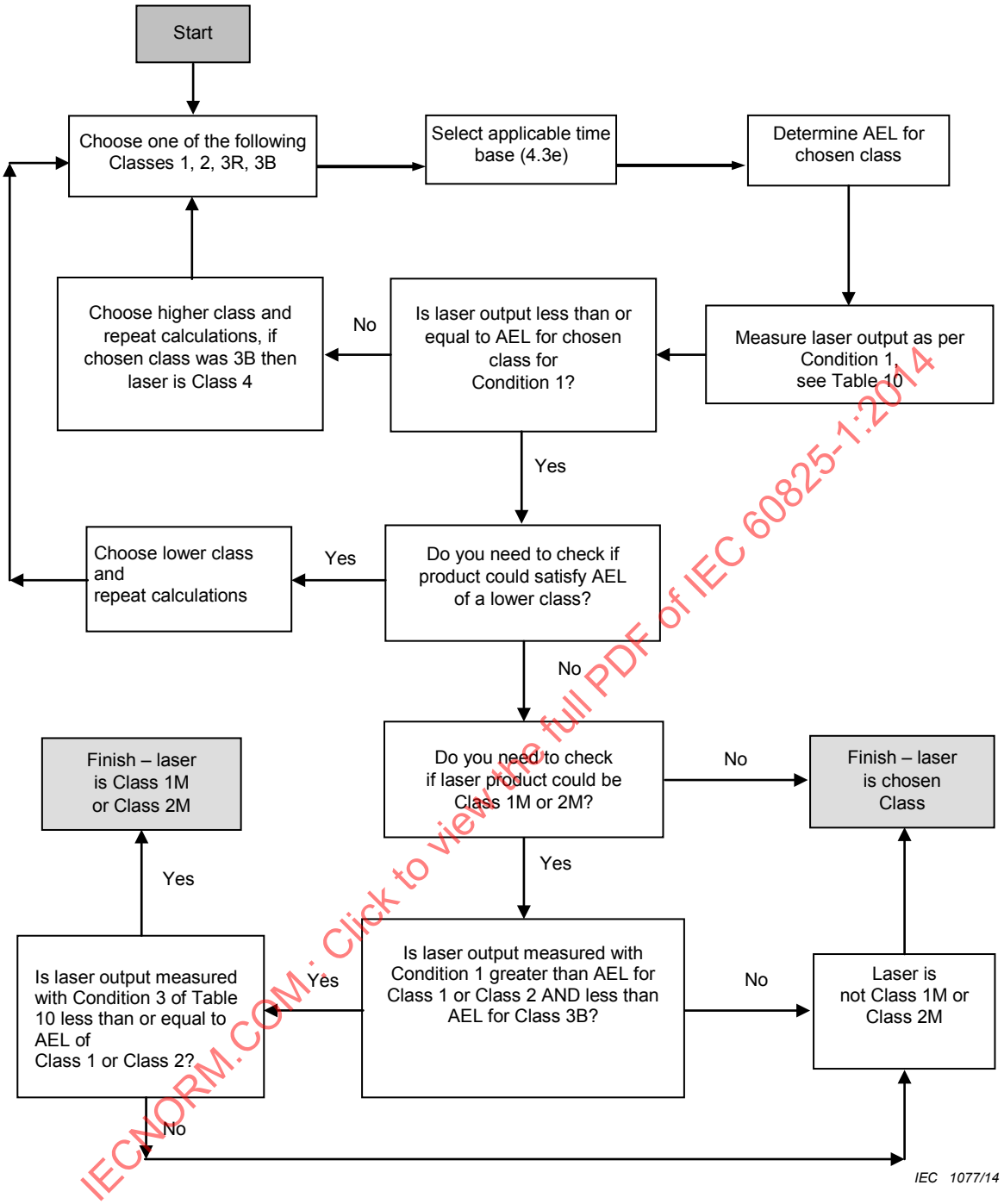
If AEL_T is in W or W·m^{-2} then $AEL_{s.p.T} = AEL_T/PRF$ (in units of J or J·m^{-2}).

T = chosen time base in seconds.

N_T = number of pulses in time T.

NOTE 2 If multiple pulses occur within the period T_i, the single pulse duration is changed to T_i and the new value of AEL_{single} is calculated. The PRF is changed accordingly to determine the maximum allowed value of N (4.3 f). The new value of AEL_{single} is divided by the number of original pulses contained in the period T_i before substituting the final value of AEL_{single} in equation for $AEL_{s.p.train}$.

Figure B.1 – Flowchart guide for the classification of laser products from supplied output parameters



IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Figure B.2 – Flowchart guide for the classification of Class 1M and Class 2M laser products

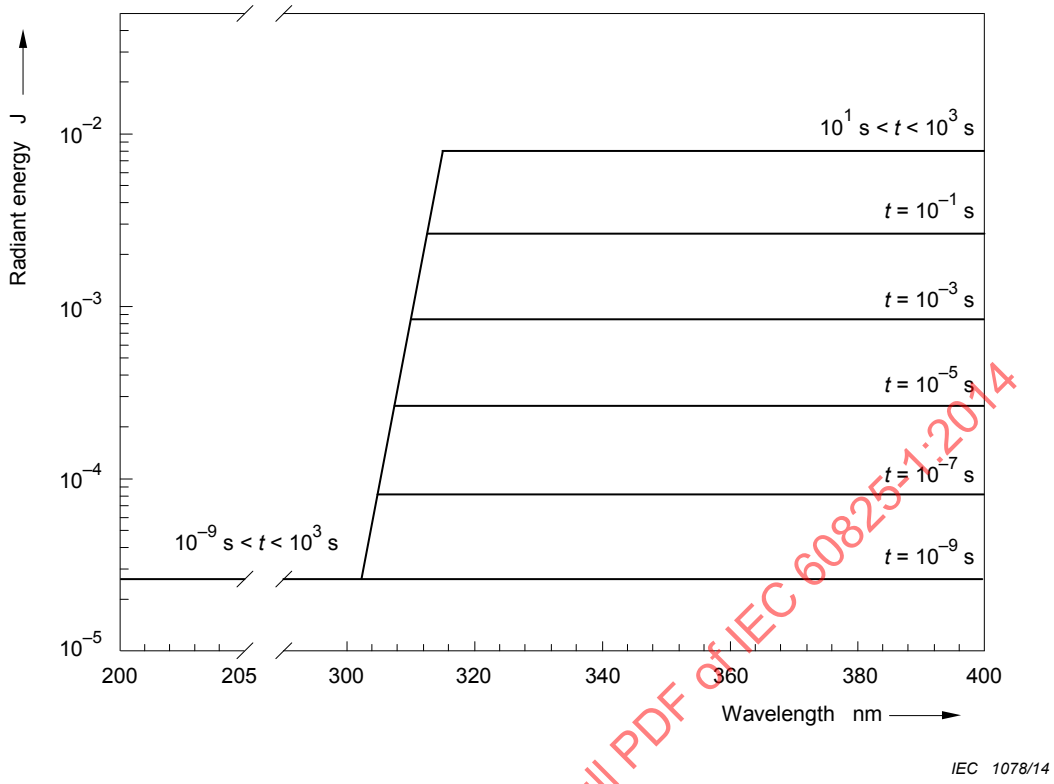


Figure B.3 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for selected emission durations from 10^{-9} s to 10^{3} s

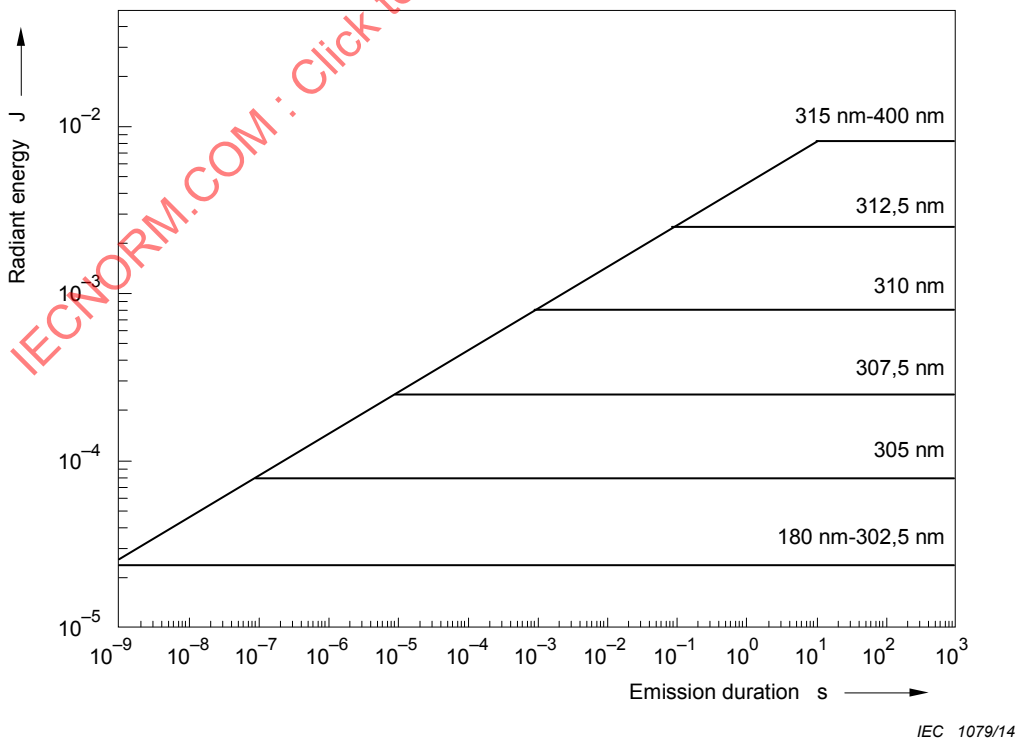


Figure B.4 – AEL for Class 1 ultra-violet laser products for emission durations from 10^{-9} s to 10^{3} s at selected wavelengths

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

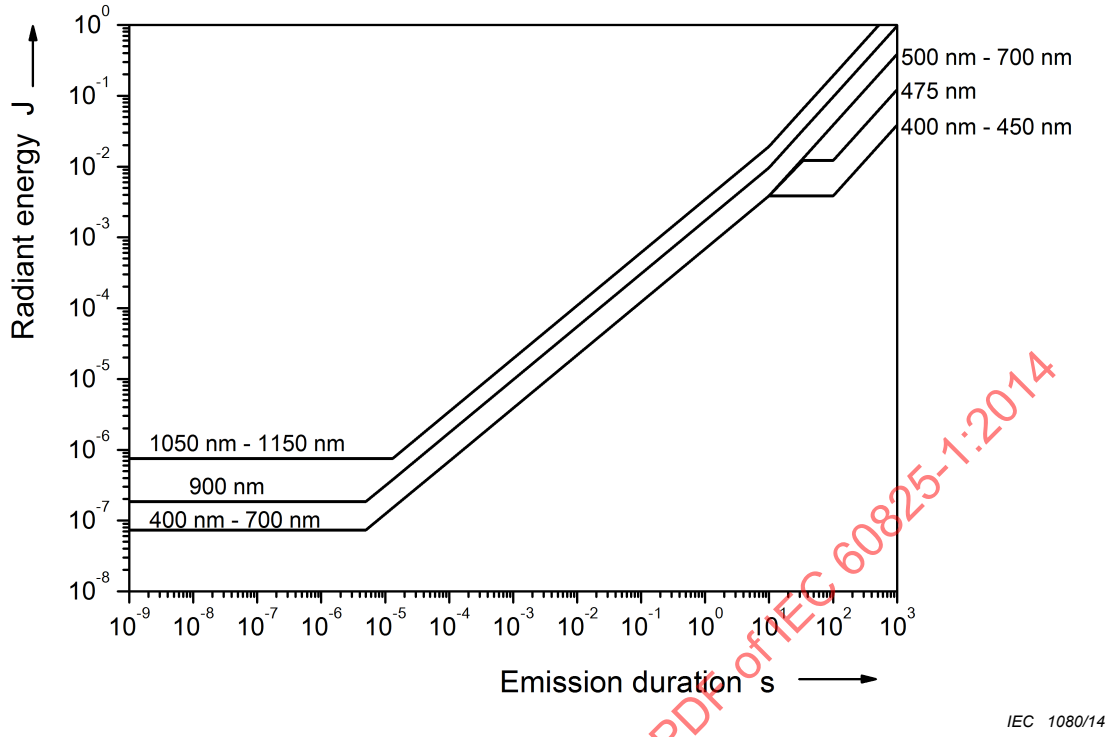


Figure B.5 – AEL for Class 1 visible and selected infra-red laser products (case C_6 = 1)

B.3 Examples

Example B.3.1

Classify a CW HeNe laser (λ = 633 nm), with an output power of 50 mW, beam diameter 3 mm and beam divergence 1 mrad.

Solution:

From the beam characteristics it can be inferred that this is a well-collimated point source where $\alpha \leq \alpha_{min}$ = 1,5 mrad. Because of the small beam diameter and divergence angle, the full beam power will pass through a 7 mm aperture and hence measurement Conditions 1 and 3 will give the same accessible emission level. Choose a classification class and select an appropriate time base (see 4.3 e)).

Choose Class 3B and a time base of 100 s. Although the laser output is in the visible wavelength range 400 nm to 700 nm, a time base of 0,25 s is not allowed for Class 3B and intentional viewing is unlikely. For Class 3B, Table 8 gives

AEL = 0,5 W

Since the laser is only emitting 50 mW, it does not exceed the AEL for Class 3B and could be classified as Class 3B. Item 4.3 a) states that the AEL for all lower classes must be exceeded, however, it may not always be obvious that the product would not satisfy the requirements of a lower classification, hence if in doubt check requirements of a lower class.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

For Class 3R a time base of 0,25 s must be used for emission in the wavelength range 400 nm to 700 nm, thus from Table 6,

$$\text{AEL} = 5 \times 10^{-3}\ C_6\ \text{W}$$

From Table 9, C_6 = 1 for direct viewing of a well collimated beam, i.e. $\alpha \leq$ 1,5 mrad, therefore,

$$\text{AEL} = 5\ \text{mW}$$

Since laser output power is 50 mW, it exceeds the AEL for Class 3R but is less than the AEL for Class 3B and as Condition 1 and 3 are the same it cannot be Class 1M or 2M. Therefore, the laser would be classified as Class 3B.

Example B.3.2

A 12 mW CW diode laser (λ = 900 nm) without a collimating lens has a beam divergence of 0,5 rad. Given the following parameters for the measurement conditions specified in Table 10, what is its classification? Assume the angular subtense α of the source at a measurement distance of 100 mm is less than α_{min}.

Condition 1: < 20 μW through a 50 mm aperture stop 2 m from the laser diode chip.

Condition 3: 0,7 mW through a 7 mm aperture stop 100 mm from the laser diode chip.

Solution:

For such a divergent source, it is obvious that Condition 3 will be more restrictive than Condition 1.

Choose Class 1 and a 100 s time base (see 4.3 e)); thus, for a laser with a wavelength 400 nm to 1 400 nm and $\alpha \leq$ 1,5 mrad C_6 = 1 (see Table 9) so the AEL for Class 1 is obtained from Table 3 as follows:

$$\text{AEL} = 3{,}9 \times 10^{-4} C_4 C_7\ \text{W}$$

Where, from Table 9, $C_4 = 10^{0{,}002(\lambda - 700)}$ = 2,51 and C_7 = 1. Therefore,

$$\text{AEL} = 0{,}98\ \text{mW}$$

When we compare the Condition 3 data with the AEL for Class 1 laser products the product meets the requirements for Class 1.

If the user fits a collimating lens to this laser diode, the product may need reclassifying.

Also, caution should be made that viewing this source with a fixed high power magnifier might be hazardous. The classification scope of this standard only includes hand held magnifiers up to 7x power, see Clause C.3.

Example B.3.3

Classify a single pulsed, frequency doubled, neodymium laser with the following output characteristics; assume both wavelengths are emitted at the same time.

Output pulse energy is 100 mJ at λ = 1 060 nm

Output pulse energy is 25 mJ at λ = 530 nm

Pulse duration = 25 ns

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Exit aperture diameter = 5 mm

Beam divergence at each wavelength < 1 mrad

Solution:

The most restrictive case for this laser is if the beams are co-propagating and so the laser is classified as such. As the beams have small diameters and low divergence it is obvious that measurements taken under the conditions stated in Table 10 will yield the total energy for each wavelength. Assuming the laser can only emit one pulse in a time base of 100 s, then the duration of the pulse can be used for the exposure duration. Choosing a Class 3B laser product, Table 8 gives the AELs as:

λ = 1 060 nm $\quad$ $AEL_{1\,060} = 0{,}03 \cdot C_4$ J = 0,15 J = 150 mJ

λ = 530 nm $\quad$ AEL_{530} = 0,03 J = 30 mJ (as t < 0,06 s)

The rules for classifying multiple wavelengths are set out in 4.3 b) and Table 1 shows that these two wavelengths are additive at the eye.

Hence the methodology described in 4.3 b) 1) is to be used to assign the class by assessing if

$$\frac{Q_{1\,060}}{AEL_{1\,060}} + \frac{Q_{530}}{AEL_{530}} \leq 1$$

Substituting the appropriate values in mJ gives

$$\frac{100}{150} + \frac{25}{30} = 1{,}5$$

Since this is greater than 1 the laser product will be of higher classification.

Therefore, laser product is Class 4.

Example B.3.4

Classify a CW carbon dioxide laser (λ = 10,6 µm) used for an open beam security system. Assume an average output power of 0,4 W, a beam diameter of 2 mm and a beam divergence of 1 mrad.

Solution:

Choose Class 3R and as intentional viewing is not expected, 4.3 e) gives a 100 s time base.

Table 9 indicates that for this wavelength C_6 = 1 so the Table 6 is to be used and AEL for Class 3R with T = 100 s is found to be 5 000 W·m^{-2}. From Table 10 it is found that for this wavelength only Condition 3 is applicable and as the AEL has units of W·m^{-2}, it is appropriate to find the beam irradiance for Condition 3. Referring to Table 11 for the reference point for the Condition 3 measurement, it is assumed that the beam waist is within the housing and so with reference to the text at the bottom of Table 11, the irradiance is found at the nearest point of human access.

Note, Table 10 gives the limiting aperture for a 100 s exposure as 3,5 mm but the laser beam diameter is only 2 mm. In order to calculate the beam irradiance, (E_0 = P_0/area), we should use whichever is the greater of the actual beam diameter or the limiting aperture, thus

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

$$E_0 = \frac{P_0}{\text{area}} = \frac{4 \times 0{,}4}{\pi\left(3{,}5 \times 10^{-3}\right)^2} = 4{,}16 \times 10^4\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$$

This exceeds the AEL for Class 3R so a higher class needs to be assessed. Table 8 gives the AEL for Class 3B as 0,5 W; therefore, as this exceeds the total laser output power this laser is classified as Class 3B.

Example B.3.5

Classify a laser emitting 1 μs pulses with a pulse repetition frequency (F) of 500 Hz, a peak output power of 10 kW at λ = 694 nm, beam diameter is 5 mm and beam divergence is 0,5 mrad. The angular subtense must be less than or equal to the divergence. Hence we can assume a point source with $\alpha < \alpha_{\min}$ = 1,5 mrad.

Item f) of 4.3 contains details of the requirements for repetitively pulsed lasers, which are summarised below.

For all wavelengths, requirements 1) and 2) shall be assessed. In addition, for wavelengths from 400 nm to 1 400 nm, requirement 3) shall also be assessed for comparison with thermal limits. Requirement 3) does not need to be assessed for comparison with photochemical limits.

Choose Class 3B and as intentional viewing is not expected Item 4.3 e) gives a 100 s time base.

Item 4.3 f) 3) states that if multiple pulses appear within the period of T_i (see Table 2 for T_i) they are counted as a single pulse to determine N and the radiant exposure of the individual pulses is added and compared to the AEL of T_i. Hence, it is necessary to confirm if multiple pulse appear within the duration T_i. If the period between the pulses of the laser is less than the duration T_i, the following must be taken into account:

Check if multiple pulses can occur within the period T_i as given in Table 2. For this laser wavelength $T_i = 5 \times 10^{-6}$ s and the actual time between pulses is $1/F = 2 \times 10^{-3}$ s, hence multiple pulses do not occur in the period T_i. Following the procedure in 4.3 f):

a) Item 4.3 f) 1) consider a single pulse exposure. Table 8 gives for $t = 1 \times 10^{-6}$ s,

$$\text{AEL}_{\text{single}} = 0{,}03\ \text{J (as } t < 0{,}06\ \text{s)}$$

b) Item 4.3 f) 2) consider the average power for a pulse train of duration T. Table 8 gives the AEL for T = 100 s as follows:

$$\text{AEL}_T = 0{,}5\ \text{W}$$

As this laser has a regular series of pulses there is no need to average for shorter durations. For convenience of comparison (see Note to Item 4.3 f) 2)) AEL_T is converted to be relevant to a single pulse. In this case as AEL_T has unit of W, dividing by the PRF gives the equivalent AEL energy per pulse; therefore,

$$\text{AEL}_{\text{s.p.T}} = \frac{\text{AEL}_T}{\text{PRF}} = \frac{0{,}5\ \text{W}}{500\ \text{Hz}} = 1 \times 10^{-3}\ \text{J}$$

c) Item 4.3 f) 3) considers the energy from a single pulse multiplied by C_5. That is $\text{AEL}_{\text{s.p.train}} = \text{AEL}_{\text{single}} \times C_5$. According to 4.3 f) 3):

for $t < T_i$ and timebase > 0,25 s

if $N \leq 600$ $\quad C_5 = 1$

$N > 600$ $\quad C_5 = 5 \cdot N^{-0{,}25}$ with a minimum of 0,4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Also N is limited to the number of pulses that occur within the period T_2 = 10 s for $\alpha \leq \alpha_{min}$ (see Table 9). Thus, with a pulse repetition of 500 Hz, in 10 s, $N = 500 \times 10 = 5\,000$, which is greater than 600 and so

$$C_5 = 5 \times 5\,000^{-0,25} = 0,59.$$

Therefore:

$$AEL_{s.p.train} = 0,03 \times 0,59 \text{ J}$$

$$AEL_{s.p.train} = 0,018 \text{ J}$$

Noting that the three AELs above are all relative to a single pulse and can be compared directly to find the most restrictive. Hence the most restrictive of the three values is $AEL_{s.p.T}$ and so the AEL for Class 3B is 1×10^{-3} J.

As the laser has a small beam diameter and low divergence the emissions measured under Conditions 1 and 3 (see Table 10) will be the same and equal to the total laser energy. The AEL (relative to pulse energy in this case) and the emission level (peak power specified) must be on the same base line, so the emission peak power must be converted to pulse energy (or vice versa).

The laser energy per pulse, Q, is calculated from the relationship

$$Q = (\text{peak power}) \times (\text{pulse duration})$$

$$Q = 10^4 \times 1 \times 10^{-6} = 0,01 \text{ J}$$

Since the accessible emission energy per pulse exceeds $AEL_{s.p.T}$, the laser product exceeds the AEL for Class 3B and, therefore, must be Class 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex C
(informative)

Description of the classes and potentially associated hazards

C.1 General

This annex contains a description of the classes as well as potentially associated hazards.

The annex is intended as a guide for the manufacturers in their task of describing the hazards associated with the product. This annex also points out limitations of the classification scheme, i.e. situations where the generally associated meaning of the class is not appropriate.

Classification was developed to aid the user in hazard evaluation of the laser and to determine necessary user control measures. Laser classification relates to the potential hazard of the accessible laser radiation in respect to skin or eye damage and does not relate to other potential hazards such as electrical, mechanical or chemical hazards, or hazards from secondary optical radiation. The intent of classification is to recognize the increased risk of injury with increasing powers accessible above the base-line, Class 1 condition and most accurately describes the risk from potential exposures at short distances from the laser. The hazard zone can differ greatly for different lasers within one class. The potential hazard could be greatly reduced by additional user protective measures, including additional engineering controls such as protective housings.

C.2 Description of classes

C.2.1 Class 1

Laser products that are safe during use, including long-term direct intrabeam viewing, even when exposure occurs while using telescopic optics. Class 1 also includes high power lasers that are fully enclosed so that no potentially hazardous radiation is accessible during use (embedded laser product). Intrabeam viewing of Class 1 laser products which emit visible radiant energy may still produce dazzling visual effects, particularly in low ambient light.

The term “eye-safe” may only be used for Class 1 laser products. The term “eye-safe laser” should not be used to describe a laser, based solely on its output wavelength being greater than 1 400 nm. Lasers of any wavelength with sufficient output power can cause injury.

C.2.2 Class 1M

Laser products that are safe, including long-term direct intrabeam viewing for the naked eye (unaided eye). The MPE can be exceeded and eye injury may occur following exposure with telescopic optics such as binoculars for a collimated beam with a diameter larger than the measurement diameter specified for Condition 3 (see Table 10).

The wavelength region for Class 1M lasers is restricted to the spectral region where most glass optical materials used in optical instruments can significantly transmit, i.e., between 302,5 nm and 4 000 nm. Intrabeam viewing of Class 1M laser products which emit visible radiant energy may still produce dazzling visual effects, particularly in low ambient light.

C.2.3 Class 1C

Laser products that are intended for direct application of laser radiation to the skin or internal body tissues for medical, diagnostic, therapeutic or cosmetic procedures such as hair

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

removal, skin wrinkle reduction, acne reduction. Although the emitted laser radiation may be at Class 3R, 3B or 4 levels, ocular exposures are prevented by one or more engineering means. The exposure level of the skin depends on the application, therefore this aspect is covered by vertical standards. This class was introduced in this standard because these products currently exist in the marketplace, and the control measures normally specified for Class 3B or 4 laser products are inappropriate for them. Technical committees who use Class 1C must develop the required specifications for safety in their vertical standards.

C.2.4 Class 2

Laser products that emit visible radiation in the wavelength range from 400 nm to 700 nm that are safe for momentary exposures but can be hazardous for deliberate staring into the beam. The time base of 0,25 s is inherent in the definition of the class and presumption is that there is very low risk of injury for momentary exposures that are somewhat longer.

The following factors contribute to precluding injury under reasonably foreseeable conditions:

- unintentional exposures would rarely reflect worst-case conditions, for example, of beam alignment with the pupil for a stabilised head, worst-case accommodation;
- the inherent safety margin in the MPE upon which the AEL is based;
- natural aversion behaviour for exposure to bright light.

For Class 2, in contrast to Class 2M, the use of optical instruments does not increase the risk of ocular injury.

However, dazzle, flash-blindness and afterimages may be caused by a beam from a Class 2 laser product, particularly under low ambient light conditions. This may have indirect general safety implications resulting from temporary disturbance of vision or from startle reactions. Such visual disturbances could be of particular concern if experienced while performing safety-critical operations such as working with machines or at height, with high voltages or driving.

Users are instructed by labelling not to stare into the beam, i.e. to perform active protective reactions by moving the head or closing the eyes and to avoid continued intentional intrabeam viewing.

C.2.5 Class 2M

Laser products that emit visible laser beams and are safe for short time exposure only for the naked (unaided) eye. The MPE can be exceeded and eye injury may occur following exposure with telescopic optics such as binoculars for a collimated beam with a diameter larger than the measurement diameter specified for Condition 3 (see Table 10).

However, dazzle, flash-blindness and afterimages may be caused by a beam from a Class 2M laser product, particularly under low ambient light conditions. This may have indirect general safety implications resulting from temporary disturbance of vision or from startle reactions. Such visual disturbances could be of particular concern if experienced while performing safety-critical operations such as working with machines or at height, with high voltages or driving.

Users are instructed by labelling not to stare into the beam, i.e. to perform active protective reactions by moving the head or closing the eyes and to avoid continued intentional intrabeam viewing. Labelling of Class 2M products also instructs against exposing users of telescopic optical instruments.

C.2.6 Class 3R

Laser products that emit radiation that can exceed the MPE under direct intrabeam viewing, but the risk of injury in most cases is relatively low. The AEL for Class 3R is limited to 5 times

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

the AEL of Class 2 (visible laser radiation) or 5 times the AEL of Class 1 (for non-visible laser radiation). Because of the lower risk, fewer manufacturing requirements and control measures for the user (depending on national regulations) apply than for Class 3B. While Class 3R laser products are not considered intrinsically safe, the risk is limited because

– unintentional exposures would rarely reflect worst-case conditions of (e.g.) beam alignment with a large pupil and worst-case accommodation with the entire beam energy entering the eye,
– of the inherent reduction factor (safety margin) in the MPE,
– of natural aversion behaviour for exposure to bright light for the case of visible radiation and by the response to heating of the cornea for far infrared radiation.

The risk of injury increases with exposure duration, and exposure may be hazardous for ocular exposure under worst-case conditions or for intentional direct intrabeam viewing.

Due to the varying range of the risk that is associated with Class 3R lasers, the applicability of specific user controls (including administrative controls and personal eye protection) should be clearly described in the user instructions.

NOTE Compared to ocular MPE values as well as AEL values for Class 1, 1M, 2, 2M and 3R specified in the second edition of IEC 60825-1, the respective values in this third edition were decreased for some single-pulsed point sources, but increased for most repetitively pulsed sources, and also increased for most pulsed extended sources; reduction factors (safety margins) in these values were changed correspondingly. Consequently, some pulsed products that were classified as Class 3R under Edition 2 are Class 2 under Edition 3, and some pulsed products that were classified as Class 3B under Edition 2 are Class 3R under Edition 3. For the latter, there is less practical experience available regarding the risk for injury as it exists for CW sources with collimated beams with powers up to 5 mW being used for many years as alignment lasers.

Dazzle, flash-blindness and afterimages may be caused by a beam from a Class 3R laser product in the visible wavelength range (as from a Class 2 laser), particularly under low ambient light conditions. This may have indirect general safety implications resulting from temporary disturbance of vision or from startle reactions. Such visual disturbances could be of particular concern if experienced while performing safety-critical operations such as working with machines or at height, with high voltages or driving.

Class 3R lasers should only be used where direct intrabeam viewing is unlikely.

C.2.7 Class 3B

Laser products that are normally hazardous when intrabeam ocular exposure occurs (i.e. within the NOHD) including accidental short time exposure. Viewing diffuse reflections is normally safe. Class 3B lasers which approach the AEL for Class 3B may produce minor skin injuries or even pose a risk of igniting flammable materials. However, this is only likely if the beam has a small diameter or is focussed.

NOTE There exist some theoretical (but rare) viewing conditions where viewing a diffuse reflection could exceed the MPE. For example for Class 3B lasers having powers approaching the AEL, lengthy viewing of greater than 10 s of true diffuse reflections of visible radiation and viewing at distances less than 13 cm between the diffusing surface and the cornea can exceed the MPE.

C.2.8 Class 4

Laser products for which intrabeam viewing and skin exposure is hazardous and for which the viewing of diffuse reflections may be hazardous. These lasers also often represent a fire hazard.

C.2.9 Note on nomenclature

“C” in Class 1C is derived from the mode of operation where laser radiation above the AEL of Class 1 can be emitted only when the applicator is in contact with (or very close to) the skin or internal body tissue.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

“M” in Class 1M and Class 2M is derived from magnifying optical viewing instruments. “R” in Class 3R is derived from reduced, or relaxed, requirements: reduced requirements both for the manufacturer (e.g. no key switch, beam stop or attenuator and interlock connector required) and the user. The “B” for Class 3B has historical origins, as in a previous version of this standard (IEC 60825-1:1993), a Class 3A existed, which had a similar meaning to what is now Class 1M and Class 2M.

It should be noted that for the above descriptions, whenever “hazardous” is used or there is a reference to a high risk of injury, this hazard and risk only exists within the area around the laser where the corresponding MPE levels are exceeded. For exposure of the naked eye, this area is bounded by the NOHD, or for well collimated Class 1M and 2M viewed with binoculars or telescopes, the extended NOHD (ENOHD). It may well be that a particular (Class 3B or Class 4) laser product has a very short NOHD associated with it, so that for a particular installation or application, for personnel outside the NOHD eye protection is not necessary. Examples of such installations are scanning lasers or line lasers mounted on the ceiling of the manufacturing hall that project a pattern or line onto the workpiece in the work area below. While the power level and scan pattern could be such that the exposure in the work area is below the MPE and therefore safe, maintenance and service routines will need special consideration. For example, exposure at closer distances might be hazardous, for instance, when the user is up on a ladder cleaning an exit window. Another example is that, whilst a scan pattern might be safe, a hazard may arise if the beam reverts to the non-scanning mode. In addition, for Class 4 laser products, there is a NOHD associated with diffuse reflections (although this NOHD is likely to be quite limited in extent). The characterisation of the hazard associated with a particular laser and application is part of a risk assessment.

Classification tests are designed to be rather “worst-case” and restrictive in order to ensure that a “low-class” (e.g. Class 1) product does not present a hazard to the eye or skin even in reasonably foreseeable worst-case situations; the test conditions are designed to consider a variety of worst-case situations (see Sliney et al.). Consequently, a Class 3B or Class 4 product can still be designed in such a way that it can be considered safe for its intended use and normal operation, since the hazard only becomes accessible in worst-case situations. For instance, the product could feature a protective housing (which complies with IEC 60825-4) but fails to be an embedded Class 1 laser product because of the following reasons.

– The protective housing fails the test according to this Part 1 for an extended period (whereas for machines according to IEC 60825-4 a shorter evaluation time may be used).
– It has no top cover but would be considered safe for an environment where no persons are present above the guard.
– It does not feature an automatic detection of walk-in access. (However, in a controlled environment, this can be replaced by an organisational safety measure of individualised locks that prevent closure of the door when somebody is inside the protective housing – which does not affect the classification but represents a procedure which achieves the desired level of safety for the user).

In cases where the hazard associated with a Class 3B and Class 4 laser product is limited to within the housing, organisational safety measures may be sufficient. Similarly, for a laser system with no roof, or a situation where burn-through of the guard may occur after some longer lasting fault, organisational safety measures may be sufficient.

Other examples exist where the hazards associated with Class 3B and Class 4 lasers arise only in specific situations. For example, consider the situation in which the classification is based on an accessory such as a collimating lens applied to a highly divergent source for low level laser therapy. This product may be classified as Class 3B based on the accessory lens being screwed on, since this lens produces a potentially hazardous collimated beam. However use without the accessory being screwed on, which would result in a divergent beam, could be safe (i.e. any exposure to the eye would be below the MPE). Thus a hazard area would only exist around the laser once the accessory has been screwed on.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

C.3 Limitations of the classification scheme

Although the classification tests are in many ways rather restrictive and worst case, there are still limitations which, in rare cases, may lead to hazards beyond the hazards that are associated with the respective classes. Classification is based on three “components”:

a) the AEL of the different classes;

b) the measurement requirements in terms of measurement distance, aperture diameter and angle of acceptance to reflect potential exposure conditions. These measurement requirements, for a given laser product, determine the accessible emission that is compared to the AEL to determine the class;

c) the test conditions under which the AEL and the accessible emission is determined. This would include taking account of reasonably foreseeable single fault conditions. Also operation, maintenance and service need to be distinguished. The use of accessories and different configurations of the product that can be achieved without using tools need to be considered.

Each of these three components has some implicit assumptions, so that in rare cases, where these assumptions are not met, hazards beyond the usual understanding of the class can arise. For instance, the AEL for Class 1 and 1M for long term exposure is based on the assumption of eye movements of a non-anaesthetised eye. Therefore, if prolonged ocular exposure occurs during medical procedures for an anaesthetised eye, then Class 1 and 1M laser emission may lead to potentially hazardous exposures. Also, the measurement requirements are based on assumptions and evaluations of the likelihood of exposure with certain types of optical instruments. For example, a large diameter (larger than 50 mm) collimated beam intercepted by a large telescope might be hazardous even for a Class 1 laser product. However, the probability of such an accidental ocular exposure is usually very small due to the small field of view of large telescopes. Another situation that might need to be considered is where a product is placed into a condition which is not required to be considered for classification but from which hazardous radiation might, nevertheless, become accessible. For instance, even though it is not provided by the manufacturer of the product as an accessory, a divergent beam from a Class 1M or Class 2M product could be transformed into a collimated beam with a potentially large hazard distance by attaching a collimating lens to the product. However, this would be considered as changing the product, and the person carrying out that change should re-classify the product.

Nevertheless, the manufacturer should be aware of the limitations so that it is possible to include warnings in the user manual for products. Specific examples of such potential limitations are given below (note that these limitations are only potential because it depends on the type of product if the limitations apply or not).

– Large diameter collimated beam Class 1, Class 2 or Class 3R laser products that are viewed with large telescopes.

– Highly divergent beam Class 1, Class 2 or Class 3R laser products that are viewed with magnifiers (see also Note 1 under 5.4.1 and IEC 60825-2).

– Binoculars or telescopes with magnification of less than ×7. In this case, for Condition 1, the magnification of the angular source α that may be applied (see 4.3 c)), or, alternatively, the reduction of the angle of acceptance (see 5.4.3 b)), should be equal to the real magnification factor, i.e. less than ×7.

– Scanning beams when viewed with telescopes.

– Intrabeam viewing at very close distances of UV-A laser radiation from Class 1 laser products can exceed the MPE for the eye for exposure durations longer than 1 000 s.

– Double fault conditions that might be likely. That is, faults where each fault on its own would not result in accessible emission above the AEL, but both faults occurring at the same time could. When these faults are expected to occur with a relatively high probability, then the probability for a double fault might be sufficiently high so that it should be considered during product design.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– The laser class may not be indicative of the hazard at locations where people are likely to be exposed to the laser beam. Consideration needs to be taken of the NOHD, especially for laser beams that are widely divergent.

C.4 References

[1] HENDERSON, R. and SCHULMEISTER, K. *Laser Safety*, Taylor and Francis Ltd., United Kingdom, 2004

[2] SLINEY DH, MARSHALL WJ, BRUMAGE EC. Rationale for laser classification measurement conditions. *J Laser Appl*. 2007; 19(3):197-206

[3] ISO/IEC GUIDE 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex D
(informative)

Biophysical considerations

D.1 Anatomy of the eye

Figure D.1 provides anatomical details of the human eye.

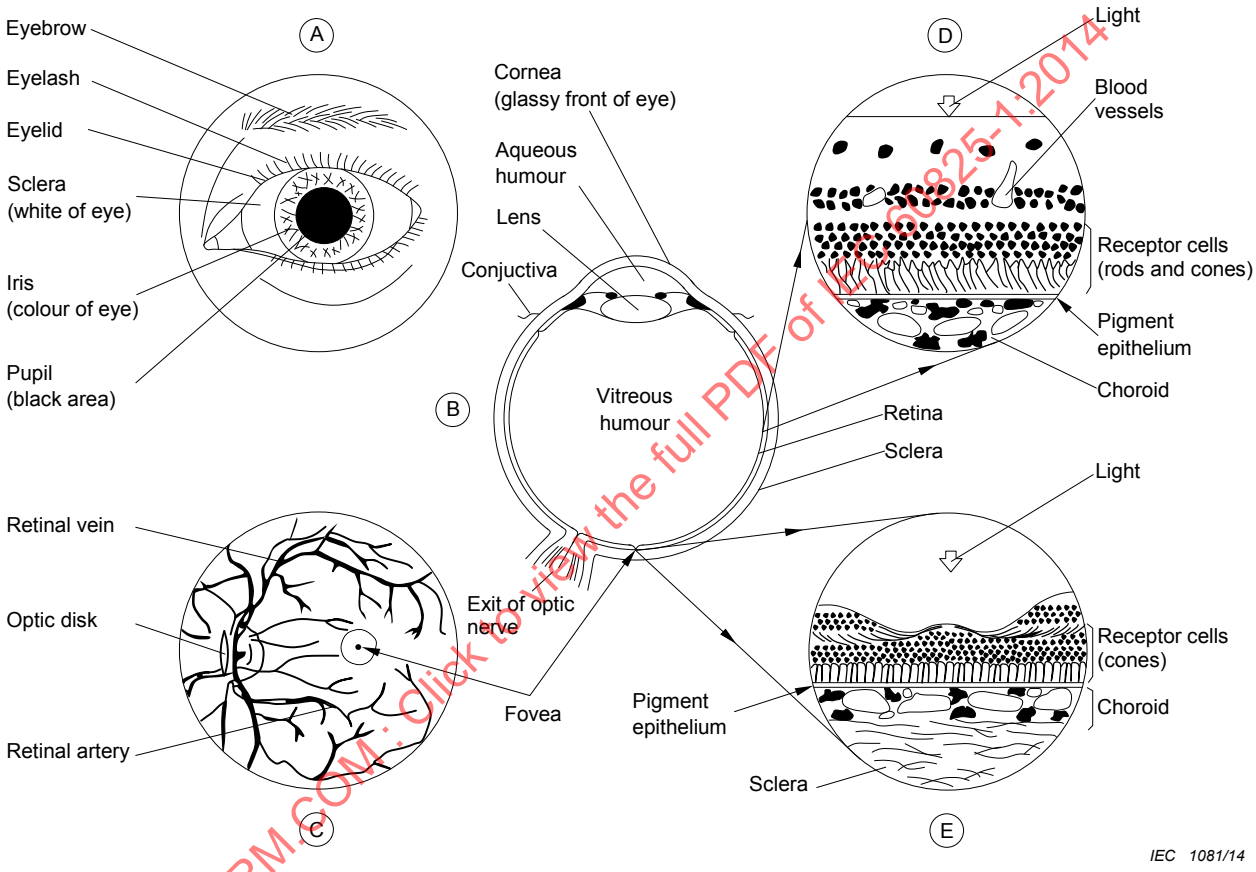


Figure D.1 – Anatomy of the eye

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

In Figure D.1, section (A) is a diagram of the external features of a left eye. The gap between the overlying lids limits the field-of-view (FOV) of the eye to an almond shape. The main features of the front of the eye are labelled.

Section (B) is a diagrammatic horizontal cross-section of a left eye. The eye is divided into two parts, the front or anterior chamber which is bounded by the cornea, the iris and the lens, and the back or posterior eye cup which is bounded by the retina and contains the gel-like vitreous humour.

Section (C) is the inside of an intact eye seen through an ophthalmoscope. This instrument directs a beam of light through the pupil and illuminates the inside of the eye and so allows it to be seen. The picture so viewed is referred to as the fundus. It looks reddish, but the major retinal vessels can be clearly seen. Other prominent features are the whitish optic disc, and the fovea. The fovea is a small depression in the retinal surface which may be more

pigmented than the surrounding retina and is the area of most acute vision. The fovea is the centre of the macula; the macula is responsible for detailed vision.

Section (D) is the structure of the retina as seen in the cut surface of Figure D.1(B) but magnified several hundred times larger than life. The retina consists of a series of layers of nerve cells which overlie the photosensitive rod and cone cells; i.e. light falling on the retinal surface has to pass through the layers of nerve cells before it reaches the photosensitive cells. Underneath the layer of rods and cones is a layer of the pigment epithelium that contains a brownish black pigment melanin; and beneath this is a layer of fine blood vessels, the choriocapillaris. The final absorbing layer is the choroid, which contains both pigmented cells and blood vessels.

Section (E) is the structure of the foveal region magnified several hundred times. Here only cones are present. The nerve cells are displaced radially away from this area of most acute vision. The macular pigment, which absorbs strongly from 400 nm to 500 nm, is located in the fibre layer of Henle.

D.2 The effects of laser radiation on biological tissue

D.2.1 General

The mechanism by which laser radiation induces damage is similar for all biological systems and may involve interactions of heat, thermoacoustic transients, photochemical processes and non-linear effects. The degree to which any of these mechanisms is responsible for damage may be related to certain physical parameters of the irradiating source, the most important of which are wavelength, pulse duration, image size, irradiance and radiant exposure.

In general terms, in supra-threshold exposures, the predominating mechanism is broadly related to the pulse duration of the exposure. Thus, in order of increasing pulse duration, the predominant effects in the following time domains are:

– in nanosecond and sub-nanosecond exposures, microcavitation, acoustic transients and non-linear effects,
– from about 100 μs to several seconds, thermal effects, and,
– in excess of about 10 s, photochemical effects.

Laser radiation is distinguished from most other known types of radiation by its high radiance and beam collimation. This, together with an initial high energy content, results in excessive amounts of energy being transmitted to biological tissues. The primary event in any type of laser radiation damage to a biological system is the absorption of optical radiation by that system. Absorption occurs at an atomic or molecular level and is a wavelength specific process. Thus, it is the wavelength that determines which tissue a particular laser beam is liable to damage.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

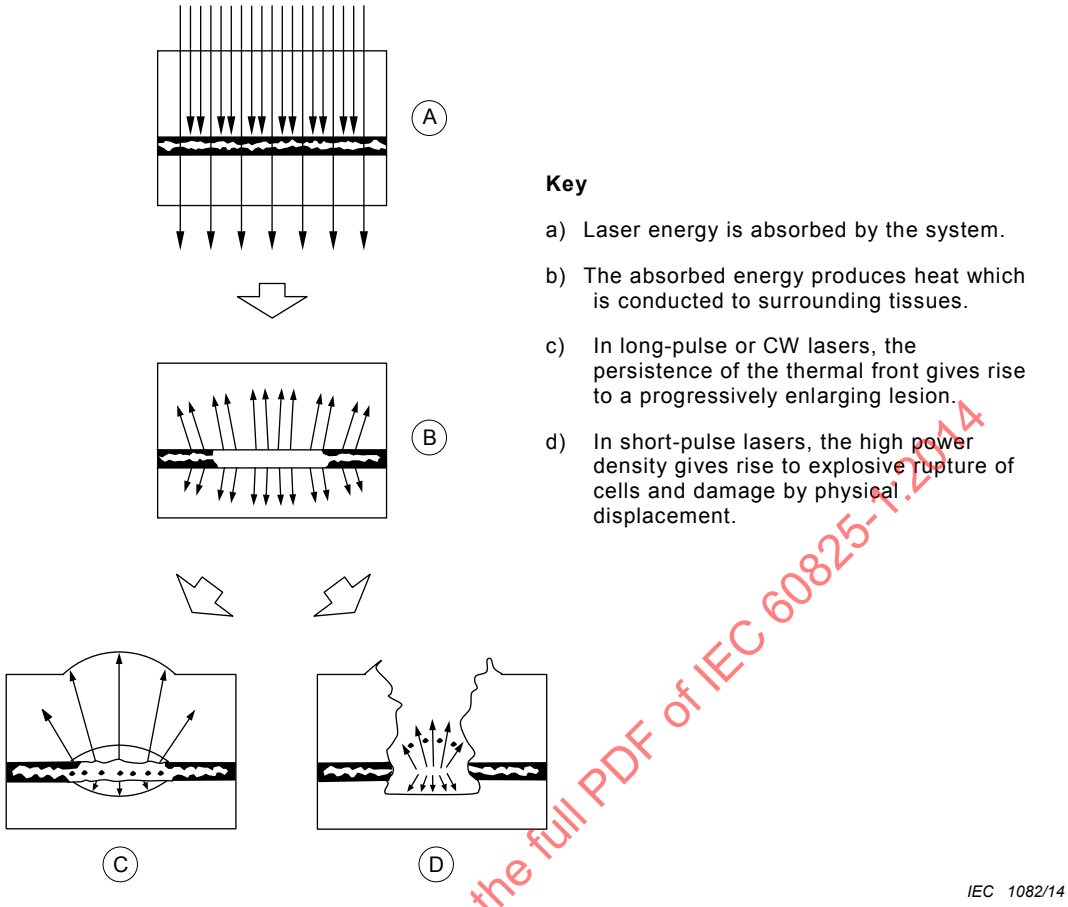


Figure D.2 – Diagram of laser-induced damage in biological systems

Thermal effects. When sufficient radiant energy has been absorbed by a system, its component molecules experience an increased vibration, and this is an increase in heat content. Most laser damage is due to the heating of the absorbing tissue or tissues. This thermal damage is usually confined to a limited area extending to either side of the laser energy absorbing site, and centred on the irradiating beam. Cells within this area show burn characteristics, and tissue damage primarily results from denaturation of protein. As indicated above, the occurrence of secondary damage mechanisms in laser impacts can be related to the time course of the tissue heating reaction which is directly related to the pulse duration (see Figure D.2) and the period of cooling. Thermochemical reactions occur during both the heating and cooling period, giving rise to a spot-size dependence of thermal injury. If a CW or long-pulse laser impulse is directed onto a tissue, then because of conduction, the area of the biological tissue experiencing a raised temperature is progressively increased. This spreading thermal front results in an increasing damage zone as more and more cells are raised above their thermal tolerance. The beam image size is also of great importance, as the degree of peripheral spread due to conduction is a function of the size as well as the temperature of the initial area of tissue heating. This type of thermal lesion is commonly seen on exposure to CW or long pulsed lasers, but also occurs with short pulses. For irradiated spot sizes of the order of 1 mm to 2 mm or less, the radial heat flow leads to a spot-size dependence of injury.

Photochemical effects. On the other hand, damaging effects can be the direct result of a photochemical process. This process is created by absorption of given light energy. Rather than releasing the energy, the species undergo a chemical reaction unique to their excited state. This photochemical reaction is believed to be responsible for damage at low levels of exposure. By this mechanism, some biological tissues such as the skin, the lens of the eye, and in particular the retina may show irreversible changes induced by prolonged exposure to moderate levels of UV radiation and short-wavelength light. Such photochemically induced changes may result in damage to a system if the duration of irradiation is excessive, or if

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

shorter exposures are repeated over prolonged periods. Some of the photochemical reactions initiated by laser exposure may be abnormal, or exaggerations of normal processes. Photochemical reactions generally follow the Law of Bunsen and Roscoe, for duration of the order of 1 h to 3 h or less (where repair mechanisms cannot cope with the rate of damage); the threshold expressed as a radiant exposure is constant over a wide range of exposure duration. The spot-size dependence, as occurs with thermal effects due to heat diffusion, does not exist.

Non-linear effects. Short-pulsed high peak-power (i.e., Q-switched or mode-locked) lasers may give rise to tissue damage with a different combination of induction mechanisms. Energy is delivered to the biological target in a very short time and hence a high irradiance is produced. The target tissues experience such a rapid rise in temperature that the liquid components of their cells are converted to gas. In most cases, these phase changes are so rapid that they are explosive and the cells rupture. The pressure transients may result from thermal expansion and both may also result in shearing damage to tissues remote from the absorbing layers by bulk physical displacement. At sub-nanosecond exposures, self-focusing of the ocular media further concentrates laser energy from a collimated beam and further lowers the threshold between approximately 10 ps and 1 ns. Furthermore, other non-linear optical mechanisms appear to play a role in retinal injury in the sub-nanosecond region.

All of the above-described damage mechanisms have been shown to operate in the retina, and are reflected in the breakpoints or changes of slope in the safe exposure levels described in this standard.

D.2.2 Hazards to the eye

A brief description of the anatomy of the eye is given in Clause D.1. The eye is specially adapted to receive and transduce optical radiation. The pathologies caused by excessive exposures are summarized in Table D.1. Thermal interaction mechanisms are shown in Figure D.2. Lasers emitting ultra-violet and far infra-red radiation represent a corneal hazard while systems emitting visible and near infra-red wavelengths will be transmitted to the retina.

Visible and near infra-red laser beams are a special hazard to the eye because the very properties necessary for the eye to be an effective transducer of light result in high radiant exposure being presented to highly pigmented tissues. The increase in irradiance from the cornea to the retina is approximately the ratio of the pupil area to that of the retinal image. This increase arises because the light which has entered the pupil is focused to a "point" on the retina. The pupil is a variable aperture but the diameter may be as large as 7 mm when maximally dilated in the young eye. The retinal image corresponding to such a pupil may be between 10 μm and 20 μm in diameter. With intra-ocular scattering and corneal aberrations considered, the increase in irradiance between the cornea and the retina is of the order of 2×10^5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table D.1 – Summary of pathological effects associated with excessive exposure to light

CIE spectral region [a]	Eye	Skin
Ultra-violet C (180 nm to 280 nm)	Photokeratitis	Erythema (sunburn) Accelerated skin ageing process Increased pigmentation
Ultra-violet B (280 nm to 315 nm)		
Ultra-violet A (315 nm to 400 nm)	Photochemical cataract	Pigment darkening Photosensitive reactions Skin burn
Visible (400 nm to 780 nm)	Photochemical and thermal retinal injury	
Infra-red A (780 nm to 1 400 nm)	Cataract, retinal burn	Skin burn
Infra-red B (1,4 μm to 3,0 μm)	Aqueous flare, cataract, corneal burn	
Infra-red C (3,0 μm to 1 mm)	Corneal burn only	

[a] The spectral regions defined by the CIE are short-hand notations useful in describing biological effects and may not agree perfectly with spectral breakpoints in the MPE Tables A.1 to A.3.

If an increase of 2×10^5 is assumed, a 50 $W \cdot m^{-2}$ beam on the cornea becomes 1×10^7 $W \cdot m^{-2}$ on the retina. In this standard, a 7 mm pupil is considered as a limiting aperture as this is a worst-case condition and is derived from figures obtained from the young eye where pupillary diameters of this order have been measured. An exception to the assumption of a 7 mm pupil was applied in the derivation of exposure limits to protect against photoretinitis whilst viewing bright visible (400 nm to 700 nm) laser sources for periods in excess of 10 s. In this latter situation, a 3 mm pupil was assumed as a worst-case condition; however, a 7 mm irradiance averaging aperture for measurement was still considered appropriate due to physiological movements of the pupil in space. Hence, AELs for durations greater than 10 s are still derived for a 7 mm aperture.

If an intense beam of laser light is brought to a focus on the retina, only a small fraction of the light (up to 5 %) will be absorbed by the visual pigments in the rods and cones. Most of the light will be absorbed by the pigment called melanin contained in the pigment epithelium. (In the macular region, some energy in the 400 nm to 500 nm range will be absorbed by the yellow macular pigment.) The absorbed energy will cause local heating and will burn both the pigment epithelium and the adjacent light sensitive rods and cones. This burn or lesion may result in a loss of vision. Photochemical injuries, although non-thermal, are also localized in the pigment epithelium.

Depending on the magnitude of the exposure, such a loss of vision may or may not be permanent. A visual decrement will usually be noted subjectively by an exposed individual only when the central or foveal region of the macula is involved. The fovea, the pit in the centre of the macula, is the most important part of the retina as it is responsible for sharpest vision. It is the portion of the retina that is used "to look right at something". This visual angle subtended by the fovea is approximately equal to that subtended by the moon. If this region is damaged, the decrement may appear initially as a blurred white spot obscuring the central area of vision; however, within two or more weeks, it may change to a black spot. Ultimately, the victim may cease to be aware of this blind spot (scotoma) during normal vision. However, it can be revealed immediately on looking at an empty visual scene such as a blank sheet of white paper. Peripheral lesions will only be registered subjectively when gross retinal damage has occurred. Small peripheral lesions will pass unnoticed and may not even be detected during a systematic eye examination.

In the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm, the greatest hazard is retinal damage. The cornea, aqueous humour, lens and vitreous humor are transparent for radiation of these

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

wavelengths. In the case of a well-collimated beam, the hazard is virtually independent of the distance between the source of radiation and the eye, because the retinal image is assumed to be a diffraction-limited spot of around 10 μm to 20 μm diameter. In this case, assuming thermal equilibrium, the retinal zone of hazard is determined by the limiting angular subtense α_{min}, which generally corresponds to retinal spot of approximately 25 μm in diameter.

In the case of an extended source, the hazard varies with the viewing distance between the source and the eye, because whilst the instantaneous retinal irradiance only depends on the source's radiance and on the lens characteristics of the eye, thermal diffusion of energy from larger retinal images is less efficient, leading to a retinal spot-size dependence for thermal injury which does not exist for photochemical injury (dominating only in the 400 nm to 600 nm spectral region). In addition, eye movements further spread the absorbed energy for CW laser exposures, leading to different dependencies of risk for differing retinal image sizes.

In the derivation of limits for ocular exposure in the retinal hazard region, correction factors for eye movements were only applied for viewing durations exceeding 10 s. Although physiological eye movements known as saccades do spread the absorbed energy in minimal retinal images (of the order of 25 μm or less) within the 0,1 s to 10 s time regime, the limits provide a desired added safety factor for this viewing condition. At 0,25 s, the mean retinal spot illuminated is approximately 50 μm. By 10 s, the illuminated retinal zone becomes approximately 75 μm and the added safety factor for the minimal image condition becomes 1,7 over a stabilized eye, with the spot-size dependence taken into account. By 100 s, it is rare to achieve an illuminated zone (measured at 50 % points) as small as 135 μm leading to an additional safety factor of 2,3 or more for the minimal image condition.

The data from eye-movement studies and retinal thermal injury studies were combined to derive a break-point in viewing time T_2 at which eye movements compensated for the increased theoretical risk of thermal injury for increased retinal exposure durations if the eye were immobilized. Because the thermal injury threshold expressed as radiant power entering the eye decreases as the exposure duration t raised to the –0,25 power (i.e. a reduction of only 44 % per tenfold increase in duration), only moderate increases in the exposed retinal area will compensate for the increased risk for longer viewing times. The increasing retinal area of irradiation resulting from greater eye movements with increased viewing time takes longer to compensate for the reduced impact of thermal diffusion in larger extended sources. Thus, for increasing angular subtense α, the break-point T_2 increases from 10 s for small sources to 100 s for larger sources. Beyond 100 s, there is no further increase in risk of thermal injury for small and intermediate size images. The specification of limits and measuring conditions attempt to follow these variables with some simplification leading to a conservative determination of risk. It is conservatively assumed that retinal thermal injury thresholds vary inversely with retinal image size (stabilized) between approximately 25 μm to 1 mm (corresponding to angular sizes of 1,5 mrad to 59 mrad), whilst beyond 1,7 mm (corresponding to angular sizes greater than 100 mrad), there is no spot-size dependence. T_2 and the constant irradiance and power limits thereafter reflect the effect of eye movements, blood flow as well as the general reduced dependence of injury threshold for longer exposure durations with respect to the time dependence of the limits. This would not apply to ophthalmic instruments; see ISO 15004-2.

For photochemically induced retinal injury, there is no spot size dependence for a stabilized image. Unlike thermal injury mechanism, the thresholds for photochemical injury are highly wavelength dependent and are exposure dose dependent, i.e. the thresholds decrease inversely with the lengthening of exposure duration. Studies of photochemical retinal injury from welding arcs subtending angles of the order of 1 mrad to 1,5 mrad showed typical lesion sizes of the order of 185 μm to 200 μm (corresponding to visual angles of 11 mrad to 12 mrad), clearly showing the influence of eye movements during fixation; these and other studies of eye movements during fixation led to the derivation of MPEs to protect against photochemical retinal injury. These studies also led to MPE irradiance to be specified as being averaged over 11 mrad for exposure durations between 10 s and 100 s. Hence, sources with an angular subtense α less than 11 mrad were treated equally with "point-type" sources, and the concept of α_{min} was extended to CW laser viewing. This approach was not strictly

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

correct, as an irradiance measurement of an 11 mrad source is not equivalent to irradiance averaging over a field of view (γ) of 11 mrad unless the source had a rectangular ("top-hat") radiance distribution. Hence, in this edition of the standard, distinction is made between angular subtense of a source and irradiance averaging for photochemical MPE values. For viewing times in excess of approximately 30 s to 60 s, the saccadic eye motion during fixation is generally overtaken by behavioural movements determined by visual task, and it is quite unreasonable to assume that a light source would be imaged solely in the fovea for durations longer than 100 s. For this reason, the angle of acceptance γ_{ph} is increased linearly with the square-root of *t*. The minimal angular subtense α_{min} correctly remains at the reference angle of 1,5 mrad for all exposure durations used in thermal retinal hazard evaluation. However, for photochemical retinal hazard assessment, the concept is actually different, as the angle γ_{ph} is a linear angle of acceptance for the measurement of irradiance, and this is important to apply only for extended sources greater than approximately 11 mrad.

Viewing distance. In the case of a "point-type", diverging-beam source, the hazard increases with decreasing distance between the beam waist and the eye. The reason is that, with decreasing distance, the collected power increases, while the size of the retinal image can be assumed to remain nearly diffraction-limited for true laser sources down to a distance as close as 100 mm (due to the accommodation capabilities of the eye). The greatest hazard occurs at the shortest accommodation distance. With further reduced distance, the hazard to the unaided eye is also reduced, as there is a rapid growth of the retinal image and a corresponding reduction of the irradiance, even though more power may be collected. To simulate the risk of optically aided viewing of a collimated beam with binoculars or a telescope, the closest distance of approach of 2 m with a 50-mm aperture was assumed based upon the closest distance for clear viewing.

For the purpose of this standard, the shortest accommodation distance of the human eye is set to 100 mm at all wavelengths from 400 nm to 1 400 nm. This was chosen as a compromise, because all but a few young people and very few myopics cannot accommodate their eyes to distances of less than 100 mm. This distance may be used for the measurement of irradiance in the case of intrabeam viewing (see Table 10).

For wavelengths of less than 400 nm or more than 1 400 nm, the greatest hazard is damage to the lens or the cornea. Depending on the wavelength, optical radiation is absorbed preferentially or exclusively by the cornea or the lens (see Table D.1). For diverging-beam sources (extended or point-type) of these wavelengths, short distances between the source and the eye should be avoided.

In the wavelength range from 1 500 nm to 2 600 nm, radiation penetrates into the aqueous humour. The heating effect is therefore dissipated over a greater volume of the eye, and the MPEs are increased for exposures less than 10 s. The greatest increase in the MPEs occurs for very short pulse durations and within the wavelength range of 1 500 nm to 1 800 nm where the absorbing volume is greatest. At times greater than 10 s, heat conduction redistributes the thermal energy so that the impact of the penetration depth is no longer significant.

D.2.3 Skin hazards

In general terms, the skin can tolerate a great deal more exposure to laser beam energy than can the eye. The biological effect of irradiation of skin by lasers operating in the visible (400 nm to 700 nm) and infra-red (greater than 700 nm) spectral regions may vary from a mild erythema to severe blisters. An ashen charring is prevalent in tissues of high surface absorption following exposure to very short-pulsed, high-peak power lasers. This may not be followed by erythema.

The pigmentation, ulceration, and scarring of the skin and damage of underlying organs may occur from extremely high irradiance. Latent or cumulative effects of laser radiation have not been found prevalent. However, some limited research has suggested that under special conditions, small regions of human tissue may be sensitized by repeating local exposures with

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

the result that the exposure level for minimal reaction is changed and the reactions in the tissues are more severe for such low-level exposure.

In the wavelength range 1 500 nm to 2 600 nm, biological threshold studies indicate that the risk of skin injury follows a similar pattern to that of the eye. For exposures up to 10 s, the MPE is increased within this spectral range.

D.3 MPEs and irradiance averaging

In this standard, the maximum permissible exposure (MPE) values recommended by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) have been adopted. The irradiance-averaging apertures (measurement apertures) recommended by the ICNIRP were adopted, or an additional safety factor applied by IEC TC 76. The determination and derivation of the AELs, although generally based upon the MPEs, necessitated a risk analysis and determination of reasonably foreseeable exposure conditions. The choice of measurement aperture played a role in the derivation of AELs and reflects both biophysical and physiological factors. In some cases, considerations of risk assessment and simplification of expression played a role. Table D.2 provides a summary of the factors assumed in the choice of measurement apertures. In general, the recommendations of ICNIRP were followed, or added safety factors applied.

Table D.2 – Explanation of measurement apertures applied to the eye MPEs

Spectral band λ nm	**Exposure duration** t	**Aperture diameter** mm	**Comments and rationale for aperture diameter**
180 to 400	All t	1 mm	Scatter in corneal epithelium and in stratum corneum leads to 1 mm; assumption of no movement of exposed tissue for continuous exposure conditions is applied by IEC. However, ICNIRP recommends 3,5 mm for lengthy exposures due to eye movements
400 to 600 photochemical	$t > 10$ s	3 mm in derivation of MPE, but 7 mm used for measurements	Lateral motion of 3-mm diameter pupil in space to produce 7-mm aperture averaging for CW exposures applicable for photochemical injury mechanism
400 to 1 400 thermal	All t	7 mm	Diameter of dilated pupil and lateral motion in CW exposures
$1\,400 \leq \lambda < 10^5$	$t < 0{,}35$ s	1 mm	Thermal diffusion in stratum corneum and epithelial tissues
	$0{,}35\text{ s} < t < 10$ s $t > 10$ s	$1{,}5 \times t^{3/8}$ mm 3,5 mm	Greater thermal diffusion and movement of target tissue relative to beam after 0,35 s
$10^5 \leq \lambda \leq 10^6$	All t	11 mm	Aperture to be greater than diffraction limit (i.e., approximately 10×) for accurate measurements

D.4 Reference documents

[1] HENDERSON, R. and SCHULMEISTER, K.: *Laser Safety*, Taylor and Francis Ltd., Bristol United Kingdom, 2003 2004

[2] *ICNIRP guidelines on limits of exposure to laser radiation of wavelengths between 180 nm and 1,000 µm*. Health Physics 105(3): 271-295, 2013

[3] NESS, J., ZWICK, H.A., STUCK, B.E., LUND, D.J., MOLCHANY, J.A. and SLINEY, D.H.: *Retinal image motion during deliberate fixation: implications to laser safety for long duration viewing*. Health Phys. 78(2):131-142, 2000

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

[4] ROACH, W.P., JOHNSON, P.E. and ROCKWELL, B.A.*: Proposed maximum permissible exposure limits for ultrashort laser pulses*, Health Phys. 76(4):349-354, 1999

[5] SCHULMEISTER, K., STUCK, B.E., LUND, D.J. and SLINEY, D.H. *Review of thresholds and recommendations for revised exposure limits for laser and optical radiation for thermally induced retinal injury*. Health Phys.*;* 100(2):210-220, 2011

[6] SLINEY, D.H. and WOLBARSHT, M.L.: *Safety with Lasers and Other Optical Sources,* New York, Plenum Publishing Corp., 1980

[7] SLINEY, D., ARON-ROSA, D., DELORI, F., FANKHAUSER, F., LANDRY, R., MAINSTER, M., MARSHALL, J., RASSOW, B., STUCK, B., TROKEL, S., WEST, T.M. and WOLFFE, M.: *Adjustment of guidelines for exposure of the eye to optical radiation from ocular instruments: statement of a task group of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, Applied Optics, 44(11): 2162-2176, 2005

[8] United Nations Environment Programme (UNEP); World Health Organization (WHO); International Radiation Protection Association (IRPA): *Environmental Health Criteria No. 23: Lasers and Optical Radiation*, Geneva, WHO, 1982

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex E
(informative)

MPEs and AELs expressed as radiance

E.1 Background

For large extended sources, it may be easier to analyze potential retinal hazards by using the radiance of the source. This annex is to provide users with a single table and graphs of maximum permitted radiances based on the AELs for Class 1 and Class 1M and corresponding MPE values in the retinal hazard wavelength region of 400 nm to 1 400 nm for viewing conditions where the angular subtense of the apparent source is assumed to be larger than α_{max}. By the law of conservation of radiance, all extended sources that are diffused and emitting below the radiance level specified in Table E.1 or on Figure E.1 cannot exceed Class 1 accessible emission limits (AELs) regardless of the optics placed in front of a diffused source.

E.2 Radiance values

The radiance values in Table E.1 are based upon the IEC/ICNIRP MPE levels. As MPEs are generally expressed in terms of radiant exposure ($J \cdot m^{-2}$) or irradiance ($W \cdot m^{-2}$), it was necessary to convert the MPE values to radiance ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$). The radiance values are then plotted as a function of wavelength (see Clause E.3.)

Table E.1 presents radiance permissible exposure values as a function of wavelength for a 100 s exposure duration where α subtends an angle of greater than or equal to 100 mrad. The most restrictive limits, photochemical or thermal, are listed. Retinal photochemical hazard limits are in italics style.

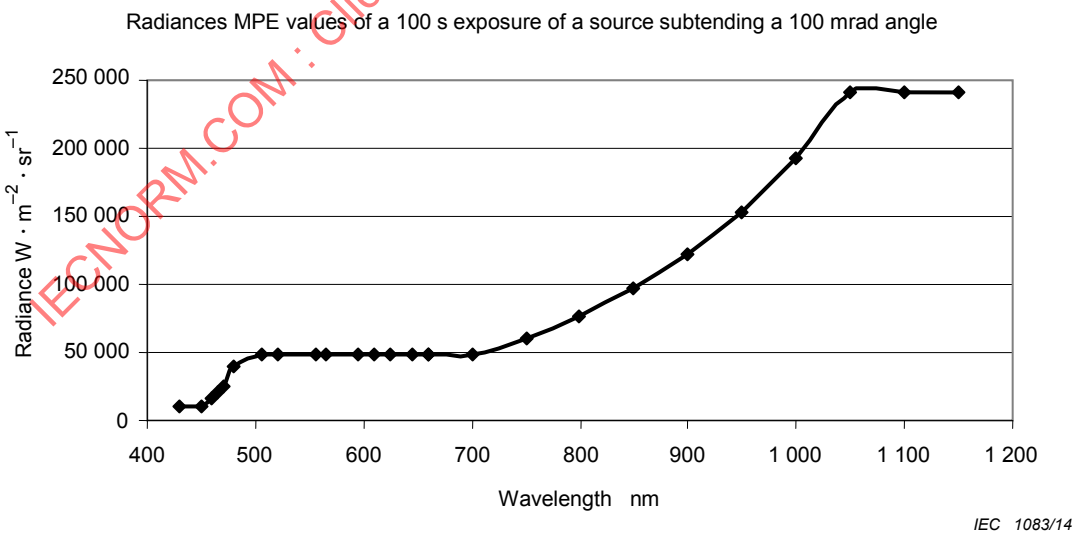


Figure E.1 – Radiance as a function of wavelength

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table E.1 – Maximum radiance of a diffused source for Class 1

Wavelength nm	**Radiance** $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	**Radiance** $W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1}$
430	*10 000*	*1,00*
450	*10 000*	*1,00*
460	*15 848*	*1,58*
465	*19 952*	*2,00*
470	*25 119*	*2,51*
480	*39 811*	*3,98*
505	48 316	4,83
520	48 316	4,83
555	48 316	4,83
565	48 316	4,83
595	48 316	4,83
610	48 316	4,83
625	48 316	4,83
645	48 316	4,83
660	48 316	4,83
660	48 316	4,83
700	48 316	4,83
750	60 826	6,08
800	76 576	7,66
850	96 403	9,64
900	121 365	12,14
950	152 789	15,28
1 000	192 350	19,24
1 050	241 580	24,16
1 100	241 580	24,16
1 150	241 580	24,16
Figures in italics indicate retinal photochemical hazard limits.		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

E.3 Rationale

The radiance values are calculated using IEC/ICNIRP MPE levels. As MPEs are generally expressed in terms of radiant exposure ($J \cdot m^{-2}$) or irradiance ($W \cdot m^{-2}$), it is necessary to convert the MPE values to radiance ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$). The radiance values are then plotted as a function of wavelength.

For MPEs expressed as irradiance, the following method to calculate radiance was used. Radiance is defined as:

$$L = \frac{\mathrm{d}\,\Phi}{\mathrm{d}\Omega \cdot \mathrm{d}A \cdot \cos\theta} \qquad \text{(E.1)}$$

where Φ is the radiant power, Ω is a unit of solid angle with the vertex at the measurement plane of the irradiance, and A is the area over which irradiance is defined. MPEs are frequently expressed in terms of irradiance, which is defined as

$$E = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A} \tag{E.2}$$

Substituting Equation E.2 into Equation E.1 yields radiance as a function of irradiance:

$$L = \frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}\Omega \cdot \cos\theta} \tag{E.3}$$

We need to find the solid angle Ω and viewing angle θ. Substituting the following equation for Ω:

$$\Omega = \frac{\pi\alpha^2}{4} \tag{E.4}$$

and assuming the worst-case viewing angle where θ = 0° (the viewer is looking directly into the beam), Equation E.3 reduces to

$$L = \frac{4E}{\pi\alpha^2} \tag{E.5}$$

For MPEs expressed as radiant exposure a slightly different method was used. Radiant exposure is defined as

$$H = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}A} \tag{E.6}$$

where Q is radiant energy expressed in Joules. Dividing by time yields

$$\frac{H}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}A \cdot \mathrm{d}t} \tag{E.7}$$

As radiant power is expressed as

$$\Phi = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} \tag{E.8}$$

Equation E.8 can be substituted into Equation E.7, yielding

$$\frac{H}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A} \tag{E.9}$$

Returning to Equation E.1, we substitute equation E.9 to yield

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

$$L = \frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}\Omega \cdot \mathrm{d}t \cdot \cos\theta} \tag{E.10}$$

Again substituting equation E.4 and assuming the worst-case scenario of $\theta = 0°$, we obtain

$$L = \frac{4H}{\pi\alpha^2 t} \tag{E.11}$$

For the calculations, we assumed a worst-case scenario of a 100 mrad angular subtense for an exposure duration of 100 s. The results are listed in Table E.1 and plotted in Figure E.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex F
(informative)

Summary tables

Table F.1 summarizes the physical quantities referred to in this Part 1, and gives the unit (and the symbol for the unit) used for each of them. The definitions of the SI base units are taken from ISO 80000-1. The units and symbols are taken from IEC 60027-1. Table F.2 summarizes the manufacturer's requirements.

Table F.1 – Summary of the physical quantities used in this Part 1

Quantity	Name of unit	Unit symbol	Definition
Length	metre	m	The metre is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval of 1/299 792 458 of a second
	millimetre	mm	10^{-3} m
	micrometre	µm	10^{-6} m
	nanometre	nm	10^{-9} m
Area	square metre	m^2	1 m^2
Mass	kilogram	kg	The mass equal to the mass of the international prototype of the kilogram
Time	second	s	The duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the ground state caesium-133 atom
Frequency	hertz	Hz	The frequency of a periodic phenomenon equal to one cycle per second
Plane angle	radian	rad	The plane angle between two radii of a circle which cut off on the circumference an arc equal in length to the radius
	milliradian	mrad	10^{-3} rad
Solid angle	steradian	sr	The solid angle which, having its vertex in the centre of a sphere, cuts off an area of the surface of the sphere equal to that of a square with sides of length equal to the radius of the sphere
Force	newton	N	1 $m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energy	joule	J	1 N·m
Radiant exposure	joule per square metre	$J \cdot m^{-2}$	1 $J \cdot m^{-2}$
Integrated radiance	joule per square metre per steradian	$J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	1 $J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
Power	watt	W	1 $J \cdot s^{-1}$
	milliwatt	mW	10^{-3} W
Irradiance	watt per square metre	$W \cdot m^{-2}$	1 $W \cdot m^{-2}$
Radiance	watt per square metre per steradian	$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	1 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
NOTE For convenience, multiples and submultiples of units have been included where appropriate.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table F.2 – Summary of manufacturer's requirements *(1 of 2)*

Requirements subclause	Classification						
	Class 1*	**Class 1M**	**Class 2**	**Class 2M**	**Class 3R**	**Class 3B**	**Class 4**
Description of hazard class Annex C	Safe under reason-ably foreseeable conditions	As for Class 1 except may be hazardous if user employs optics	Low power; eye protection normally afforded by aversion & active responses	As for Class 2 except may be more hazardous if user employs optics	Direct intrabeam viewing may be hazardous	Direct intrabeam viewing normally hazardous	High power; diffuse reflections may be hazardous
Protective housing 6.2		Required for each laser product; limits access necessary for performance of functions of the products					
Safety interlock in protective housing 6.3	Designed to prevent removal of the panel until accessible emission values are below that for Class 3R				Designed to prevent removal of the panel until accessible emission values are below that for Class 3B or 3R for some products		
Remote Interlock 6.4	Not required					Permits easy addition of external interlock in laser installation. Not required for some products in Class 3B	
Manual Reset 6.5	Not required						Requires manual reset if power interrupted or remote interlock is actuated
Key control 6.6	Not required					Laser inoperative when key is removed	
Emission warning device 6.7	Not required				Gives audible or visible warning when laser is switched on or if capacitor bank of pulsed laser is being charged. For Class 3R, only applies if invisible radiation is emitted		
Attenuator 6.8	Not required					Gives means to temporarily block beam	
Control locations 6.9	Not required				Controls so located that there is no danger of exposure to AEL above Classes 1 or 2 when adjustments are made		
Viewing optics 6.10	Not required		Emission from all viewing systems shall be below Class 1M AEL				
Scanning 6.11	Scan failure shall not cause product to exceed its classification						

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table F.2 *(2 of 2)*

Requirements subclause	**Classification**						
	Class 1	**Class 1M**	**Class 2**	**Class 2M**	**Class 3R**	**Class 3B**	**Class 4**
Class label 7.2 to 7.7	Required wording		Figures 3 and 4 and required wording				
Aperture label 7.8	Not required				Specified wording required		
Radiation output label 7.9	Not required	Required wording					
Standards information label 7.9	Required on product or in information to user		Required wording				
Service access label 7.10.1	Not required	Required as appropriate to the class of accessible radiation					
Override interlock label 7.10.2	Required under certain conditions as appropriate to the class of laser used						
Wavelength range label 7.10 and 7.12	Required for certain wavelength ranges						
Burn hazard label 7.13	Required wording when AE at closest point of human access (3.5mm aperture) exceeds AEL of Class 3B					Not applicable	
User information 8.1	Operation manuals shall contain instructions for safe use. Additional requirements apply for Class 1M and Class 2M						
Purchasing and service information 8.2	Promotion brochures shall specify product classification; service manuals shall contain safety information						
Medical products 9.2	Not required					For the safety of medical laser products, IEC 60601-2-22 may be applied.	

*NOTE This table is intended to provide a convenient summary of requirements. See text of this standard for complete requirements. Due to the specific concept of Class 1C, the requirements for Class 1C laser products are not included in this table; in this Part 1, mostly generic requirements are specified; product type specific requirements are defined in vertical standards.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annex G
(informative)

Overview of associated parts of IEC 60825

The associated parts of IEC 60825 are intended for use in conjunction with the basic standard IEC 60825-1. Each part covers a defined scope and provides additional normative and informative guidance to enable the manufacturer and user to correctly classify and use the product in a safe manner by taking account of the particular conditions of use and competence/training of the operator/user. The information covered may include rationale, examples, clarification, methods, labelling, and any additional limits and requirements. See Table G.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Table G.1 – Overview of additional data in associated parts of IEC 60825

Part No.	Type	Description	Product designer	Product supplier	Product user	Safety critical component supplier	Test methods	Hazard assessment	Related standards
1	Standard	Equipment classification and requirements	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
2	Standard	Safety of optical fibre communication systems (provides application notes and examples)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
3	Technical report	Guidance for laser displays and shows	No	No	Yes	No	No	Yes	
4	Standard	Laser guards (also addresses ability of high-power lasers to remove guard material)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
5	Technical report	Manufacturer's checklist for IEC 60825-1 (suitable for use in a safety report)	Yes	Yes	No	Yes	No	No	
6	Technical specification (withdrawn)								
7	Technical specification (withdrawn)								
8	Technical report	Guidelines for the safe use of medical laser equipment	No	No	Yes	No	No	No	IEC 60601-2-22
9	Technical report	Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation (broadband sources)	No	No	Yes	No	Yes	Yes	IEC 62471
10	Technical report (withdrawn)								
12	Standard	Safety of free space optical communication systems used for transmission of information	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
13	Technical report	Measurements for classification of laser products	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
14	Technical report	A user's guide	No	Yes	Yes	No	No	Yes	
17	Technical report	Safety aspects for use of passive optical components and optical cables in high power optical fibre communication systems	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	

NOTE This table is intended to provide an indication of content – see text of the particular standard for complete requirements. Some parts listed above may be under discussion by working groups and may not be formally published.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Bibliography

IEC 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 60065, *Audio, video and similar apparatus – Safety requirements*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60079-0:2011, *Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60601-2-22, *Medical electrical equipment - Part 2-22: Particular requirements for basic safety and essential performance of surgical, cosmetic, therapeutic and diagnostic laser equipment*

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCS)*

IEC/TR 60825-3, *Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows*

IEC 60825-4, *Safety of laser products – Part 4: Laser guards*

IEC/TR 60825-5, *Safety of laser products – Part 5: Manufacturer's checklist for IEC 60825-1*

IEC/TR 60825-8, *Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans*

IEC/TR 60825-9, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation*

IEC 60825-12, *Safety of laser products – Part 12: Safety of free space optical communication systems used for transmission of information*

IEC/TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products*

IEC/TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide*

IEC 60950 (all parts), *Information technology equipment – Safety*

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

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

IEC 62115, *Electric toys – Safety*

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

IEC/ISO 11553 (all parts), *Safety of machinery — Laser processing machines*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

IEC/ISO 11553-1, *Safety of machinery – Laser processing machines – Part 1: General safety requirements*

ISO 11146-1, *Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios – Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams*

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

ISO 13694, *Optics and optical instruments – Lasers and laser-related equipment – Test methods for laser beam power (energy) density distribution*

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

ISO 15004-2:2007, *Ophthalmic instruments – Fundamental requirements and test methods – Part 2: Light hazard protection*

ISO 80000-1, *Quantities and units – Part 1: General*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

© IEC 2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 1

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 76 de l'IEC: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
76/587/FDIS	76/593/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette feuille d'interprétation.

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

Paragraphe 4.3 Règles de classification

Le présent paragraphe est clarifié par ce qui suit:

Introduction

Pour certaines sources étendues complexes ou émissions temporelles irrégulières, l'application des règles du paragraphe 4.3 peut exiger d'être clarifiée compte tenu des modifications par rapport à l'IEC 60825-1:2007.

NOTE 1 Pour les besoins de cette feuille d'interprétation, l'abréviation "AE" est utilisée pour "émission accessible" (Accessible Emission).

NOTE 2 Les clarifications s'appliquent également de manière équivalente à l'analyse EMP, c'est-à-dire pour l'Annexe A.

1 Paragraphe 4.3 b) Rayonnement de longueurs d'ondes multiples

Voir l'IEC 60825-1:2014/ISH2.

2 Paragraphe 4.3 c) Rayonnement depuis des sources étendues

Si la méthode d'évaluation par défaut (simplifiée) est utilisée (5.4.2) pour les longueurs d'ondes ≥ 400 nm et < 1 400 nm, l'angle d'admission peut être limité à 100 mrad pour déterminer l'émission accessible à comparer à la limite d'émission accessible, sauf dans la plage de longueurs d'ondes comprise entre 400 nm et 600 nm pendant plus de 100 s, où l'angle d'admission de cône circulaire n'est pas limité. Lors de l'évaluation des émissions pour la comparaison aux LEA de Classe 3B, l'angle d'admission n'est pas limité.

3 Paragraphe 4.3 d) Sources apparentes non uniformes, non circulaires ou multiples

Au paragraphe 4.3 d), afin de comparer avec les limites thermiques pour la rétine, les exigences de variation de l'angle d'admission dans chaque dimension peuvent apparaître contradictoires par rapport aux indications de la Figure 1 et de la Figure 2 de 5.4.3, dans lesquelles le diaphragme de champ est présenté comme circulaire.

Interprétation

Un diaphragme de champ circulaire est applicable pour les images symétriques circulaires de la source apparente, auquel cas il est cohérent avec la procédure indiquée en 4.3 d). Pour les images de la source apparente qui ne sont pas symétriques circulaires, l'exemple simple ci-dessous clarifie l'application indiquée en 4.3 d).

Un diaphragme de champ circulaire présentant un diamètre apparent égal à α_{max} est toutefois applicable pour les profils symétriques non circulaires si l'analyse réalisée selon 4.3 d), après la variation de l'angle d'admission dans chaque dimension, donne une solution qui est égale à α_{max} dans les deux dimensions.

En principe général, quelle que soit la durée d'émission *t* pour laquelle la LEA est déterminée (la durée d'impulsion, la durée de groupe d'impulsions ou la base de temps pour le moyennage de la puissance, par exemple), la même durée d'émission *t* est également utilisée pour calculer α_{max} (*t*).

L'exemple suivant démontre la méthode décrite en 4.3 d) pour analyser les images irrégulières ou complexes d'une source. Il est noté que l'exemple équivaut à la deuxième partie de l'exemple ("Remarques supplémentaires"; espacement de 6 mrad au lieu de 3 mrad) B.9.1 de l'IEC TR 60825-14:2004 (toutefois, pour un espacement d'élément de 6 mrad, le résultat en matière de regroupement critique n'était pas correct). La source est un réseau de diodes (Figure 1). Il s'agit de déterminer la LEA applicable qui limite l'AE pour la Classe 2. Chaque diode contribue à une émission accessible partielle de 1 mW qui traverse un diaphragme de 7 mm à la distance à laquelle l'analyse est réalisée (c'est-à-dire qu'une puissance totale de 20 mW traverse le diaphragme), et l'émission est une onde entretenue. L'analyse exige de déterminer le rapport le plus restrictif (maximal) de l'AE sur la LEA par variation de l'angle d'admission et de la taille afin d'obtenir un champ visuel différent.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

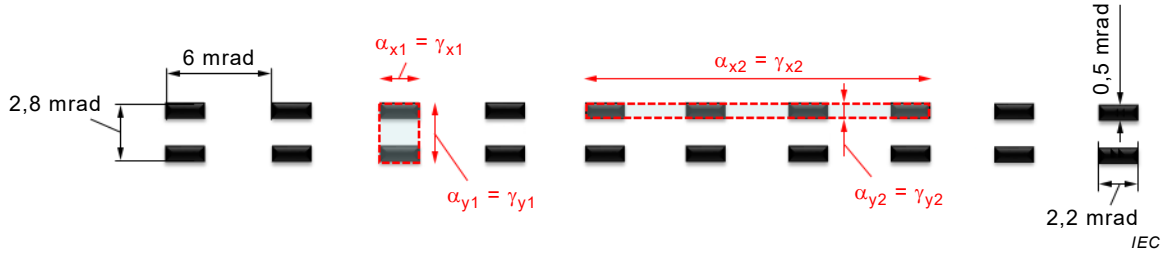


Figure 1 – Image d'un modèle de source pour l'exemple des 20 émetteurs. Deux groupements possibles sont définis en fonction de l'angle d'admission respectif γ_x et γ_y

L'analyse d'un sous-groupe de sources est associée à une certaine valeur de α pour le groupe concerné et une certaine émission accessible associée à ce sous-groupe. Par exemple, α d'un seul élément est égal à (1,5 mrad + 2,2 mrad)/2 = 1,85 mrad, de sorte que la LEA = 1,23 mW. La LEA applicable = 1 mW, et AE/LEA = 1 mW/1,23 mW = 0,8. Pour un groupe de deux éléments verticaux, comme représenté dans la figure avec γ_{x1} et γ_{y1}, α = (2,8 + 2,2)/2 = 2,5 de sorte que la LEA = 1,66 mW; AE = 2 × 1 mW = 2 mW et AE/LEA = 1,2, ce qui est plus restrictif que AE/LEA pour un seul élément. Pour une rangée de 10 diodes, α = (1,5 + 56,2)/2 = 28,9 mrad, LEA = 19,2 mW, l'AE = 10 × 1 mW = 10 mW et AE/LEA = 0,5. L'analyse de tous les groupements possibles indique que le groupe de deux éléments verticaux présente l'AE/LEA maximal, et donc qu'il s'agit de la solution de l'analyse. Cela signifie que la LEA de Classe 2 est dépassée selon un facteur 1,2. Noter que seule une partie de la puissance de 20 mW qui traverse le diaphragme de 7 mm est considérée comme l'AE (2 mW, comme puissance partielle dans les limites de l'angle d'admission associé à la partie de l'image présentant le rapport maximal AE/LEA) comparée à la LEA. L'ensemble du réseau représente le rapport AE/LEA le plus élevé lorsque l'espacement d'élément est suffisamment proche, par exemple lorsque les contributions d'éléments supplémentaires à l'AE ne sont pas dominées par une augmentation de LEA en raison de l'angle sous-tendu plus important.

Pour les émissions d'impulsions, pour la détermination de α selon la méthode ci-dessus (4.3 d)), dont le rapport de AE sur LEA est optimisé, l'exigence 3) de 4.3 f) n'est pas appliquée, c'est-à-dire que LEA_{unique} n'est pas réduit de C_5. Étant donné que α_{max} dépend de la durée d'émission t, l'analyse de l'image de la source apparente peut donner lieu à des valeurs différentes de α et de l'émission accessible partielle, en fonction de la durée d'émission analysée pour les exigences de 4.3 f). Par exemple, pour des durées d'émission inférieures à 625 µs (α_{max} = 5 mrad), le réseau partiel maximal à prendre en compte dans l'analyse d'image est un groupe de deux éléments verticaux.

Réf.: Classification of extended source products according to IEC 60825-1, K. Schulmeister, ILSC 2015 Proceedings Paper, p 271 – 280; *Télécharger:*
https://www.filesanywhere.com/fs/v.aspx?v=8b70698a595e75bcaa69

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

4 Paragraphe 4.3 f) 3) détermination de α

Pour une analyse des émissions d'impulsions, α_{max}, qui est fonction du temps α_{max} (t), limite la valeur de α pour la détermination de $C_6(\alpha)$ et l'angle d'admission γ pour la détermination des émissions accessibles (voir 4.3 c) et d) et l'Article 3 de la présente feuille d'interprétation). Dans ce processus, α_{max} (t) est déterminé pour la même durée d'émission t que celle utilisée pour déterminer LEA(t) (c'est-à-dire la durée d'impulsions ou la durée de groupe d'impulsions de 4.3 f) 3) et la durée moyenne pour 4.3 f) 2), respectivement). Toutefois, le paramètre α est également utilisé en 4.3 f) 3) dans le critère C_5 appliqué. Pour ces critères, le paramètre α n'est pas limité de la même manière que pour la détermination de C_6 selon 4.3 d).

Pour le critère "À moins que α > 100 mrad", le diamètre apparent de la source apparente α n'est pas restreint par α_{max}. Pour les sources non uniformes (oblongues, rectangulaires ou

linéaires), il est nécessaire que l'inégalité soit satisfaite par les deux dimensions angulaires de la source afin que C_5 = 1 s'applique.

Pour calculer $T_2(\alpha)$ et le critère "$\alpha \leq$ 5 mrad", "5 mrad < $\alpha \leq \alpha_{max}$" et "$\alpha > \alpha_{max}$", la grandeur α est limitée à une valeur maximale de 100 mrad, équivalent à α_{max} qui s'applique pendant une durée d'émission d'au moins 0,25 s. Pour T_2 et ces inégalités, α n'est pas limité à une valeur de α_{max} (t) inférieure à 100 mrad, et est donc égal à la valeur qui s'applique pour la détermination de C_6 pendant une durée d'émission d'au moins 0,25 s. Comme cela est généralement défini (voir 4.3 d)), la moyenne arithmétique est appliquée pour déterminer α, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire que les deux dimensions satisfassent au critère "Pour $\alpha \leq$ 5 mrad".

Pour la détermination de la valeur applicable de C_5 de 4.3. f) 3) dans le cadre d'une analyse des sources apparentes mobiles (à partir d'une émission à balayage en l'absence d'accommodation au point de pivot ou au sommet), la valeur de α dans les inégalités respectives en fonction du choix de C_5 en 4.3 f) 3) est déterminée pour la source apparente *stationnaire* et la condition de formation respective analysée (comme l'accommodation à l'infini).

5 Paragraphe 4.3 f) 3) groupes d'impulsions avec une durée de groupe supérieure à T_i

Pour les séquences d'impulsions répétitives non uniformes, c'est-à-dire les groupes d'impulsions (voir la Figure 2 pour un exemple), si α > 5 mrad et que la durée du groupe d'impulsions est supérieure à T_i, la manière dont est appliquée l'additivité thermique exprimée par l'exigence 3) de 4.3 f) n'est pas clairement établie. Pour les trains d'impulsions répétitives *uniformes* (c'est-à-dire puissance de crête, durée et période constantes), il n'est pas nécessaire d'analyser les modèles d'émissions en matière de groupements d'impulsions.

Si des impulsions individuelles sont proches, elles sont thermiquement groupées et représentent d'un point de vue thermique une impulsion "efficace", de sorte que C_5 (en plus de l'analyse du train d'impulsions en fonction des impulsions réelles et de la puissance moyenne) s'applique également aux impulsions "efficaces", où N est le nombre de groupes d'impulsions dans les limites de T_2 ou de la base de temps, selon la valeur la plus courte.

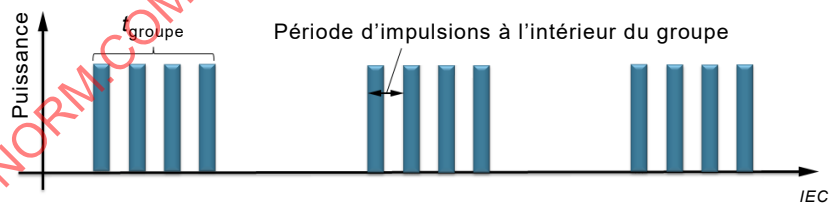


Figure 2 – Exemple de trois groupes d'impulsions (la durée de chaque groupe étant supérieure à T_i), où chaque groupe est considéré comme étant une impulsion "efficace" et C_5 est appliqué à la LEA qui s'applique à la durée de groupe, C_5 étant déterminé avec le nombre de groupes d'impulsions dans les limites de la durée d'évaluation (dans l'exemple de la figure: N = 3)

Pour l'analyse des groupes d'impulsions, la valeur de LEA_{unique} est déterminée pour la durée de groupe d'impulsions correspondante t_{groupe}. Pour la détermination de C_5, N est le nombre de groupes d'impulsions dans les limites de T_2 ou de la base de temps, selon la valeur la plus petite. La valeur respective de C_5 est appliquée à LEA_{unique} pour obtenir $LEA_{i.u.train}$ qui limite l'AE des groupes d'impulsions, où AE est égale à la somme de l'énergie des impulsions contenues dans le groupe d'impulsions.

Pour l'application de C_5 aux groupes d'impulsions, il est nécessaire de déterminer la LEA(t_{groupe}) applicable au groupe, ainsi que l'énergie par groupe (AE_{groupe}). Pour les groupes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

d'impulsions dont la puissance de crête à l'intérieur du groupe varie, la durée de groupe n'est pas bien définie. Pour simplifier l'évaluation, t_{groupe} peut être défini comme égal à la durée d'intégration pour laquelle l'énergie par groupe (c'est-à-dire AE_{groupe}) a été déterminée. Il n'est pas nécessaire de déterminer la durée de groupe selon le critère FWHM, qui n'est pas bien défini pour les groupes d'impulsions dont la puissance de crête varie. En définissant t_{groupe} comme égal à la durée d'intégration utilisée pour déterminer AE_{groupe} (exprimée en énergie), l'application de C_5 aux groupes d'impulsions est une simple extension de l'exigence 2) de 4.3 f), pour laquelle il est nécessaire que la puissance moyenne par groupe (égale à l'énergie dans les limites de la durée moyenne $t_{moyenne}$ divisée par la durée moyenne) soit inférieure à LEA($t_{moyenne}$) déterminée pour la durée pendant laquelle la puissance a été moyennée (AE_{groupe} et LEA(t_{groupe}) exprimée en puissance). Comme il est d'usage pour l'exigence de puissance moyenne, pour les trains d'impulsions irrégulières, la fenêtre de durée moyenne (si elle est exprimée en énergie: la fenêtre de durée d'intégration) doit varier en position temporelle et en durée (par exemple, en présence d'impulsions avec relativement peu d'énergie par impulsion au début ou à la fin du groupe d'impulsions, il est nécessaire de tenir compte également des durées d'intégration qui excluent ces impulsions basse énergie, et pas uniquement de l'ensemble du groupe).

Si les impulsions individuelles disposent d'un espacement temporel suffisant (durée plus longue que T_{crit}, voir ci-dessous), et pour simplifier l'analyse, il n'est pas nécessaire de les considérer comme un groupe d'impulsions relevant de 4.3 f) 3) pour une analyse. L'espacement temporel nécessaire pour que les impulsions soient uniquement considérées comme étant séparées (et pas en plus analysées comme un groupe) dépend du diamètre apparent de la source apparente et de la durée des impulsions $t_{impulsion}$ à l'intérieur du groupe. Noter qu'il peut y avoir plusieurs niveaux de groupement, de sorte que les éléments individuels (de durée d'impulsions t) à l'intérieur du groupe puissent eux-mêmes être des "impulsions efficaces", c'est-à-dire des sous-groupes.

Si les

- durées de groupes d'impulsions (t_{groupe}) sont comprises entre T_i et 0,25 s, et que
- le diamètre apparent de la source apparente est supérieur à 5 mrad, et que
- la durée des impulsions (voir la Figure 2) est plus courte qu'une durée critique T_{crit} (si $t_{impulsion} < T_i$, la valeur de $t_{impulsion}$ est définie comme égale à T_i. De plus, pour la détermination de T_{crit}, α_{max} est déterminé pour $t_{impulsion}$, pas pour la durée de groupe) où:

  pour $\alpha \leq \alpha_{max}$: $T_{crit} = 2 \cdot t_{impulsion}$ où $t_{impulsion}$ est exprimé en secondes

  pour $\alpha > \alpha_{max}$: $T_{crit} = 0{,}01\ \alpha \cdot t_{impulsion}^{0{,}5}$ où $t_{impulsion}$ est exprimé en secondes, et α en mrad, sans se limiter à α_{max},

alors, ces impulsions constituent un groupe d'impulsions traitées comme des impulsions efficaces, et C_5 (N étant le nombre de groupes dans les limites de la base de temps ou de T_2, selon celui qui est le plus court) est appliqué à la LEA applicable au groupe d'impulsions. Pour la détermination de l'AE, α_{max} est déterminé en utilisant la durée du groupe d'impulsions évalué, t_{groupe}. Si les conditions ci-dessus ne sont pas remplies, il n'est pas nécessaire de grouper les impulsions à l'intérieur du groupe d'impulsions prises en compte pour l'analyse comme étant des "impulsions efficaces", c'est-à-dire qu'il n'est pas utile d'analyser le groupe d'impulsions comme étant une impulsion "efficace".

Noter que si plusieurs impulsions se produisent dans les limites de T_i, la règle établie en 4.3 f) 3) s'applique en parallèle, c'est-à-dire qu'elles sont comptées comme une seule impulsion pour déterminer N, les énergies des impulsions individuelles qui se produisent dans les limites de T_i étant ajoutées pour être comparées à la $LEA_{i.u.train}$ de T_i lorsque le C_5 correspondant pour les durées d'émission $t \leq T_i$ est appliqué.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6 Paragraphe 4.3 f) Simplifications

a) Puissance de crête constante mais impulsions plus courtes

En fonction du diamètre apparent de la source apparente, il peut arriver que la valeur de C_5 soit plus restrictive pour des impulsions de durée inférieure à T_i que pour des impulsions de durée supérieure à T_i, ce qui va à l'encontre des principes biophysiques généraux pour les cas où la puissance de crête est la même.

Interprétation

Si la durée d'impulsion varie dans un train d'impulsions, et si l'émission accessible pour des impulsions plus longues que T_i est inférieure à la LEA applicable, l'analyse peut partir du principe que des impulsions de durées inférieures à T_i, mais avec une puissance de crête identique (ou inférieure) aux impulsions plus longues, sont moins critiques. Cette interprétation s'appuie sur le principe selon lequel, lorsque des impulsions ont la même puissance de crête, l'impulsion la plus courte ne peut pas être plus restrictive que la plus longue.

NOTE Cette interprétation peut également être utilisée pour lisser la fonction échelon à T_i pour la classification des appareils, c'est-à-dire que la classification d'un appareil peut reposer sur l'hypothèse de durées d'impulsions plus longues que T_i, même si elles sont plus courtes que T_i, à condition que les impulsions plus longues satisfassent à la LEA applicable et que les impulsions plus courtes présentent une puissance de crête identique ou inférieure comparées aux impulsions plus longues.

b) Image plus grande de la source apparente

Pour les durées d'émission dépassant T_i, en raison de la fonction échelon de C_5 à 5 mrad et à α_{max}, la LEA (en fonction de C_5 et de C_6) peut être plus restrictive pour des valeurs plus importantes du diamètre apparent de la source apparente comparées à des valeurs plus petites, ce qui va à l'encontre des principes biophysiques généraux.

Interprétation

Si la classe d'un appareil à laser est déterminée dans le cadre de l'analyse étendue (5.4.3) et que la source apparente est supérieure à 5 mrad, la classification peut reposer sur une valeur du diamètre apparent de la source apparente inférieure à 5 mrad (ce qui donne un C_6 plus petit, mais également un C_5 plus grand). En d'autres termes, si l'AE est inférieure à la LEA pour une source apparente censée être plus petite, la classe obtenue s'applique même si l'image de la source apparente est supérieure à 5 mrad. Cela s'applique également de manière équivalente à la fonction échelon de C_5 à α_{max}.

c) Utilisation d'un diaphragme carré

Dans certains cas (des faisceaux laser à balayage 2D, par exemple), l'utilisation d'un diaphragme circulaire pour déterminer les émissions accessibles crée des séquences d'impulsions très complexes.

Interprétation

L'analyse réalisée avec un diaphragme carré de 7 mm de côté (pour la détermination des émissions accessibles et de la durée d'impulsions) peut par hypothèse être équivalente à un diaphragme circulaire ou plus restrictive. Il s'agit donc d'une analyse valide.

d) Applicabilité de l'analyse par défaut simplifiée

Pour des durées d'impulsions plus longues que T_i, la valeur de C_5 est plus petite (plus restrictive) pour des valeurs de diamètre apparent α supérieures à 5 mrad comparées à $\alpha \leq 5$ mrad. L'hypothèse $\alpha = 1{,}5$ mrad est la base de l'évaluation simplifiée (par défaut). Il ne paraît donc pas évident que l'analyse simplifiée (par défaut) s'applique toujours en matière d'analyse de simplification restrictive, même si le diamètre apparent de la source apparente est réellement supérieur à 5 mrad, où $C_5 < 1$.

Interprétation

Il est acceptable d'utiliser l'hypothèse restrictive simplifiée de $\alpha = 1{,}5$ mrad ($C_6 = 1$, $C_5 = 1$) même si le diamètre apparent de la source est supérieur à 5 mrad. Cela signifie qu'il n'est pas nécessaire de démontrer que $\alpha < 5$ mrad pour appliquer $C_6 = 1$ et $C_5 = 1$ pour l'analyse simplifiée (par défaut), car globalement, il s'agit d'une simplification

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

prudente. Noter que l'analyse simplifiée par défaut implique que la détermination des émissions accessibles ne se limite pas à un angle d'admission égal à α_{max}.

e) Détermination de la position la plus restrictive

Pour l'analyse étendue, il est nécessaire de faire varier la position dans le faisceau. Pour chaque position dans le faisceau, l'accommodation est modifiée et l'image la plus restrictive est déterminée. Pour déterminer l'image la plus restrictive (dans laquelle le rapport AE/LEA est maximal) à une position donnée, l'exigence 3) de 4.3 f) ne s'applique pas. Sinon, une image (plus grande) floue de la source apparente, résultant de la variation de l'accommodation, peut apparaître plus restrictive, ce qui va à l'encontre des principes biophysiques généraux. Une fois identifiée l'image la plus restrictive (et α associé) pour chaque position dans le faisceau, les trois exigences 4.3 f) s'appliquent pour déterminer la position la plus restrictive (en identifiant la position avec le rapport maximal AE/LEA).

f) Application de la méthode du temps total d'impulsions

Pour les trains d'impulsions régulières, et pour la variation des durées d'impulsions et/ou de période d'impulsions (mais à l'exclusion des fortes variations de puissance de crête, voir ci-dessous), la méthode du temps total d'impulsions (TOTP - *Total-On-Time Pulse*) (voir également l'IEC 60825-1:2007, 8.3 f) 3b)) peut être utilisée en variante à l'exigence 3) de 4.3 f), c'est-à-dire en variante à l'application de C_5 à la LEA à une impulsion unique, à condition que α_{max} soit déterminé pour le TOTP (ou à l'aide de la valeur la plus défavorable de 100 mrad). Cela est plus restrictif que les règles de 4.3 f), car cela équivaut à un C_5 illimité (C_5 non limité à 0,2 ou 0,4), et car la valeur de α_{max} est en général supérieure pour le TOTP comparée à la valeur applicable à l'impulsion unique.

Pour la méthode du temps total d'impulsions (TOTP), ce qui suit s'applique (voir l'IEC 60825-1:2007):

La LEA est déterminée par la durée du TOTP, qui est égale à la somme de toutes les durées d'impulsions dans les limites de la durée d'émission ou de T_2, selon la valeur la plus petite. Les durées d'impulsions de T_i sont attribuées aux impulsions dont la durée est inférieure à T_i. Si au moins deux impulsions se produisent sur une durée de T_i, les durées d'impulsions de T_i sont attribuées à ces groupes d'impulsions. Pour la comparaison avec la LEA pour la durée correspondante, toutes les énergies d'impulsions individuelles sont ajoutées.

Noter que la méthode TOTP de l'IEC 60825-1:2007 (y compris le Corrigendum 1) a été spécifiée "Pour des largeurs d'impulsion ou des durées d'impulsion variables" et ne faisait pas référence à des puissances de crête variables. Pour le cas de puissances de crête extrêmement variables, la méthode du TOTP ne s'applique pas, l'ajout d'impulsions au train d'impulsions avec de petites puissances de crête et de faibles valeurs d'énergie par impulsion pouvant augmenter la LEA (en augmentant le temps total) plus que l'énergie totale, et rendant donc les émissions moins critiques comparées à celles reposant sur les impulsions avec la grande puissance de crête uniquement.

g) Puissance de crête variable, mais durée d'impulsions constante

Pour une puissance de crête variable, mais des durées d'impulsions constantes (chacune inférieure ou supérieure à T_i), l'exigence 3) de 4.3 f) peut être appliquée en comptant les impulsions pour déterminer N en fonction de la puissance de crête relative, c'est-à-dire que N augmente de 1,0 pour chaque impulsion avec la puissance de crête maximale, et d'une valeur inférieure à 1,0 pour des impulsions à puissance de crête inférieure. Par exemple, pour une impulsion à 70 % de puissance de crête comparée à la puissance de crête maximale dans le train d'impulsions, N augmente de 0,7. Pour ce faire, compte tenu de la forte non-linéarité des blessures thermiques liées à la température, il est justifié de ne pas compter les impulsions dont les puissances de crête sont inférieures d'un facteur de 10 à l'impulsion présentant la puissance de crête maximale (c'est-à-dire inférieures à 10 % de la puissance de crête maximale). Noter que la $LEA_{i.u.train}$ qui en résulte s'applique à l'impulsion présentant l'AE la plus importante, c'est-à-dire l'énergie par impulsion la plus importante, et que l'interprétation indiquée dans le présent alinéa s'applique uniquement aux trains d'impulsions présentant des durées d'impulsions constantes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

© IEC 2017

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

FEUILLE D'INTERPRÉTATION 2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Cette feuille d'interprétation a été établie par le comité d'études 76 de l'IEC: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser.

Le texte de cette feuille d'interprétation est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
76/588/FDIS	76/594/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette feuille d'interprétation.

Paragraphe 4.4 – Remplacement de lampe conventionnelle

Le présent paragraphe est clarifié par ce qui suit:

Le paragraphe 4.4 introduit un critère reposant sur la radiance, qui est une grandeur qui n'est en principe pas déterminée pour les appareils à laser. Cette feuille d'interprétation clarifie la détermination de la radiance et de la limite de radiance.

Interprétation

Le diamètre apparent α est déterminé sur la base de 50 % de la radiance de crête (non moyennée sur un angle d'admission supérieur à 1,5 mrad) de la source apparente, qui est un critère équivalent à celui donné dans l'IEC 62471:2006 et dans l'IEC 62471-5:2015. Pour les sources non homogènes ou multiples, le bord extérieur (défini par le niveau 50 %) du profil de source apparente est utilisé pour déterminer α pour le calcul de la limite de radiance et pour la limite correspondant à la taille minimale de la source apparente, même si des points chauds sont présents dans le profil de source apparente. La radiance et le diamètre apparent de la source apparente α sont déterminés à 200 mm du point le plus proche de l'accès de personnes.

NOTE La série IEC 62471 utilise également le bord extérieur de niveau 50 % du profil de source pour déterminer α pour la limite de radiance thermique rétinienne.

La limite de radiance (L_T) spécifiée en 4.4 n'est pas une LEA, mais simplement un critère permettant de satisfaire à ce paragraphe. Respecter la limite n'implique pas nécessairement de considérer l'appareil comme étant "sûr" ou comme appartenant à l'un des groupes de risque spécifiques de l'IEC 62471.

Même si les émissions accessibles conformes à la définition de 4.4 sont exclues de la classification de l'IEC 60825-1, les exigences de l'IEC 60825-1 sont toujours applicables (c'est-à-dire les étiquettes, les dispositifs techniques, le service, les informations utilisateur, etc.) et l'appareil est classé comme un appareil à laser conformément à l'IEC 60825-1, mais en excluant (c'est-à-dire en "ignorant") les émissions de lumière relevant de 4.4 (en règle générale, l'appareil appartient à la Classe 1). Dans le cas d'une classification en Classe 1, à l'inverse d'un appareil à laser de Classe 1 "normal" sur lequel la pose de l'étiquette de Classe 1 est facultative, l'étiquette de Classe 1 est obligatoire pour les appareils avec des émissions de lumière exclus selon 4.4, en plus de celle indiquant le groupe de risque conformément à la série IEC 62471.

Un module lumineux à laser qui, en tant que composant, est destiné à être vendu à des fabricants de luminaires n'est pas concerné par l'IEC 60825-1 conformément au domaine d'application de la présente norme. Toutefois, le produit final (c'est-à-dire le luminaire) relève du domaine d'application de l'IEC 60825-1, y compris le paragraphe 4.4. Un module lumineux peut toutefois être classé selon la série IEC 62471.

Pour être exclue, il n'est pas exigé que l'émission soit à large bande. Par exemple, l'émission peut présenter plusieurs bandes monochromatiques ou, dans certains cas, être monochromatique. De même, il n'existe aucune exigence particulière quant au degré de cohérence de l'émission.

Les conditions de détermination de la radiance qui est comparée à la limite de radiance (L_T) sont clarifiées par ce qui suit:

a) La radiance maximale non pondérée (c'est-à-dire les émissions à impulsions ou à balayage, la radiance de crête temporelle pendant l'impulsion ou le balayage sur le diaphragme stationnaire, respectivement) est moyennée sur un angle d'admission de 5 mrad et est déterminée à 200 mm du point le plus proche de l'accès de personnes.

b) Si le critère de radiance est appliqué aux faisceaux de diamètre inférieur à 7 mm à une distance de 200 mm, le diamètre du diaphragme moyen au niveau du système d'imagerie pour la détermination de la radiance est de 1 mm.

c) Il est nécessaire de prendre en compte les émissions maximales (comme indiqué en 5.2 b)) pendant le fonctionnement normal et l'entretien, ainsi que les conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles. Par exemple, la défaillance d'un élément diffusant peut se traduire par le dépassement du critère de radiance décrit en 4.4.

d) Si le rayonnement laser et le rayonnement non-laser (incohérent) coïncident dans le même emplacement rétinien (c'est-à-dire qu'ils émettent selon l'angle d'admission spécifié), ces deux rayonnements doivent être inclus. Les émissions exclues de la classification laser sont incluses pour la détermination du groupe de risque (GR) selon la norme IEC 62471 applicable.

L'élément d) clarifie également le paragraphe 4.3 b) et l'emporte sur 5.2 f) concernant le rayonnement non laser prévu. Cela signifie que si le paragraphe 4.4 n'est pas appliqué et que l'émission est classée selon la norme laser, les émissions laser et non-laser sont incluses.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 110
1 Domaine d'application et objet 112
2 Références normatives 114
3 Termes et définitions 114
4 Principes de classification 128
4.1 Généralités 128
4.2 Responsabilités de la classification 129
4.3 Règles de classification 129
4.4 Appareils à laser destinés à fonctionner comme des lampes conventionnelles 133
5 Détermination du niveau d'émission accessible et classification de l'appareil 134
5.1 Essais 134
5.2 Mesure du rayonnement laser 136
5.3 Détermination de la classe de l'appareil à laser 136
5.4 Géométrie de mesure 145
5.4.1 Généralités 145
5.4.2 Évaluation par défaut (simplifiée) 146
5.4.3 Condition d'évaluation pour les sources étendues 147
6 Spécifications techniques 151
6.1 Remarques générales et modifications 151
6.2 Capot de protection 151
6.2.1 Généralités 151
6.2.2 Entretien 151
6.2.3 Système à laser démontable 152
6.3 Panneaux d'accès et verrouillages de sécurité 152
6.4 Connecteur de verrouillage à distance 153
6.5 Réinitialisation manuelle 153
6.6 Commande à clé 153
6.7 Avertissement d'émission de rayonnement laser 153
6.8 Arrêt de faisceau ou atténuateur 154
6.9 Commandes 154
6.10 Optiques d'observation 154
6.11 Sécurité de balayage 154
6.12 Sécurité pour les appareils de classe 1C 155
6.13 Accès "à pied" 155
6.14 Conditions d'environnement 155
6.15 Protection contre les autres dangers 155
6.15.1 Dangers non liés au rayonnement optique 155
6.15.2 Rayonnement connexe 156
6.16 Circuit de régulation de puissance 156
7 Étiquetage 156
7.1 Généralités 156
7.2 Classe 1 et classe 1M 158
7.3 Classe 1C 159
7.4 Classe 2 et classe 2M 160
7.5 Classe 3R 161

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

7.6 Classe 3B ... 161
7.7 Classe 4 ... 162
7.8 Plaque indicatrice d'ouverture ... 162
7.9 Informations sur le rayonnement émis et les normes ... 163
7.10 Plaques indicatrices pour les panneaux d'accès ... 163
7.10.1 Plaques indicatrices pour les panneaux ... 163
7.10.2 Plaques indicatrices pour panneaux à verrouillage de sécurité ... 164
7.11 Avertissement pour rayonnement laser invisible ... 164
7.12 Avertissement pour rayonnement laser visible ... 165
7.13 Avertissement pour danger potentiel pour la peau ou les parties antérieures de l'œil ... 165
8 Autres exigences relatives aux renseignements à fournir ... 165
8.1 Renseignements pour l'utilisateur ... 165
8.2 Renseignements pour l'achat et l'entretien ... 167
9 Exigences additionnelles pour appareils à laser spécifiques ... 168
9.1 Autres parties de la série de normes IEC 60825 ... 168
9.2 Appareils à laser médicaux ... 168
9.3 Machines à laser ... 168
9.4 Jouets électriques ... 168
9.5 Produits électroniques de consommation ... 168
Annexe A (informative) Valeurs d'exposition maximale permise ... 169
A.1 Remarques générales ... 169
A.2 Ouvertures délimitantes ... 175
A.3 Lasers modulés ou à impulsions répétitives ... 176
A.4 Conditions de mesure ... 177
A.4.1 Généralités ... 177
A.4.2 Ouverture délimitante ... 177
A.4.3 Angle d'admission ... 177
A.5 Sources laser étendues ... 178
Annexe B (informative) Exemples de calculs ... 179
B.1 Symboles utilisés dans les exemples de cette annexe ... 179
B.2 Classification d'un appareil à laser – Introduction ... 180
B.3 Exemples ... 185
Annexe C (informative) Description des classes et des dangers potentiellement associés ... 190
C.1 Généralités ... 190
C.2 Description des classes ... 190
C.2.1 Classe 1 ... 190
C.2.2 Classe 1M ... 190
C.2.3 Classe 1C ... 191
C.2.4 Classe 2 ... 191
C.2.5 Classe 2M ... 191
C.2.6 Classe 3R ... 192
C.2.7 Classe 3B ... 193
C.2.8 Classe 4 ... 193
C.2.9 Note relative à la nomenclature ... 193
C.3 Limitations du système de classification ... 194
C.4 Références ... 195
Annexe D (informative) Considérations biophysiques ... 197

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

D.1 Anatomie de l'œil 197
D.2 Effets du rayonnement laser sur les tissus biologiques 199
D.2.1 Généralités 199
D.2.2 Dangers oculaires 201
D.2.3 Dangers pour la peau 205
D.3 EMP et moyenne de l'éclairement énergétique 205
D.4 Documents de référence 206
Annexe E (informative) EMP et LEA exprimées en radiance 208
E.1 Contexte 208
E.2 Valeurs de radiance 208
E.3 Justifications 210
Annexe F (informative) Tableaux récapitulatifs 212
Annexe G (informative) Vue d'ensemble des parties associées de l'IEC 60825 216
Bibliographie 219

Figure 1 – Installation de mesure pour limiter l'angle d'admission par formation de l'image de la source apparente sur le plan du diaphragme de champ 149
Figure 2 – Installation de mesure pour limiter l'angle d'admission en plaçant une ouverture circulaire ou un masque (servant de diaphragme de champ) près de la source apparente 150
Figure 3 – Plaque d'avertissement – Symbole de danger 157
Figure 4 – Plaque indicatrice explicative 158
Figure 5 – Variante de plaque pour la Classe 1 159
Figure 6 – Variante de plaque pour la Classe 1M 159
Figure 7 – Variante de plaque pour la Classe 1C 160
Figure 8 – Variante de plaque pour la Classe 2 160
Figure 9 – Variante de plaque pour la Classe 2M 161
Figure 10 – Variante de plaque pour la Classe 3R 161
Figure 11 – Variante de plaque pour la Classe 3B 162
Figure 12 – Variante de plaque pour la Classe 4 162
Figure 13 – Variante de plaque pour l'ouverture du laser 163
Figure B.1 – Organigramme pour la classification des appareils à laser à partir des paramètres de sortie fournis 181
Figure B.2 – Organigramme pour la classification des appareils à laser de classe 1M et de classe 2M 182
Figure B.3 – LEA pour des appareils à laser à ultraviolet de classe 1 pour des durées d'émission choisies de 10^{-9} s à 10^{3} s 183
Figure B.4 – LEA pour des appareils à laser à ultraviolet de classe 1 pour des durées d'émission de 10^{-9} s à 10^{3} s à des longueurs d'ondes choisies 184
Figure B.5 – LEA pour des appareils à laser de classe 1 dans le domaine visible et pour des longueurs d'ondes choisies du domaine infrarouge (cas C_6 = 1) 185
Figure D.1 – Anatomie de l'œil 198
Figure D.2 – Schéma des lésions produites par le laser dans les systèmes biologiques 200
Figure E.1 – Radiance en fonction de la longueur d'onde 209

Tableau 1 – Additivité des effets sur l'œil et sur la peau de rayonnements de domaines spectraux différents [c] 130

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 2 – Temps en dessous desquels les groupes d'impulsions sont additionnés 133

Tableau 3 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser des classes 1 et 1M et C_6 = 1 139

Tableau 4 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classes 1 et 1M dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien): sources étendues 140

Tableau 5 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser des classes 2 et 2M 141

Tableau 6 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3R et C_6 = 1 142

Tableau 7 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3R dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien): sources étendues 143

Tableau 8 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3B 144

Tableau 9 – Facteurs de correction et valeurs de transition utilisés dans les évaluations des LEA et des EMP 144

Tableau 10 – Diamètres d'ouverture de mesure et distances de mesure pour l'évaluation par défaut (simplifiée) 147

Tableau 11 – Points de référence pour la Condition 3 147

Tableau 12 – Angle d'admission limite γ_{ph} 150

Tableau 13 – Exigences pour les verrouillages de sécurité 152

Tableau A.1 – Exposition maximale permise (EMP) pour C_6 = 1 au niveau de la cornée exprimée en éclairement énergétique ou en exposition énergétique 170

Tableau A.2 – Exposition maximale permise (EMP) au niveau de la cornée pour les sources étendues dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien) exprimée en éclairement énergétique ou en exposition énergétique[d] 171

Tableau A.3 – Exposition maximale permise (EMP) du Tableau A.1 (C_6 = 1) pour la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm exprimée en puissance ou en énergie 172

Tableau A.4 – Exposition maximale permise (EMP) du Tableau A.2 (sources étendues) pour la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1400 nm exprimée en puissance ou en énergie [a, b, c, d, e, f, g] 173

Tableau A.5 – Exposition maximale permise (EMP) de la peau au rayonnement laser[a, b] ... 175

Tableau A.6 – Diamètres des ouvertures pour la mesure des éclairements et expositions énergétiques du laser 176

Tableau D.1 – Résumé des effets pathologiques associés à une exposition excessive à la lumière 202

Tableau D.2 – Explication des ouvertures de mesure appliquées aux EMP pour l'œil 206

Tableau E.1 – Radiance maximale d'une source diffuse pour la classe 1 209

Tableau F.1 – Liste des grandeurs physiques utilisées dans la présente Partie 1 212

Tableau F.2 – Résumé des exigences du fabricant *(1 de 3)* 213

Tableau G.1 – Vue d'ensemble des données complémentaires dans les différentes parties associées de l'IEC 60825 *(1 de 2)* 217

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes Internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.

2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.

3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.

4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.

5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.

6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.

7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.

8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.

9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

La Norme internationale IEC 60825-1 a été établie par le comité d'études 76 de l'IEC: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser.

Cette troisième édition de l'IEC 60825-1 annule et remplace la deuxième édition publiée en 2007. Elle constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- une nouvelle classe, Classe 1C, a été introduite;
- la condition de mesure 2 (condition «loupe») a été supprimée;
- la classification de l'émission des appareils à laser en deçà d'un certain niveau de radiance qui sont prévus pour être utilisés en remplacement des sources de lumière conventionnelles peut éventuellement se faire sur la base de la série IEC 62471;

- Les limites d'émission accessible (LEA) des classes 1, 1M, 2, 2M et 3R concernant les lasers à impulsions, essentiellement les sources étendues, ont été actualisées pour prendre en compte la dernière révision des recommandations de l'ICNIRP (document accepté pour publication Health Physics 105 (3): 271 – 295; 2013, voir également www.icnirp.org).

La présente partie de l'IEC 60825 a le statut d'une Publication Groupée de Sécurité, conformément au Guide 104 de l'IEC[1)], en ce qui concerne la relation entre le rayonnement laser et la sécurité des personnes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
76/502/FDIS	76/506/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60825, publiées sous le titre général *Sécurité des appareils à laser,* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

La présente partie de l'IEC 60825 est également appelée "Partie 1" dans la présente publication.

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

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

Le contenu des feuilles d'interprétation 1 (décembre 2017) et 2 (décembre 2017) a été pris en considération dans cet exemplaire.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

1) IEC Guide 104:2010, *Élaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*
Il constitue un guide pour les comités d'études de l'IEC et les rédacteurs de spécifications, concernant la manière dont il convient de rédiger les publications de sécurité.
Ce guide ne constitue pas une référence normative et la référence qui y est faite est donnée uniquement à titre d'information.

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

1 Domaine d'application et objet

L'IEC 60825-1 s'applique à la sécurité des appareils à laser émettant un rayonnement laser dans la gamme des longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm.

Bien que certains lasers émettent à des longueurs d'ondes inférieures à 180 nm (dans l'ultraviolet extrême), ils ne sont pas inclus dans le domaine d'application de la présente norme, puisque le faisceau laser est normalement à enfermer dans une enceinte sous vide, et les éventuels dangers des rayonnements optiques sont donc intrinsèquement minimaux.

Un appareil à laser peut se composer d'un seul laser avec ou sans dispositif d'alimentation séparé, ou bien il peut comporter un ou plusieurs lasers dans un système complexe optique, électrique ou mécanique. Les appareils à laser sont généralement utilisés pour la démonstration des phénomènes physiques et optiques, le travail des matériaux, la lecture et le stockage des données, la transmission et la visualisation de l'information, etc. De tels systèmes sont utilisés dans l'industrie, le commerce, le spectacle, la recherche, l'enseignement, la médecine et les produits de consommation.

Les appareils à laser qui sont vendus à d'autres fabricants pour être utilisés en tant que composants d'un matériel quelconque destiné à une vente ultérieure ne sont pas soumis à l'IEC 60825-1, étant donné que l'appareil final est lui-même soumis à la présente norme. Les appareils à laser qui sont vendus par des fabricants ou à d'autres fabricants de produits finis, pour être utilisés en tant que pièces de rechange pour les produits finis ne sont pas couverts par l'IEC 60825-1. Cependant, si le système à laser dans l'appareil à laser est utilisable lorsqu'il est ôté de cet appareil, les exigences de la présente Partie 1 s'appliquent à ce système à laser amovible.

NOTE 1 La mise en fonctionnement d'un matériel ne nécessite pas d'outil.

Tout appareil à laser est exempté de toutes les exigences supplémentaires de la présente Partie 1, si la classification par le fabricant de cet appareil conformément aux Articles 4 et 5 montre que le niveau d'émission ne dépasse pas les LEA (limite d'émission accessible) de la classe 1 dans toutes les conditions de fonctionnement, de maintenance, d'entretien et de défaillance. Ce type d'appareil à laser peut être appelé appareil à laser exempté.

NOTE 2 L'exemption ci-dessus consiste à s'assurer que les appareils à laser à sécurité intrinsèque sont exemptés des exigences des Articles 6, 7, 8 et 9.

Outre les éventuels effets nocifs dus à l'exposition au rayonnement laser, certains appareils à laser peuvent également présenter d'autres dangers associés, comme les chocs électriques, les émissions chimiques et les températures faibles ou élevées. Le rayonnement laser peut provoquer des gênes visuelles temporaires, comme des éblouissements. Ces effets varient suivant la tâche et le niveau d'éclairage ambiant et ne sont pas couverts par le domaine d'application de la présente Partie 1. La classification et les autres exigences de la présente norme sont destinées à traiter uniquement les dangers du rayonnement laser pour les yeux et la peau. Les autres dangers ne sont pas compris dans son domaine d'application.

La présente Partie 1 décrit les exigences minimales. La conformité à la présente Partie 1 peut ne pas être suffisante pour obtenir le niveau requis de sécurité de l'appareil. Il peut aussi être requis que les appareils à laser soient conformes aux exigences de performance et d'essais applicables d'autres normes de sécurité de produits applicables.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 3 D'autres normes peuvent contenir des exigences supplémentaires. Par exemple, un appareil à laser de classe 3B ou de classe 4 peut ne pas convenir à une utilisation comme produit de consommation.

Lorsqu'un système à laser fait partie d'un matériel couvert par une autre norme de sécurité de produit IEC, par exemple les appareils médicaux (IEC 60601-2-22), les matériels de traitement de l'information (série IEC 60950), les appareils audio et vidéo (IEC 60065), les équipements audio-vidéo et de traitement de l'information (IEC 62368-1), les appareils destinés à une utilisation dans des atmosphères dangereuses (IEC 60079) ou les jouets électriques (IEC 62115), la présente Partie 1 s'applique conformément aux dispositions du Guide 104 de l'IEC[2)] en ce qui concerne les dangers dus au rayonnement laser. Si aucune norme de sécurité de produit n'est applicable, l'IEC 61010-1 peut s'appliquer.

Dans le cas des instruments ophtalmiques, pour garantir la sécurité du patient, il convient de consulter l'ISO 15004-2 et d'appliquer au rayonnement laser les principes des limites indiqués (voir également les Annexes C et D).

Dans les éditions précédentes, les diodes électroluminescentes (DEL) étaient comprises dans le domaine d'application de l'IEC 60825-1, et elles peuvent être encore incluses dans les autres parties de la série IEC 60825. Cependant, avec le développement des normes de sécurité pour les lampes, la sécurité des rayonnements optiques des DEL en général peut être traitée de façon plus appropriée par les normes de sécurité pour les lampes. Le retrait des DEL du domaine d'application de la présente Partie 1 n'empêche pas que d'autres normes traitent des DEL quand elles se rapportent aux lasers. L'IEC 62471 peut être appliquée pour déterminer le groupe de risque d'une DEL ou d'un appareil comportant une ou plusieurs DEL. D'autres normes (verticales) peuvent exiger l'application aux appareils à DEL des spécifications de mesure, de classification et techniques et des exigences d'étiquetage de la présente norme (IEC 60825-1).

Les appareils à laser à radiance en-dessous des critères spécifiés en 4.4, conçus pour fonctionner comme des sources de lumière conventionnelles, et qui satisfont aux exigences spécifiées en 4.4, peuvent aussi être évalués conformément à la série de normes IEC 62471, "Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes". Ces appareils restent dans le domaine d'application de la présente partie de l'IEC 60825, mais il n'est pas nécessaire, pour la classification, de prendre en compte l'émission de rayonnement optique décrite ci-dessus.

Les valeurs des EMP (expositions maximales permises) indiquées dans l'Annexe A ont été établies pour le rayonnement laser et ne s'appliquent pas au rayonnement connexe. Cependant, s'il demeure une inquiétude concernant le danger d'un rayonnement connexe, les valeurs des EMP pour les lasers peuvent être appliquées pour minimiser ce danger potentiel ou bien il convient de consulter les valeurs des limites d'exposition dans l'IEC 62471.

Les valeurs des EMP de l'Annexe A ne sont pas applicables à l'exposition intentionnelle d'une personne au rayonnement laser dans le but d'un traitement médical ou cosmétique/esthétique.

NOTE 4 Les Annexes informatives A à G ont été incluses afin de fournir des lignes directrices générales illustrées de plusieurs cas pratiques. Cependant, les annexes ne sont pas considérées comme définitives ou exhaustives.

La présente partie de l'IEC 60825 répond aux objectifs définis ci-dessous:

- introduire un système de classification des lasers et des appareils à laser émettant un rayonnement dans la gamme des longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm, selon leur degré de danger de rayonnement optique, afin de faciliter l'évaluation des dangers et la détermination des mesures de contrôle des utilisateurs;
- établir des exigences pour que le fabricant fournisse des informations, de telle sorte que des précautions adéquates puissent être adoptées;

2) IEC Guide 104:2010, *Élaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

- assurer aux personnes, par des étiquetages et des instructions, une mise en garde appropriée contre les dangers associés au rayonnement accessible des appareils à laser;
- diminuer la possibilité d'accident en réduisant au minimum le rayonnement accessible non utile, et procurer un meilleur contrôle des dangers liés au rayonnement laser par des procédures de protection.

2 Références normatives

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à l'adresse http://www.electropedia.org)

IEC 62471 (toutes les parties), *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions de l'IEC 60050-845, ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE L'ordre des définitions reprend ici l'ordre alphabétique des termes anglais. Des divergences par rapport à l'IEC 60050-845 sont voulues et signalées. Dans ce cas, il est fait référence à la définition de la Partie 845 de l'IEC 60050, avec la mention "modifiée" entre crochets, après la définition.

3.1
panneau d'accès
partie du capot de protection qui permet l'accès au rayonnement laser lorsqu'elle est retirée ou déplacée

3.2
émission accessible
niveau de rayonnement déterminé en un point et avec des diaphragmes (lorsque la LEA est donnée en Watts ou en Joules) ou des ouvertures délimitantes (lorsque la LEA est donnée en $W \cdot m^{-2}$ ou $J \cdot m^{-2}$), tel que décrit à l'Article 5

Note 1 à l'article: L'émission accessible est déterminée lorsque l'accès de personnes est pris en compte, tel que spécifié à la Définition 3.40. L'émission accessible (déterminée en fonctionnement) est comparée à la limite d'émission accessible (Article 3.3), afin de déterminer la classe de l'appareil à laser. Dans le corps de la norme, chaque fois que le terme "niveau d'émission" est utilisé, il faut le comprendre comme émission accessible.

Note 2 à l'article: Lorsque le diamètre du faisceau est supérieur au diaphragme, l'émission accessible, lorsqu'elle est donnée en Watts ou en Joules, est inférieure à la puissance ou à l'énergie totale émise par l'appareil à laser. Lorsque le diamètre du faisceau est inférieur au diamètre de l'ouverture délimitante, l'émission accessible, lorsqu'elle est donnée en $W \cdot m^{-2}$ ou $J \cdot m^{-2}$, c'est-à-dire comme éclairement énergétique ou exposition énergétique moyenné(e) sur l'ouverture délimitante, est inférieure à l'éclairement énergétique ou à l'exposition énergétique réel(le) du faisceau. Voir aussi diaphragme (3.9) et ouverture délimitante (3.55).

3.3
limite d'émission accessible
LEA
émission maximale accessible permise dans une classe particulière

Note 1 à l'article: Chaque fois que le texte se rapporte au "niveau d'émission ne dépassant pas la LEA" ou un libellé similaire, il est implicite que l'émission accessible est déterminée conformément aux critères de mesure spécifiés à l'Article 5.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.4
moyens de contrôle administratif
mesures de sécurité d'un type non technique telles que supervision par clé, entraînement du personnel dans le domaine de la sécurité, notes de mise en garde, procédures de compte à rebours et contrôles par zone de sécurité

Note 1 à l'article: Ces moyens de contrôle peuvent être spécifiés par le fabricant (voir l'Article 8).

3.5
angle d'admission
γ
angle plan dans lequel un détecteur répond à un rayonnement optique, habituellement mesuré en radians

Note 1 à l'article: Cet angle d'admission peut être contrôlé par des ouvertures ou des éléments optiques devant le détecteur (voir les Figures 1 et 2). L'angle d'admission est parfois désigné également sous le nom de champ visuel.

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

Note 3 à l'article: Il convient de ne pas confondre l'angle d'admission et le diamètre apparent de la source ou la divergence du faisceau.

3.6
diamètre apparent
angle plan qui est sous-tendu par un arc de cercle, étant le rapport de la longueur de l'arc à son rayon

Note 1 à l'article: Unité SI: radian.

Note 2 à l'article: Pour les angles faibles, le diamètre apparent d'une ligne à une distance donnée se calcule en divisant la longueur de ligne par la distance. Pour les angles plus grands, la différence entre longueur d'arc et corde doit être prise en compte.

3.7
diamètre apparent de la source apparente
α
angle sous-tendu par une source apparente, comme si elle était vue en un point de l'espace, comme représenté à la Figure 1

Note 1 à l'article: Dans le cas d'une distribution de profil d'éclairement énergétique gaussien de l'image de la source apparente, comme par exemple pour une réflexion diffuse d'un faisceau TEM_{00}, α est déterminé avec la définition de diamètre de faisceau d_{63} (voir 3.13). Pour les profils d'éclairement énergétique non uniformes ou les sources multiples non uniformes, α est déterminé selon 4.3 d).

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

Note 3 à l'article: L'emplacement et le diamètre apparent de la source apparente dépendent de la position de visualisation dans le faisceau (voir 3.10).

Note 4 à l'article: Le diamètre apparent d'une source apparente n'est applicable, dans la présente Partie 1, que dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm, le domaine spectral de danger rétinien.

Note 5 à l'article: Il convient de ne pas confondre le diamètre apparent de la source avec la divergence du faisceau. Le diamètre apparent de la source laser ne peut pas être supérieur à la divergence du faisceau, mais il est généralement inférieur à la divergence du faisceau.

3.8
ouverture
tout orifice dans le capot de protection d'un appareil à laser, à travers lequel est émis un rayonnement laser permettant ainsi l'accès de personnes à un tel rayonnement

Note 1 à l'article: Voir aussi ouverture délimitante (3.55).

3.9
diaphragme
ouverture servant à définir la surface sur laquelle le rayonnement est mesuré

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 à l'article: Voir aussi ouverture délimitante (3.55).

3.10
source apparente
pour un emplacement d'évaluation donné du danger pour la rétine, objet réel ou virtuel qui forme la plus petite image rétinienne possible (en tenant compte de la plage d'accommodation de l'œil humain)

Note 1 à l'article: On suppose que la plage d'accommodation de l'œil varie de 100 mm à l'infini. L'emplacement de la source apparente pour une position de visualisation donnée dans le faisceau est l'emplacement auquel l'œil s'accommode pour produire la condition d'éclairement énergétique rétinien la plus dangereuse.

Note 2 à l'article: Cette définition est utilisée pour déterminer, pour une position d'évaluation donnée, l'emplacement de l'origine apparente du rayonnement laser dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm. Dans la limite de la divergence de fuite, c'est-à-dire dans le cas d'un faisceau bien collimaté, l'emplacement de la source apparente tend vers l'infini.

Note 3 à l'article: Pour les images circulaires des sources étendues sur la rétine avec des profils gaussiens, la définition de d_{63} peut être utilisée pour déterminer le diamètre apparent de la source apparente α.

3.11
faisceau
rayonnement laser pouvant être caractérisé par des spécifications de direction, de divergence, de diamètre ou de balayage

Note 1 à l'article: Le rayonnement diffus d'une réflexion non spéculaire n'est pas considéré comme un faisceau.

3.12
atténuateur de faisceau
dispositif qui réduit le rayonnement laser à une valeur inférieure ou égale à un niveau déterminé ou d'une fraction spécifique

3.13
diamètre d'un faisceau
largeur du faisceau
d_u
diamètre du plus petit cercle qui contient u % de la puissance totale du laser (ou de l'énergie)

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente norme, d_{63} est utilisé.

Note 2 à l'article: Le col du faisceau est la position dans le faisceau à laquelle le diamètre du faisceau est à son minimum.

Note 3 à l'article: Unité SI: mètre.

Note 4 à l'article: Il convient de ne pas utiliser cette définition du diamètre du faisceau de façon générale pour déterminer le diamètre apparent de la source apparente α puisque les définitions sont différentes. Cependant, dans le cas d'un profil d'éclairement énergétique gaussien de l'image de la source apparente, d_{63} peut être appliqué pour déterminer le diamètre apparent de la source apparente α. Pour les profils d'éclairement énergétique non gaussiens de l'image du diamètre apparent de la source apparente, la méthode décrite en 4.3 d) est à utiliser.

Note 5 à l'article: Dans le cas d'un faisceau gaussien, d_{63} correspond aux points où l'éclairement énergétique (ou l'exposition énergétique) tombe à 1/e de sa valeur centrale maximale.

Note 6 à l'article: La définition du diamètre du moment de second ordre (définie dans l'ISO 11146-1) n'est pas appropriée pour les profils de faisceaux avec des crêtes d'éclairement énergétique élevé centrales et un fond de faible niveau, tels que ceux qui sont produits par des résonateurs instables dans le champ lointain: la puissance qui traverse une ouverture peut être sous-estimée de façon significative en utilisant le moment de second ordre et en calculant la puissance avec l'hypothèse d'un profil de faisceau gaussien.

3.14
divergence du faisceau
angle en champ lointain du cône défini par les diamètres du faisceau

Note 1 à l'article: Si les diamètres du faisceau (voir 3.13) en deux points séparés d'une distance r sont d_{63} et d'_{63} la divergence de faisceau est donnée par:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

$$\varphi_{63} = 2 \arctan\left(\frac{d'_{63} - d_{63}}{2\,r}\right)$$

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

Note 3 à l'article: La définition de la divergence du moment de second ordre (ISO 11146-1) n'est pas appropriée pour une utilisation pour les profils de faisceaux avec des crêtes d'éclairement énergétique élevé centrales et un fond de faible niveau, tels que ceux qui sont produits par des résonateurs instables dans le champ lointain, ou des profils de faisceaux qui présentent des spectres de diffraction provoqués par les ouvertures.

3.15
système optique afocal
combinaison d'éléments optiques destinés à augmenter le diamètre d'un faisceau laser

3.16
composant du trajet du faisceau
composant optique qui contribue à définir le trajet du faisceau

EXEMPLE Un miroir d'orientation du faisceau, une lentille de focalisation ou un diffuseur.

3.17
arrêt de faisceau
dispositif qui interrompt le trajet d'un faisceau laser

3.18
appareil à laser de classe 1
tout appareil à laser qui, au cours de son fonctionnement, ne permet pas l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de Classe 1 pour les longueurs d'ondes et les durées d'émission applicables (voir 5.3 et 4.3 e))

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

Note 2 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'un rayonnement laser au-dessus de la LEA de la classe de l'appareil devienne accessible au cours de la maintenance (voir 6.2.1) ou de l'entretien lorsque les sécurités des panneaux d'accès sont déverrouillées ou lorsque le produit est ouvert, ou désassemblé.

3.19
appareil à laser de classe 1C
tout appareil à laser destiné explicitement au contact avec la peau ou avec le tissu non oculaire et qui présente les caractéristiques suivantes:

– au cours de son fonctionnement, le danger oculaire est éliminé par des moyens techniques, c'est-à-dire que l'émission accessible est arrêtée ou réduite en dessous de la LEA de classe 1 lorsque le laser/applicateur n'est plus en contact avec la peau ou le tissu non oculaire,
– au cours de son fonctionnement et lorsque l'appareil est en contact avec la peau ou le tissu non oculaire, les niveaux d'éclairement énergétique ou d'exposition énergétique peuvent dépasser l'EMP de la peau, si nécessaire dans le cadre de la procédure de traitement prévue, et
– l'appareil à laser est conforme aux normes verticales applicables

Note 1 à l'article: Il n'est pas suffisant de classer un appareil dans la classe 1C en ne prenant en compte que l'IEC 60825-1 et pas les exigences spécifiées dans les normes de sécurité de produit verticales applicables. Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

Note 2 à l'article: Dans la mesure où le rayonnement émis peut dépasser l'EMP de la peau applicable, la sortie d'un laser de classe 1C peut être potentiellement dangereuse pour le tissu cible. La définition des limitations appropriées de l'émission accessible dans les conditions de contact, par exemple un contact possible avec les paupières, n'est pas couverte par le domaine d'application de la présente norme et est spécifiée dans les normes verticales applicables.

Note 3 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'en fonction de

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

l'appareil, un rayonnement au-dessus de la LEA de la classe 1 devienne accessible au cours de la maintenance (voir 6.2.1) ou de l'entretien lorsque les verrouillages des panneaux d'accès sont neutralisés ou que l'appareil est ouvert ou démonté.

3.20
appareil à laser de classe 1M
tout appareil à laser dans la gamme des longueurs d'ondes de 302,5 nm à 4 000 nm qui, au cours de son fonctionnement, ne permet pas l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de la Classe 1, pour des longueurs d'ondes et des durées d'émission applicables (voir 4.3 e)), où le niveau du rayonnement est mesuré selon 5.3 a)

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

Note 2 à l'article: La sortie d'un appareil à laser de classe 1M est potentiellement dangereuse lorsqu'elle est observée à l'aide d'un dispositif optique télescopique comme un télescope ou des jumelles (voir 5.3a)).

Note 3 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'en fonction de l'appareil, un rayonnement au-dessus de la LEA de la classe de l'appareil à laser devienne accessible au cours de la maintenance (voir 6.2.1) ou de l'entretien lorsque les verrouillages des panneaux d'accès sont neutralisés ou que l'appareil est ouvert ou démonté.

3.21
appareil à laser de classe 2
tout appareil à laser dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 700 nm qui, au cours de son fonctionnement, ne permet pas l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de la Classe 2, pour des longueurs d'ondes et des durées d'émission applicables (voir 5.3 c))

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

Note 2 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'en fonction de l'appareil, un rayonnement au-dessus de la LEA de la classe du produit devienne accessible au cours de la maintenance (voir 6.2.1) ou de l'entretien lorsque les verrouillages des panneaux d'accès sont neutralisés ou que l'appareil est ouvert ou démonté.

3.22
appareil à laser de classe 2M
tout appareil à laser dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 700 nm qui, au cours de son fonctionnement, ne permet pas l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de la Classe 2, pour des longueurs d'ondes et des durées d'émission applicables (voir 4.3 e)), où le niveau du rayonnement est mesuré selon 5.3 c)

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

Note 2 à l'article: La sortie d'un appareil à laser de classe 2M est potentiellement dangereuse lorsqu'elle est observée à l'aide d'un dispositif optique télescopique comme un télescope ou des jumelles (voir 5.3c)).

Note 3 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'en fonction de l'appareil, un rayonnement au-dessus de la LEA de la classe de l'appareil devienne accessible au cours de la maintenance (voir 6.2.1) ou de l'entretien lorsque les verrouillages des panneaux d'accès sont neutralisés ou que l'appareil est ouvert ou démonté.

3.23
appareils à laser des classes 3R et 3B
tout appareil à laser qui, au cours de son fonctionnement, permet l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de la classe 1 et de la classe 2, mais qui, cependant, ne permet pas l'accès de personnes au rayonnement laser excédant la LEA des classes 3R et 3B (respectivement) pour toute durée d'émission et longueur d'onde (voir 5.3 d) et 5.3 e))

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 2 à l'article: Les appareils à laser des classes 1M et 2M peuvent avoir des sorties au-dessus ou en dessous de la LEA de classe 3R, en fonction de leurs caractéristiques optiques.

Note 3 à l'article: Dans la mesure où les essais pour la détermination de la classification de l'appareil sont limités aux essais au cours du fonctionnement, il peut arriver pour les appareils avec laser incorporé qu'en fonction de l'appareil, un rayonnement au-dessus de la LEA de la classe de l'appareil devienne accessible au cours de la maintenance lorsque les verrouillages des panneaux d'accès sont neutralisés ou que l'appareil est ouvert ou démonté.

3.24
appareil à laser de classe 4
tout appareil à laser permettant l'accès de personnes à un rayonnement laser (émission accessible, voir 3.2) excédant la LEA de la classe 3B (voir 5.3 f))

Note 1 à l'article: Voir aussi les limites du système de classification à l'Annexe C.

3.25
rayonnement connexe
tout rayonnement électromagnétique dans la gamme de longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm, excepté le rayonnement laser émis par un appareil à laser comme résultat du fonctionnement d'un laser, ou physiquement nécessaire à ce fonctionnement

3.26
faisceau collimaté
faisceau de rayonnement à très faible divergence ou convergence angulaire

3.27
mode contact
utilisation d'un appareil à laser dont le système de transmission du faisceau est en contact étroit avec la cible prévue

Note 1 à l'article: Il n'est pas nécessaire que le système de transmission du faisceau soit en contact "physique". Il peut par exemple être proche de la cible prévue à condition que les mesures de contrôle techniques adéquates soient en place.

Note 2 à l'article: Cette définition est pertinente pour les appareils classés dans la classe 1C.

3.28
émission entretenue
CW
laser émettant de façon continue pendant une durée supérieure ou égale à 0,25 s

Note 1 à l'article: L'abréviation «CW» est dérivée du terme anglais développé correspondant «continuous wave».

3.29
trajet défini du faisceau
trajet prévu du faisceau laser dans l'appareil à laser

3.30
appareil à laser de démonstration
tout appareil à laser conçu, fabriqué, prévu ou diffusé pour les besoins de démonstration, spectacle, publicité, visualisation ou composition artistique

Note 1 à l'article: L'expression "appareil à laser de démonstration" ne s'applique pas aux appareils à laser qui ont été conçus pour et destinés à d'autres applications, bien qu'ils puissent être utilisés pour la démonstration de ces applications.

3.31
réflexion diffuse
changement de la répartition spatiale d'un faisceau de rayonnement lorsqu'il est diffusé dans plusieurs directions par une surface ou un milieu

Note 1 à l'article: Un diffuseur parfait détruit toute corrélation entre les directions des rayonnements incidents et émergents.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-47, modifiée – La définition a été entièrement reformulée.]

3.32
appareil avec laser incorporé
dans la présente Partie 1, appareil à laser d'une classe inférieure à celle dont le laser intégré serait justiciable, du fait de dispositifs techniques limitant les émissions accessibles

Note 1 à l'article: L'appareil à laser intégré dans l'appareil avec laser incorporé est appelé appareil à laser enfermé ou système à laser enfermé.

3.33
durée d'émission
durée d'une impulsion, d'un train d'impulsions ou d'une série d'impulsions ou d'un fonctionnement continu, pendant laquelle l'accès de personnes à un rayonnement laser pourrait survenir en cours d'utilisation, de maintenance ou d'entretien d'un appareil à laser

Note 1 à l'article: Pour une impulsion unique, il s'agit de la durée entre le point de puissance de mi-crête du front montant et le point correspondant du front descendant. Pour ce qui concerne un train d'impulsions (ou des sous-sections d'un train d'impulsions), c'est la durée entre le premier point de puissance de mi-crête de l'impulsion montante et le dernier point de puissance de mi-crête de l'impulsion descendante.

3.34
rayonnement laser erratique
rayonnement laser qui dévie d'un trajet défini ou prévu du faisceau

Note 1 à l'article: Un tel rayonnement inclut les réflexions imprévues par des composants du trajet du faisceau et les rayonnements déviés par des composants désalignés ou endommagés.

3.35
durée d'exposition
durée d'une impulsion, d'une série ou d'un train d'impulsions ou d'une émission entretenue du rayonnement laser reçu par le corps humain

Note 1 à l'article: Pour une impulsion unique, il s'agit de la durée entre le point de puissance de mi-crête du front montant et le point correspondant du front descendant. Pour ce qui concerne un train d'impulsions (ou des sous-sections d'un train d'impulsions), c'est la durée entre le premier point de puissance de mi-crête de l'impulsion montante et le dernier point de puissance de mi-crête de l'impulsion descendante.

3.36
vision d'une source étendue
condition de vision par laquelle la source apparente à une distance de 100 mm ou plus est vue par l'observateur sous un angle supérieur au diamètre apparent minimal (α_{min})

Note 1 à l'article: Deux conditions de source étendue sont considérées dans cette norme quant aux dangers de lésions thermiques de la rétine: source moyenne et grande source. Elles sont utilisées pour distinguer les sources avec des diamètres apparents de la source apparente, α, entre α_{min} et α_{max} (sources moyennes), et supérieurs à α_{max} (grandes sources). Voir également 3.82.

Note 2 à l'article: Les exemples où le facteur C_6 (4.3 c) et le Tableau 9) peut être supérieur à 1 incluent une vision de certaines sources laser diffuses, de réflexions diffuses, de certains lasers linéaires et de certains réseaux de diodes laser.

3.37
inoffensif pour l'œil
émission accessible en deçà de la LEA pour la classe 1 ou une exposition en deçà de la EMP pour l'œil pour une durée d'exposition donnée

Note 1 à l'article: Ce terme est utilisé à tort dans certains supports publicitaires pour les émissions laser de longueur d'onde supérieure à 1 400 nm basées sur une limite d'exposition plus élevée dans ce domaine spectral que dans le domaine spectral du danger rétinien. Le terme "laser inoffensif pour l'œil" ne peut être utilisé que pour décrire les appareils à laser de classe 1. Même si les appareils de la classe 1 peuvent être considérés comme inoffensifs pour l'œil, s'il s'agit d'une émission visible, les troubles visuels à court-terme comme l'éblouissement, "l'aveuglement par l'éclair" et les images consécutives peuvent tout de même résulter de la vision d'un faisceau direct.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 2 à l'article: Le terme "laser inoffensif pour l'œil" ne peut pas être utilisé pour décrire un laser basé uniquement sur une longueur d'onde de sortie supérieure à 1 400 nm, dans la mesure où les lasers, avec une puissance de sortie suffisante, quelle que soit leur longueur d'onde, peuvent provoquer des lésions.

3.38
système à sécurité positive
système conçu de façon que le défaut d'un composant n'accroisse pas le danger

Note 1 à l'article: En cas de défaut, le système est rendu inopérant ou bien le danger n'augmente pas.

3.39
verrouillage à sécurité positive
verrouillage qui, en cas de défaut, ne rend pas inopérante l'action prévue

Note 1 à l'article: Par exemple un verrouillage qui est mis dans la position arrêt aussitôt qu'un capot monté sur charnière commence à s'ouvrir, ou avant qu'un capot amovible ne soit enlevé, et qui est positivement maintenu dans la position arrêt jusqu'à ce que le capot monté sur charnière ou que le capot amovible soit verrouillé en position fermée.

Note 2 à l'article: Pour les besoins de la présente Partie 1, un verrouillage de sécurité en position arrêt arrête le faisceau ou réduit la sortie au niveau requis. Si des composants électriques, électroniques et programmables sont utilisés, l'IEC 61508 ou l'ISO 13849 peuvent être utilisées pour évaluer la fiabilité du verrouillage.

3.40
accès de personnes

a) capacité du corps humain à intercepter le rayonnement laser émis par l'appareil à laser, c'est-à-dire le rayonnement qui peut être intercepté à l'extérieur du capot de protection, ou
b) capacité d'une sonde cylindrique de 100 mm de diamètre et d'une longueur de 100 mm à intercepter des niveaux de rayonnement de classe 3B et en dessous, ou
c) capacité d'une main ou d'un bras à intercepter des niveaux de rayonnement au-dessus de la LEA de classe 3B,
d) de même, pour les niveaux de rayonnement à l'intérieur d'un capot de protection qui sont équivalents à la classe 3B ou à la classe 4, capacité pour une partie du corps humain à intercepter un rayonnement laser dangereux pouvant être directement réfléchi par toute surface plate introduite depuis l'intérieur de l'appareil dans tout orifice du capot de protection de l'appareil

Note 1 à l'article: Pour les appareils à laser qui prévoient un accès à pied, il est nécessaire de prendre en compte le rayonnement à l'intérieur et à l'extérieur du capot de protection pour la détermination de l'accès de personnes. L'accès de personnes à l'intérieur du capot de protection peut être empêché par des moyens de contrôle techniques tels que des systèmes de détection automatiques.

3.41
radiance intégrée
dose de radiance
L_t
intégrale de la radiance pendant une durée d'exposition déterminée, exprimée en énergie rayonnante par unité de surface d'une surface émissive et par unité d'angle solide de l'émission

Note 1 à l'article: Dans les lignes directrices de l'ICNIRP, cette grandeur est aussi appelée dose de radiance énergétique et son symbole est *D*.

Note 2 à l'article: Unité SI: joule par mètre carré par stéradian ($J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$).

3.42
vision dans le faisceau
toutes les conditions d'observation dans lesquelles l'œil est exposé au faisceau laser, soit directement, soit par réflexion spéculaire, par opposition à l'observation, par exemple, de réflexions diffuses

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.43
éclairement énergétique
E
quotient du flux énergétique dΦ reçu par un élément de la surface contenant le point, par la surface dA de cet élément

$$E = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}A}$$

Note 1 à l'article: Unité SI: watt par mètre carré ($W \cdot m^{-2}$).

3.44
laser
tout dispositif que l'on peut réaliser pour produire ou amplifier un rayonnement électromagnétique compris dans la gamme de longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm, essentiellement par le phénomène d'émission stimulée contrôlée

[SOURCE:IEC 60050-845:1987, 845-04-39, modifiée – la définition a été entièrement reformulée.]

3.45
zone laser contrôlée
zone où la présence et l'activité des personnes qui s'y trouvent sont soumises à un contrôle et à une surveillance en vue de la protection contre les dangers du rayonnement laser

3.46
alimentation laser
tout dispositif conçu pour être utilisé en liaison avec un laser afin de fournir de l'énergie pour l'excitation d'électrons, d'ions ou de molécules

Note 1 à l'article: Des sources d'énergie d'utilisation générale telles qu'un réseau d'alimentation électrique ou des batteries ne sont pas considérées comme constituant des alimentations laser.

3.47
zone de danger laser
zone dans laquelle l'exposition de l'œil ou de la peau excède les niveaux d'exposition maximale permise (EMP); voir zone nominale de danger oculaire (3.64)

Note 1 à l'article: Afin d'éviter les confusions, il convient d'indiquer l'EMP appropriée – œil ou peau.

3.48
appareil à laser
tout appareil ou toute combinaison de composants qui constitue, incorpore ou est destiné(e) à incorporer un laser ou un système à laser

3.49
rayonnement laser
tout rayonnement électromagnétique émis par un appareil à laser compris dans la gamme de longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm, produit par émission stimulée contrôlée

3.50
responsable de sécurité laser
personne possédant les connaissances nécessaires pour évaluer et contrôler les dangers présentés par les lasers et qui est responsable de la supervision du contrôle de ces dangers

3.51
système à laser
laser associé à une alimentation laser appropriée avec ou sans composants supplémentaires incorporés

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.52
diode électroluminescente
DEL
tout dispositif semi-conducteur à jonction p-n qui peut produire un rayonnement électromagnétique par recombinaison directe dans le semi-conducteur, dans la gamme de longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm

Note 1 à l'article: Le rayonnement optique est produit principalement par le processus d'émission spontanée, bien qu'il puisse y avoir une certaine émission stimulée.

3.53
angle d'admission limite pour évaluer les dangers photochimiques pour la rétine
γ_{ph}
angle plan par lequel le rayonnement laser est détecté et à utiliser pour déterminer l'émission accessible, ou le niveau d'exposition comparé à la limite du danger photochimique pour la rétine

Note 1 à l'article: L'angle γ_{ph} est lié aux mouvements de l'œil et ne dépend pas du diamètre apparent de la source. Si le diamètre apparent de la source est supérieur à l'angle d'admission limite spécifié γ_{ph}, l'angle d'admission γ est limité à γ_{ph} et la source est balayée pour déterminer les "points chauds". Si l'angle d'admission γ n'est pas limité au niveau spécifié, le danger peut être surestimé.

Note 2 à l'article: Si le diamètre apparent de la source apparente est inférieur à l'angle d'admission limite spécifié, l'angle d'admission réel de l'instrument de mesure n'affecte pas la mesure et il n'est pas nécessaire qu'il soit limité, c'est-à-dire qu'un montage de radiomètre à angle d'admission "ouvert" régulier peut être utilisé.

Note 3 à l'article: Unité SI: radian.

3.54
angle d'admission limite pour évaluer les dangers thermiques
γ_{th}
diamètre apparent maximal à utiliser pour l'évaluation du danger thermique pour la rétine

Note 1 à l'article: La valeur de l'angle d'admission γ peut varier entre α_{min} et α_{max} (voir 4.3 d) et 5.4.3 b) 2)).

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

3.55
ouverture délimitante
surface circulaire sur laquelle la moyenne d'un éclairement ou d'une exposition énergétique est établie

3.56
maintenance
exécution des réglages et procédures spécifiés dans les instructions à l'usage de l'utilisateur fournies par le fabricant avec l'appareil à laser, qui sont à exécuter par l'utilisateur pour assurer le fonctionnement normal de l'appareil

Note 1 à l'article: Cela ne comprend pas l'utilisation normale ni l'entretien.

3.57
diamètre apparent maximal
α_{max}
valeur du diamètre apparent de la source apparente au-dessus de laquelle les EMP et les LEA sont indépendantes de la dimension de la source

Note 1 à l'article: La valeur de α_{max} peut varier de 5 mrad à 100 mrad selon la durée d'émission (voir le Tableau 9).

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

3.58
émission maximale
émission accessible maximale qui est utilisée pour déterminer la classe de l'appareil à laser

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 à l'article: Etant donné que la détermination de l'émission accessible comprend, en plus d'autres conditions, la prise en compte des conditions de premier défaut (voir 5.1), l'émission maximale peut dépasser l'émission la plus élevée au cours d'un fonctionnement normal.

3.59
exposition maximale permise
EMP
niveau du rayonnement laser auquel des personnes peuvent être exposées dans les conditions normales sans subir des effets nuisibles

Note 1 à l'article: Les niveaux d'EMP représentent le niveau maximal auquel l'œil ou la peau peut être exposé(e) sans subir un dommage consécutif immédiatement ou après une longue durée; ces niveaux sont en rapport avec la longueur d'onde du rayonnement laser, la durée d'impulsion ou la durée d'exposition, le tissu exposé et, en ce qui concerne le rayonnement laser visible et le proche infrarouge dans le domaine 400 nm à 1 400 nm, avec la dimension de l'image rétinienne. Les niveaux d'exposition maximale permise sont spécifiés à l'Annexe A (dans l'état actuel des connaissances).

Note 2 à l'article: Les niveaux d'EMP sont donnés dans l'Annexe A à titre d'information afin que les fabricants puissent calculer la DNDO, réaliser une analyse de risque et informer l'utilisateur sur l'utilisation sans risque du produit. Les limites d'exposition pour l'œil et la peau des employés sur le lieu de travail et du public sont spécifiés par la législation nationale dans de nombreux pays. Ces limites d'exposition légales à l'échelle nationale peuvent différer des EMPs mentionnées dans l'Annexe informative A.

3.60
appareil à laser médical
tout appareil à laser conçu, fabriqué, prévu ou diffusé dans le but d'irradier une partie quelconque du corps humain à des fins de diagnostic *in vivo*, chirurgicales, cosmétiques ou thérapeutiques

3.61
diamètre apparent minimal
α_{min}
valeur du diamètre apparent de la source apparente au-dessus de laquelle une source est considérée comme une source étendue

Note 1 à l'article: Les EMP et les LEA sont indépendantes de la dimension de la source pour les diamètres apparents inférieurs à α_{min}.

Note 2 à l'article: Unité SI: radian.

Note 3 à l'article: α_{min} = 1,5 mrad.

3.62
blocage de mode
mécanisme ou phénomène régulier, à l'intérieur du résonateur laser, qui produit un train d'impulsions très courtes (par exemple en dessous de la nanoseconde)

Note 1 à l'article: Bien que cela puisse être une caractéristique provoquée intentionnellement, il peut également se produire spontanément en tant qu'"auto-blocage de mode". Les puissances de crête qui en résultent peuvent être beaucoup plus grandes que la puissance moyenne.

3.63
position la plus restrictive
position dans le faisceau où le rapport de l'émission accessible sur la LEA est maximal

Note 1 à l'article: L'émission accessible et la LEA peuvent dépendre de la position de l'évaluation par rapport au faisceau. Voir également 3.36.

3.64
zone nominale de danger oculaire
ZNDO
zone à l'intérieur de laquelle l'éclairement ou l'exposition énergétique du faisceau dépasse l'exposition maximale permise (EMP) appropriée sur la cornée, y compris la possibilité de dépointage accidentel du faisceau laser

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Note 1 à l'article: Si la ZNDO comprend la possibilité de vision assistée par utilisation d'aides optiques, elle est désignée par "ZNDO étendue".

3.65
distance nominale de danger oculaire
DNDO
distance à partir de l'ouverture de sortie, pour laquelle l'éclairement ou l'exposition énergétique du faisceau reste inférieur(e) à l'exposition maximale permise (EMP) appropriée au niveau de la cornée

Note 1 à l'article: Si la DNDO comprend la possibilité de vision assistée par utilisation d'aides optiques, elle est désignée par "DNDO étendue (DNEDO)".

3.66
fonctionnement
fonctionnement de l'appareil à laser dans le domaine complet des fonctions auxquelles il est destiné

Note 1 à l'article: Il ne comprend pas la maintenance ni l'entretien.

3.67
limite du danger photochimique
EMP ou LEA qui a été extrapolée pour protéger les personnes contre des effets photochimiques nocifs

Note 1 à l'article: Dans la gamme de longueurs d'ondes ultraviolettes, la limite du danger photochimique protège contre les effets nocifs sur la cornée et le cristallin, tandis que la limite du danger photochimique pour la rétine, telle que définie dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 600 nm, protège contre la photorétinite, une lésion rétinienne photochimique provoquée par une exposition aux rayonnements.

3.68
capot de protection
enceinte de protection
parties d'un appareil à laser (y compris un appareil dans lequel un laser incorporé est compris) conçues pour empêcher l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA requises (généralement installé ou monté par un fabricant)

Note 1 à l'article: Voir 5.1 pour les exigences d'essai afin d'évaluer la pertinence du capot de protection pour empêcher l'accès des personnes.

3.69
durée d'impulsion
intervalle de temps entre la montée et la descente d'une impulsion, mesuré à mi-hauteur en puissance

3.70
laser impulsionnel
laser à impulsions
laser délivrant son énergie sous forme d'une seule impulsion ou d'un train d'impulsions

Note 1 à l'article: Dans la présente Partie 1, la durée d'une impulsion est inférieure à 0,25 s.

3.71
radiance
L
grandeur définie par la formule

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

où

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

dΦ est le flux énergétique transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide dΩ contenant la direction donnée;

dA est l'aire d'une section de ce faisceau contenant le point de référence donné;

θ est l'angle entre la perpendiculaire à cette section et la direction du faisceau

Note 1 à l'article: Cette définition est une version simplifiée du VEI 845-01-34, suffisante pour les besoins de la présente Partie 1. En cas de doute, il convient de suivre la définition du VEI.

Note 2 à l'article: Unité SI: watt par mètre carré par stéradian ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-34, modifiée – La définition a été simplifiée.]

3.72
énergie rayonnante
Q
intégrale par rapport au temps du flux énergétique pendant une durée donnée Δt

$$Q = \int_{\Delta t} \Phi \cdot \mathrm{d}t$$

Note 1 à l'article: Unité SI: joule (J).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-27, modifiée – La définition a été simplifiée.]

3.73
exposition énergétique
H
en un point d'une surface, énergie rayonnante reçue par un élément d'une surface, divisée par l'aire de cet élément

$$H = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}A} = \int E \cdot \mathrm{d}t$$

Note 1 à l'article: Unité SI: joule par mètre carré ($J \cdot m^{-2}$).

3.74
puissance rayonnante
flux énergétique
Φ, P
puissance émise, transmise ou reçue sous forme de rayonnement

$$\Phi = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}$$

Note 1 à l'article: Unité SI: watt (W).

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-24]

3.75
facteur de réflexion
ρ
rapport du flux énergétique réfléchi au flux incident dans les conditions données

Note 1 à l'article: Unité SI: rapport sans dimension.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-58, modifiée.]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.76
connecteur de verrouillage à distance
connecteur qui permet la connexion des commandes extérieures séparées des autres composants de l'appareil à laser

Note 1 à l'article: Voir 6.4.

3.77
verrouillage de sécurité
dispositif automatique associé à chaque partie du capot de protection d'un appareil à laser dans le but d'empêcher l'accès de personnes à un rayonnement laser de classe 3R, de classe 3B ou de classe 4 quand cette partie du capot de protection est enlevée, ouverte ou déplacée

Note 1 à l'article: Voir 6.3.

3.78
rayonnement laser à balayage
rayonnement laser ayant une direction, une origine ou un diagramme de rayonnement variable dans le temps par rapport à un système fixe de référence

3.79
entretien
exécution des procédures ou réglages figurant dans le manuel d'entretien du fabricant, pouvant influer sur un aspect quelconque des caractéristiques de l'appareil

Note 1 à l'article: Cela ne comprend pas la maintenance ni le fonctionnement.

3.80
panneau pour entretien
panneau d'accès qui est conçu pour être enlevé ou déplacé en vue de l'entretien

3.81
condition de premier défaut
tout premier défaut pouvant survenir dans un appareil et les conséquences directes qui en résultent

3.82
petite source
source d'un diamètre apparent α inférieur ou égal au diamètre apparent minimal α_{min}

3.83
réflexion spéculaire
réflexion à partir d'une surface pouvant être considérée comme un faisceau (voir 3.11), y compris les réflexions à partir de surfaces réfléchissantes

Note 1 à l'article: Cette définition est destinée à reconnaître que certaines surfaces réfléchissantes, telles que les réflecteurs paraboliques, peuvent augmenter le danger provenant d'un faisceau incident.

3.84
limite du danger thermique
EMP ou LEA ayant été extrapolée pour protéger les personnes contre des effets thermiques nocifs, par opposition aux lésions photochimiques

3.85
base de temps
durée d'émission à considérer pour la classification des appareils à laser

Note 1 à l'article: Voir 4.3 e).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3.86
outil
tournevis, clé hexagonale ou tout autre objet pouvant être utilisé pour agir sur une vis ou des moyens de fixation similaires

3.87
facteur de transmission
τ
rapport du flux énergétique transmis au flux incident dans les conditions données

Note 1 à l'article: Unité SI: grandeur sans dimension.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-59, modifiée]

3.88
densité optique par transmission
D
logarithme décimal de l'inverse du facteur de transmission τ

$D = -\log_{10} \tau$

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-04-66]

3.89
rayonnement visible
lumière
tout rayonnement optique susceptible de produire directement une sensation visuelle

Note 1 à l'article: Dans la présente Partie 1, cela signifie: rayonnement électromagnétique pour lequel les longueurs d'ondes des composantes monochromatiques sont comprises entre 400 nm et 700 nm.

[SOURCE: IEC 60050-845:1987, 845-01-03, modifiée – La note de la définition originale a été remplacée.]

3.90
pièce à traiter
objet destiné à être traité par rayonnement laser

4 Principes de classification

4.1 Généralités

La classification d'un appareil à laser est basée sur la détermination du niveau d'émission accessible (déterminé conformément aux règles spécifiées à l'Article 5) et sur la comparaison de ce niveau avec la limite d'émission accessible (LEA) associée à chaque classe. Pour les classes 1, 1M, 2, 2M et 3R, des mesures supplémentaires peuvent être nécessaires pour déterminer si des avertissements supplémentaires sont nécessaires (voir l'Article 7). Les règles spécifiques s'appliquent à la classification d'un appareil (par exemple, pour la classe 1C, voir 5.3 b) et 4.4 pour les appareils à source étendue à faible radiance).

En raison de la gamme étendue des longueurs d'ondes possibles, du contenu énergétique et des caractéristiques des impulsions d'un faisceau laser, les dangers potentiels apparaissant lors de son utilisation varient considérablement. Il est impossible de considérer les lasers comme un seul groupe auquel peuvent s'appliquer des limites communes de sécurité. L'Annexe C décrit de façon plus approfondie les dangers associés aux classes et aux limitations possibles (par exemple, ceux pouvant survenir à la suite d'une vision assistée optiquement).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

4.2 Responsabilités de la classification

Le fabricant est responsable de la classification correcte d'un appareil à laser. (Voir cependant 6.1).

4.3 Règles de classification

L'appareil doit être classé sur la base d'une combinaison de la ou des puissances de sortie et de la ou des longueurs d'ondes de l'émission accessible (rayonnement laser) émise dans tout le domaine des possibilités de cet appareil en cours de fonctionnement, à un moment quelconque après sa fabrication, ce qui permet de lui affecter la classe la plus élevée appropriée. L'évaluation doit comprendre la prise en compte de toute condition de premier défaut raisonnablement prévisible en cours de fonctionnement (voir 5.1 pour l'application des principes d'analyse du risque pour déterminer quel premier défaut est raisonnablement prévisible).

On ne peut affecter une classe particulière à un appareil à laser que lorsqu'il a satisfait à toutes les exigences de la présente Partie 1 pour cette classe, par exemple, les moyens de contrôle techniques, l'étiquetage et les informations destinées à l'utilisateur.

Pour les appareils à laser émettant des faisceaux laser à émission entretenue d'une seule longueur d'onde, qui sont bien collimatés ou dont on suppose qu'ils viennent d'une petite source, la procédure de classification peut être simplifiée et il n'est pas nécessaire de prendre en compte les points suivants:

4.3 b), 4.3 c), 4.3 d), 4.3 f).

Afin d'établir des règles de classification, le classement suivant en classes (dans l'ordre croissant du danger oculaire) doit être utilisé: Classe 1, Classe 1C, Classe 1M, Classe 2, Classe 2M, Classe 3R, Classe 3B, Classe 4.

NOTE 1 La classe 1C n'est pas considérée comme un danger oculaire (comme la Classe 1) mais peut représenter un danger pour la peau si elle est utilisée de façon inappropriée (voir aussi 5.3 b).

NOTE 2 Pour la classification d'un appareil à laser en classe 1M ou 2M, l'utilisation d'une ouverture spécifiée comme condition 3 limite la quantité de rayonnement qui est collectée par la pupille de l'oeil à partir de faisceaux de large diamètre. Lorsqu'ils sont mesurés en Condition 1, les appareils des classes 1M et 2M peuvent avoir un niveau de puissance ou d'énergie supérieur à la LEA de classe 2 ou 3R. Pour ces appareils à laser, une classification en 1M ou en 2M est appropriée.

Les limites d'émission accessible (LEA) pour les classes 1 et 1M, les classes 2 et 2M, les classes 3R et 3B sont indiquées dans les Tableaux 3 à 8. Les valeurs des facteurs de correction utilisés sont données dans le Tableau 9, en fonction de la longueur d'onde, de la durée d'émission, du nombre d'impulsions et du diamètre apparent.

a) Rayonnement à une seule longueur d'onde

Un appareil à laser à une seule longueur d'onde, avec une étendue spectrale de la raie d'émission assez étroite pour que les LEA ne changent pas, est assigné à une classe lorsque le rayonnement laser accessible, mesuré dans des conditions appropriées à la classe, dépasse les LEA de toutes les classes inférieures, mais ne dépasse pas celles de la classe assignée.

b) Rayonnement de longueurs d'ondes multiples

1) Un appareil à laser, émettant deux ou plusieurs longueurs d'ondes dans des domaines spectraux considérées comme additives pour l'œil dans le Tableau 1, est assigné à une classe lorsque la somme des rapports du rayonnement laser accessible (mesuré dans des conditions appropriées à la classe) aux LEA de ces longueurs d'ondes dépasse l'unité pour toutes les classes inférieures, mais ne dépasse pas l'unité pour la classe assignée. Cette règle s'applique également au rayonnement non laser dès lors qu'il coïncide sur la rétine pour les longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 1 400 nm ou sur l'ouverture pour les autres domaines du spectre. En conséquence, ce

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

type de rayonnement doit être considéré pour classification selon la présente partie de l'IEC 60825.

2) Un appareil à laser, émettant deux ou plusieurs longueurs d'ondes non considérées comme additives pour l'œil dans le Tableau 1, est assigné à une classe lorsque le rayonnement laser accessible, mesuré dans des conditions appropriées à la classe, dépasse les LEA de toutes les classes inférieures pour au moins une longueur d'onde, mais ne dépasse pas les LEA de la classe assignée pour toute longueur d'onde.

Tableau 1 – Additivité des effets sur l'œil et sur la peau de rayonnements de domaines spectraux différents [c]

Domaine spectral[a]	UV-C et UV-B 180 nm à 315 nm	UV-A 315 nm à 400 nm	Visible et IR-A 400 nm à 1 400 nm	IR-B et IR-C 1 400 nm à 10^6 nm
UV-C et UV-B 180 nm à 315 nm	o p			
UV-A 315 nm à 400 nm		o p	p	o p
Visible et IR-A 400 nm à 1 400 nm		p	o [b] p	p
IR-B et IR-C 1 400 nm à 10^6 nm		o p	p	o p

o Œil

p Peau

[a] Pour les définitions des domaines spectraux, voir le Tableau D.1.

[b] Dans le cas où les LEA et les EMP oculaires sont évaluées pour des bases de temps ou des durées d'exposition de 1 s ou plus, les effets photochimiques additifs (400 nm à 600 nm) et les effets thermiques additifs (400 nm à 1 400 nm) doivent alors être évalués indépendamment et la valeur la plus restrictive doit être utilisée.

[c] Pour déterminer la LEA, seules les règles d'additivité pour l'œil s'appliquent.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

c) Rayonnement depuis des sources étendues

Le danger oculaire des sources laser dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm dépend du diamètre apparent de la source apparente α. Cette dépendance est exprimée dans les valeurs LEA applicables par le facteur C_6 (voir le Tableau 9), ainsi que dans les règles pour déterminer l'émission accessible avec un angle d'admission spécifié.

NOTE 3 Une source est considérée comme une source étendue si le diamètre apparent de la source est plus grand que α_{min}, où α_{min} = 1,5 mrad. La plupart des sources laser ont un diamètre apparent α inférieur à α_{min}, et apparaissent comme une "source ponctuelle" apparente (petite source) lorsqu'elles sont visualisées à partir de l'intérieur du faisceau (vision dans le faisceau). Sachant qu'un faisceau laser circulaire ne peut pas être collimaté à une divergence inférieure à 1,5 mrad, s'il s'agit d'une source étendue, alors tout laser pour lequel une divergence de faisceau inférieure ou égale à 1,5 mrad est spécifiée ne peut pas être traité comme une source étendue. Pour une petite source, α est défini sur α_{min} = 1,5 mrad et C_6 = 1.

NOTE 4 Pour ce qui concerne l'évaluation du danger thermique pour la rétine (400 nm à 1 400 nm), les LEA relatives aux sources étendues varient directement avec le diamètre apparent de la source. Pour ce qui concerne l'évaluation du danger photochimique pour la rétine (400 nm à 600 nm), pour des expositions supérieures à 1 s, les LEA ne varient pas directement avec le diamètre apparent de la source. En fonction de la durée de l'émission (voir 5.4.3 b)1), un angle d'admission limite γ_{ph} de 11 mrad ou plus est utilisé pour la mesure, en ce qui concerne le danger photochimique, et la relation de l'angle d'admission limite γ_{ph} avec le diamètre apparent α de la source apparente peut avoir une incidence sur la valeur mesurée.

NOTE 5 Pour la condition de défaut où C_6 = 1, un Tableau 3 simplifié est fourni pour les LEA des classes 1, 1M et un Tableau 6 simplifié est fourni pour les LEA de la classe 3R.

Pour des sources dont le diamètre apparent est inférieur ou égal à α_{min}, la LEA et l'EMP sont indépendantes du diamètre apparent de la source apparente α.

Pour effectuer une classification des appareils à laser à la position la plus restrictive, où la condition 1 s'applique (voir 5.4.3), le grossissement de 7 du diamètre apparent α de la source apparente peut être appliqué pour déterminer C_6, c'est-à-dire $C_6 = 7 \times \alpha / \alpha_{min}$. L'expression ($7 \times \alpha$) doit être limitée à α_{max} avant le calcul de C_6. La valeur 7× de α doit être utilisée pour la détermination de T_2 du Tableau 9.

NOTE 6 Pour les cas où $\alpha < 1{,}5$ mrad mais $7 \times \alpha > 1{,}5$ mrad, les limites pour $\alpha > 1{,}5$ mrad des Tableaux 4 et 7 s'appliquent.

d) Sources apparentes non uniformes, non circulaires ou multiples

Afin de comparer avec les limites thermiques pour la rétine, si:

– la gamme de longueurs d'ondes se situe entre 400 nm et 1 400 nm; et

– la LEA dépend de C_6

alors si:

– l'image de la source apparente n'a pas de profil d'éclairement énergétique uniforme[3]; ou

– l'image de la source apparente se compose de plusieurs points,

alors les mesures ou les évaluations doivent être réalisées pour chacun des scénarios suivants:

– pour chaque source ponctuelle; et

– pour divers ensembles de sources ponctuelles; et

– pour les aires partielles.

Cela est nécessaire pour s'assurer que la LEA n'est pas dépassée pour chaque angle possible α sous-tendu dans chaque scénario. Pour l'évaluation des ensembles de sources ponctuelles ou pour les aires partielles, l'angle d'admission γ est à faire varier dans chaque dimension entre α_{min} et α_{max}, c'est-à-dire $\alpha_{min} < \gamma < \alpha_{max}$, afin de déterminer l'émission accessible partielle associée au scénario correspondant. Pour comparer ces niveaux d'émission accessible partielle avec la LEA correspondante, la valeur de α est définie de façon à être égale au diamètre apparent qui est associé à l'image partielle de la source apparente.

La classification est à fonder sur le cas où le rapport entre:

– l'émission accessible partielle à l'intérieur d'une aire partielle sur le diamètre apparent α de cette aire; et

– la LEA correspondante

est maximal.

Le diamètre apparent d'une source rectangulaire ou linéaire est déterminé par la valeur de la moyenne arithmétique des deux dimensions angulaires de la source. Toute dimension angulaire supérieure à α_{max} ou inférieure à α_{min} doit être limitée à α_{max} ou α_{min} respectivement, avant de calculer la moyenne.

Pour déterminer le diamètre apparent d'une source non circulaire agrandie pour la Condition 1, il convient d'appliquer le grossissement $\times$ 7 décrit en c) indépendamment de chaque axe avant de déterminer la moyenne arithmétique.

Les limites photochimiques (400 nm à 600 nm) ne dépendent pas du diamètre apparent de la source, et la source est analysée avec l'angle d'admission limite spécifié en 5.4.3 b). Pour les sources qui sont supérieures à l'angle d'admission limite, l'émission accessible est à déterminer pour la source apparente partielle qui produit la valeur d'émission maximale.

e) Bases de temps

Les bases de temps suivantes sont utilisées dans la présente norme aux fins de classification:

1) 0,25 s pour les rayonnements laser des classes 2, 2M et 3R, dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 700 nm;

2) 100 s pour tous les rayonnements laser de longueurs d'ondes supérieures à 400 nm, à l'exception des cas mentionnés en 1) et 3);

[3] Pour un profil de faisceau gaussien (tel que produit par un faisceau TEM_{00}), le diamètre apparent peut être déterminé avec le diamètre d_{63} (analogue à la définition du diamètre d'un faisceau, voir 3.13) et une analyse des aires partielles n'est pas nécessaire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

3) 30 000 s pour tous les rayonnements laser de longueurs d'ondes inférieures ou égales à 400 nm et pour les rayonnements laser de longueurs d'ondes supérieures à 400 nm, lorsque la conception ou la fonction de l'appareil à laser implique une vision intentionnelle sur une longue période.

Chaque durée d'émission possible, dans les limites de la base de temps, doit être considérée en déterminant la classification d'un appareil. Cela signifie que le niveau d'émission d'une impulsion unique doit être comparé à la LEA applicable à la durée de l'impulsion, etc. Il n'est pas suffisant de faire simplement la moyenne des niveaux d'émission pendant la durée de la base de temps de classification, ou d'effectuer simplement l'évaluation pour la valeur de la base de temps sans prendre en compte les durées d'émission plus courtes.

NOTE 7 Pour un appareil à laser à émission de longueurs d'ondes multiples, avec des émissions se chevauchant dans le temps et l'espace, dans la partie visible et dans la partie non visible du spectre, où l'émission est évaluée comme additive (voir le Tableau 1), et où la partie visible en elle-même serait de classe 2 ou 2M ou 3R et la partie non visible en elle-même serait de classe 1 ou 1M, la base de temps pour l'évaluation de l'émission non-visible peut être de 0,25 s.

f) Lasers modulés ou à impulsions répétitives

Les méthodes suivantes doivent être utilisées pour déterminer la classe de l'appareil à laser à appliquer aux émissions en impulsions répétitives ou modulées.

L'émission accessible de tout groupe d'impulsions (ou sous-groupe d'impulsions dans un train d'impulsions) libérée pendant un temps quelconque donné ne doit pas dépasser la LEA pendant ce temps donné (voir aussi 4.3 e) en ce qui concerne la prise en compte de toutes les durées d'émission possibles; il s'agit d'une exigence générale.

Pour toutes les exigences de longueurs d'ondes, les points 1) et 2) doivent être évalués. De plus, pour les longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm, l'exigence 3) doit également être évaluée afin de comparer avec les limites thermiques. Il n'est pas nécessaire d'évaluer l'exigence 3) afin de comparer avec les limites photochimiques ou de déterminer la LEA de la classe 3B.

La classe (voir les Tableaux 3 à 8) est déterminée en appliquant la plus restrictive des exigences 1), 2) et, si applicable, 3).

1) L'exposition à l'une quelconque des impulsions faisant partie du train d'impulsions ne doit pas dépasser la LEA pour une impulsion unique (LEA_{unique}). Pour déterminer l'émission accessible d'une source étendue, la durée d'impulsion est utilisée pour déterminer α_{max} et l'angle d'acceptance γ_{th} (voir 5.4.3 b) et le Tableau 9).

2) La puissance moyenne pour un train d'impulsions de durée d'émission T ne doit pas dépasser la puissance correspondant à la LEA pour une impulsion unique de durée T (LEA_T). Pour déterminer l'émission accessible d'une source étendue, la durée d'émission T est utilisée pour déterminer α_{max} et l'angle d'admission γ_{th} (voir 5.4.3 b) et le Tableau 9).

   Pour les séquences d'impulsions irrégulières (y compris les énergies d'impulsion variables), T est à faire varier entre T_i (voir Tableau 2) et la base de temps. Pour les séquences d'impulsions régulières, il est suffisant de faire la moyenne sur la base de temps (T est défini de façon à être égal à la base de temps).

   NOTE 8 Afin de comparer LEA_T avec LEA_{unique} ou $LEA_{i.u.train}$, pour déterminer quel critère est le plus restrictif, LEA_T est exprimé en énergie ou en exposition énergétique et LEA_T est divisée par N et désignée par $LEA_{i.u.T}$.

3) L'énergie par impulsion ne doit pas dépasser la LEA pour une impulsion unique multipliée par le facteur de correction C_5.

$$LEA_{i.u.train} = LEA_{unique} \times C_5$$

où

$LEA_{i.u.train}$ est la LEA pour une impulsion unique comprise dans le train d'impulsions;

LEA_{unique} est la LEA pour une impulsion unique (Tableaux 3 à 8);

N est le nombre effectif d'impulsions dans le train d'impulsions dans la durée d'émission évaluée (lorsque les impulsions apparaissent en

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

l'espace de T_i (voir le Tableau 2), N est inférieur au nombre réel d'impulsions, voir ci-dessous). La durée d'émission maximale qu'il est nécessaire de considérer est T_2 (voir le Tableau 9) ou la base de temps applicable, en fonction de celle qui est la plus courte.

C_5 s'applique uniquement pour les durées d'impulsion individuelles égales ou inférieures à 0,25 s.

Si la durée d'impulsion $t \leq T_i$, alors:

Pour une base de temps inférieure ou égale à 0,25 s, $C_5 = 1{,}0$

Pour une base de temps supérieure à 0,25 s

Si $N \leq 600$ $C_5 = 1{,}0$

Si $N > 600$ $C_5 = 5\ N^{-0{,}25}$ avec une valeur minimale de $C_5 = 0{,}4$.

Si la durée d'impulsion $t > T_i$, alors:

Pour $\alpha \leq 5$ mrad:

$C_5 = 1{,}0$

Pour 5 mrad $< \alpha \leq \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0{,}25}$ pour $N \leq 40$

$C_5 = 0{,}4$ pour $N > 40$

Pour $\alpha > \alpha_{max}$:

$C_5 = N^{-0{,}25}$ pour $N \leq 625$

$C_5 = 0{,}2$ pour $N > 625$

À moins que $\alpha > 100$ mrad, où $C_5 = 1{,}0$ dans tous les cas.

Si plusieurs impulsions apparaissent au cours de la période T_i (voir le Tableau 2), elles sont comptées comme une impulsion unique pour déterminer N et les énergies des impulsions individuelles sont ajoutées pour être comparées à la LEA de T_i.

Dans certains cas, la valeur calculée pour $LEA_{i.u.train}$ peut tomber en dessous de la LEA qui s'appliquerait pour le fonctionnement à émission entretenue à la même puissance de crête utilisant la même base de temps. Dans ces conditions, la LEA pour le fonctionnement à émission entretenue peut être utilisée.

Tableau 2 – Temps en dessous desquels les groupes d'impulsions sont additionnés

Longueur d'onde nm	T_i s
$400 \leq \lambda < 1\,050$	5×10^{-6}
$1\,050 \leq \lambda < 1\,400$	13×10^{-6}
$1\,400 \leq \lambda < 1\,500$	10^{-3}
$1\,500 \leq \lambda < 1\,800$	10
$1\,800 \leq \lambda < 2\,600$	10^{-3}
$2\,600 \leq \lambda \leq 10^6$	10^{-7}

NOTE 9 L'Annexe B donne des exemples de calcul.

4.4 Appareils à laser destinés à fonctionner comme des lampes conventionnelles

Dans le cas des appareils à laser, sauf les jouets, qui sont destinés à fonctionner comme des lampes conventionnelles et à émettre un rayonnement optique visible ou IR-A (400 nm à 1400 nm) depuis des sources étendues dont le diamètre apparent α excède 5 mrad à une distance de 200 mm et ayant des niveaux de radiance de crête totaux non pondérés (400 nm

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

à 1400 nm) moyennés sur un angle d'acceptance de 5 mrad ne dépassant pas L_T en fonctionnement et dans les conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles, où

$$L_T = (1\ \mathrm{MW{\cdot}m^{-2}{\cdot}sr^{-1}})/\alpha$$

L'émission peut aussi être évaluée conformément à la série de normes IEC 62471 "Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes". Pour calculer L_T, le diamètre apparent α est exprimé en radians et est déterminé à 200 mm du point le plus proche de l'accès de personnes. La valeur de α dans l'expression L_T est limitée aux valeurs entre 0,005 rad et 0,1 rad de sorte que pour les sources dont le diamètre apparent est inférieur à 0,005 rad, les critères applicables de radiance sont égaux à 200 $\mathrm{MW{\cdot}m^{-2}{\cdot}sr^{-1}}$, et pour les sources supérieures à 0,1 rad, les critères applicables de radiance sont égaux à 10 $\mathrm{MW{\cdot}m^{-2}{\cdot}sr^{-1}}$.

NOTE 1 Les valeurs de radiance ci-dessus ne sont pas des limites d'exposition ou d'émission mais des critères permettant de déterminer si le rayonnement émis peut être évalué conformément à la série de normes IEC 62471.

NOTE 2 Le rayonnement optique exclu de la classification laser peut être monochromatique.

Il est nécessaire que ces appareils soient conformes à la présente partie de l'IEC 60825 et soient classés conformément à celle-ci, mais il n'est pas nécessaire, pour la classification, de prendre en compte l'émission de rayonnement optique en fonctionnement normal et dans les conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles décrite ci-dessus (c'est-à-dire que l'émission de rayonnement optique décrite ci-dessus en fonctionnement normal n'est pas considérée comme un rayonnement laser accessible). L'appareil doit satisfaire aux exigences de la présente partie de l'IEC 60825 pour tout rayonnement laser accessible au cours de la maintenance ou de l'entretien.

NOTE 3 S'il n'y a pas de rayonnement laser accessible depuis ce type d'appareil en cours de fonctionnement autre que décrit ci-dessus qui est évalué conformément à l'IEC 62471, l'appareil à laser peut être considéré comme appartenant à la classe 1.

Un groupe de risque doit être assigné à ce type d'appareil conformément à la série de normes IEC 62471 et l'appareil doit contenir une plaque indiquant le groupe de risque ainsi que la classification de l'appareil à laser (y compris la classe 1 le cas échéant) et les avertissements applicables.

Le rayonnement laser accessible de longueur d'onde inférieure à 400 nm ou supérieure à 1 400 nm doit être considérée dans la classification de l'appareil conformément à la présente partie de l'IEC 60825.

5 Détermination du niveau d'émission accessible et classification de l'appareil

5.1 Essais

Les essais doivent tenir compte de toutes les erreurs et de toutes les incertitudes statistiques du processus de mesure, ainsi que des variations positives de l'émission et de la dégradation de la sécurité de rayonnement dans le temps. Des exigences spécifiques pour des utilisateurs particuliers peuvent imposer des essais complémentaires. Pour des informations supplémentaires sur les mesures, se reporter à l'IEC/TR 60825-13.

Les essais exécutés au cours du fonctionnement doivent être utilisés pour déterminer la classification de l'appareil. Les essais exécutés au cours du fonctionnement, de la maintenance et de l'entretien doivent aussi être utilisés de manière appropriée pour déterminer les exigences relatives aux verrouillages de sécurité, à l'étiquetage et aux renseignements destinés à l'utilisateur. Les essais ci-dessus doivent être réalisés dans chacune des conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles. Cependant, si l'émission est réduite à un niveau inférieur à la LEA par réduction automatique dans une durée pendant laquelle il n'est pas raisonnablement prévisible de prévoir un accès de personnes, il n'est alors pas nécessaire de prendre en considération de tels défauts. La

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

fiabilité requise de la réduction automatique du niveau d'émission à rester dans une classe donnée peut être évaluée sur les principes d'analyse du risque, par exemple comme le décrit l'IEC 61508 qui spécifie les niveaux d'intégrité de sécurité (SIL). De plus, pour spécifier les niveaux de SIL, il est aussi nécessaire de définir le temps de réaction aux anomalies pour la conception de la réduction automatique; le temps de réaction cible peut aussi être basé sur le risque. Une analyse complète conforme à l'IEC 61508 ou l'application de l'IEC 61508 n'est pas requise.

L'analyse de risque peut être utilisée pour faciliter la détermination des conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles. Pour déterminer si une condition de premier défaut est considérée comme raisonnablement prévisible ou non, la probabilité (fréquence) du défaut ainsi que le risque de lésion (probabilité d'exposition à un niveau pouvant provoquer une lésion et gravité de la lésion) sont à prendre en considération. Plus le risque de lésion est faible pour un défaut donné, plus une fréquence d'occurrence élevée du défaut (pouvant résulter en un niveau d'émission donné) est tolérée sans pour autant être considérée dans la classification. Un mode acceptable d'analyse de la probabilité et des risques concernant les défaillances sont l'AMDE (analyse des modes de défaillance et de leurs effets) et les procédures décrites dans l'IEC 61508.

NOTE 1 La réduction automatique inclut la limitation physique de l'émission, comme la défaillance d'un composant ou d'un système en un état sûr. Elle ne comprend pas la réduction manuelle ni l'interruption de l'émission.

NOTE 2 Par exemple, une sécurité de balayage peut ne pas réagir assez vite pour empêcher les émissions au-dessus de la LEA au cours de la condition de défaut; cependant, sur la base de résultats d'une analyse du risque, cela peut être acceptable.

NOTE 3 La classification est déterminée au cours du fonctionnement, et les restrictions de maintenance sont ensuite dépendantes de la classification de l'appareil.

NOTE 4 Les conditions de premier défaut peuvent être évaluées par des méthodes autres que celles provoquant physiquement le défaut pour l'essai.

Lors de l'évaluation de l'adéquation des capots de protection pour la prévention de l'accès de personnes à un niveau d'énergie équivalent à la classe 4, les événements de premier défaut pour tous les changements raisonnablement prévisibles de direction du faisceau doivent être pris en compte. L'analyse doit indiquer si l'événement de premier défaut entraîne ou non une énergie suffisante pour dégrader ou détruire le capot de protection. Par exemple, lorsqu'au cours du fonctionnement ou d'une condition de premier défaut, l'introduction de la robotique ou d'autres mécanismes de manipulation de faisceau, ou l'utilisation de l'optique ou de pièces de travail, entraînerait une direction de l'énergie sur la surface du capot de protection, l'un des éléments suivants doit se produire:

– le premier défaut doit être éliminé par des moyens techniques; ou
– le matériau du capot de protection doit résister à l'énergie sans dégradation de ses propriétés de protection suffisantes pour permettre une exposition dangereuse à l'énergie laser; ou
– le défaut doit être détecté et l'émission du rayonnement laser à travers le capot de protection doit être empêchée avant que la dégradation ne puisse se produire.

Les temps d'évaluation du capot de protection inférieurs à 30 000 s, comme spécifié dans l'IEC 60825-4, ne sont pas appliqués pour la classification de l'appareil.

NOTE 5 Cela vient du fait que la classification est déterminée sans intervention humaine (voir 6.2.1) et par conséquent le contrôle du capot de protection par l'utilisateur n'est pas pris en compte.

NOTE 6 Les évaluations du capot de protection qui prennent en compte le contrôle ou l'intervention de l'homme peuvent être utilisées pour établir des niveaux de sécurité, ou pour la détection de la dégradation potentielle du capot de protection, qui provient d'événements de défaut raisonnablement imprévisibles ou d'événements de défaut multiples, indépendants de la classification de l'appareil.

Les amplificateurs optiques doivent être classés en utilisant la puissance ou l'énergie de sortie totale accessible maximale, pouvant inclure la puissance ou l'énergie d'entrée assignée maximale. Dans les cas où il n'y a aucune limite claire de puissance ou d'énergie de sortie, il

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

convient d'utiliser la puissance ou l'énergie maximale ajoutée par l'amplificateur, plus la puissance ou l'énergie nécessaire du signal d'entrée pour satisfaire à cette condition.

Les essais et les procédures qui sont équivalents à ceux spécifiés à l'Article 5 peuvent être acceptés.

5.2 Mesure du rayonnement laser

La mesure des niveaux de rayonnement laser peut être nécessaire pour classer un appareil à laser conformément à 5.1. Les mesures ne sont pas nécessaires quand les caractéristiques physiques ou les limitations de la source laser placent clairement l'appareil à laser ou l'installation laser dans une classe particulière (cependant, il est nécessaire de tenir compte des principes énoncés de a) à f)).

Toutes les mesures doivent être effectuées dans les conditions et selon les procédures suivantes.

a) Suivant les conditions et les procédures qui portent au maximum les niveaux d'émission accessible, comprenant la mise en route, l'émission en fonctionnement stable et l'arrêt de l'appareil à laser.

b) Avec les commandes et réglages énumérés dans les instructions d'emploi, de maintenance et d'entretien, ajustés conjointement pour donner le niveau de rayonnement maximal accessible. Des mesures sont également requises avec l'utilisation d'accessoires, qui peuvent augmenter le danger de rayonnement (par exemple optique de collimation), et qui sont fournis ou proposés par le fabricant pour être utilisés avec l'appareil et qui peuvent être ajoutés ou supprimés sans outils.

NOTE Cela inclut toute configuration de l'appareil qu'il est possible d'obtenir sans utiliser d'outils et sans rendre inopérant un verrouillage, y compris des configurations et des réglages pour lesquels les instructions de fonctionnement et de maintenance comportent des avertissements. Par exemple, lorsque des éléments optiques tels que des filtres, des diffuseurs ou des lentilles dans le trajet optique du faisceau laser peuvent être retirés sans outils, il faut que l'appareil soit soumis aux essais dans la configuration qui entraîne le niveau de danger le plus élevé. L'instruction donnée par le fabricant de ne pas retirer les éléments optiques ne peut pas justifier la classification dans une classe inférieure. La classification est basée sur la conception technique de l'appareil et ne peut pas être fondée sur le comportement approprié de l'utilisateur.

c) Pour un appareil à laser autre qu'un système laser, comportant le laser couplé au type d'alimentation laser spécifié comme étant compatible par le fabricant d'appareil à laser et qui génère l'émission maximale de rayonnement accessible, à partir de l'appareil.

d) Aux points de l'espace où l'accès de personnes est possible au cours du fonctionnement pour mesurer les niveaux d'émission accessible (par exemple, si le fonctionnement peut exiger le démontage de certaines parties du capot de protection et l'annulation des verrouillages de sécurité, des mesures doivent être effectuées aux points accessibles dans cette configuration de l'appareil).

e) Avec le détecteur de l'instrument de mesure positionné et orienté par rapport à l'appareil à laser de façon telle qu'il en résulte une détection maximale de rayonnement par l'instrument.

f) Des dispositions appropriées doivent être prises pour éviter ou éliminer la contribution à la mesure d'un rayonnement connexe.

5.3 Détermination de la classe de l'appareil à laser

Sont résumées dans les Tableaux 3 et 4 les LEA des classes 1 et 1M, dans le Tableau 5 les LEA de la classe 2, dans les Tableaux 6 et 7 les LEA de la classe 3R et dans le Tableau 8 les LEA des classes 3B. Les facteurs de correction C_1 à C_7 ainsi que les valeurs de transition T_1 et T_2 utilisés dans les Tableaux 3 à 8 sont définis dans le Tableau 9.

a) Classes 1 et 1M

La classe 1 est applicable à la gamme de longueurs d'ondes de 180 nm à 1 mm. La classe 1M est applicable à la gamme de longueurs d'ondes de 302,5 nm à 4 000 nm. Pour la détermination de l'émission accessible dans la condition 1 et la condition 3, voir le Tableau 10.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Pour les longueurs d'ondes inférieures à 302,5 nm et supérieures à 4 000 nm, si l'émission accessible est inférieure ou égale aux LEA de la classe 1 pour la condition 3, l'appareil à laser est alors assigné à la classe 1.

Pour les longueurs d'ondes comprises entre 302,5 nm et 4 000 nm:

Si l'émission accessible est:

– inférieure ou égale aux LEA de la classe 1 pour la condition 1 et la condition 3,

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 1.

Si l'émission accessible est:

– supérieure aux LEA de la classe 1 pour la condition 1; et
– inférieure aux LEA de la classe 3B pour la condition 1; et
– inférieure ou égale aux LEA de la classe 1 pour la condition 3,

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 1M.

NOTE 1 La raison de la vérification de la LEA de la classe 3B est de limiter la puissance maximale traversant un instrument optique pour le cas d'une exposition à un faisceau d'un appareil à laser de classe 1M.

Si l'émission accessible dépasse les LEA de la classe 3B, comme déterminé avec une ouverture de 3,5 mm de diamètre placée au point le plus proche de l'accès de personnes, un avertissement supplémentaire concernant un danger potentiel pour la peau et/ou la cornée/l'iris doit être donné (voir 7.13).

NOTE 2 Il est possible qu'un appareil à laser de classe 1 avec un faisceau fortement divergent puisse produire des niveaux d'éclairement énergétique suffisamment élevés près de la source ou en contact avec la source (par exemple, une extrémité de fibre), de telle sorte que des lésions de la peau ou de l'iris sont possibles. Des lésions de la cornée peuvent aussi apparaître dans ces conditions pour des longueurs d'ondes supérieures à 1 000 nm.

b) Classe 1C

La classe 1C s'applique lorsque le rayonnement laser est destiné à être appliqué en contact avec la cible prévue et a des protections qui empêchent la fuite d'un rayonnement laser dépassant la LEA de la classe 1. L'appareil à laser ne peut être assigné à la classe 1C que s'il est aussi conforme à un ensemble d'exigences de sécurité applicables aux appareils à laser de la classe 1C et disponibles dans une norme IEC verticale applicable.

Les appareils à laser destinés à être utilisés en mode contact avec la peau humaine et les tissus non oculaires ne peuvent être classés dans la classe 1C que si une norme de la série IEC 60601 ou IEC 60335 s'applique et qu'elle contient un ensemble d'exigences de sécurité expressément attribuées aux appareils à laser de la classe 1C. Ce type d'appareil à laser de la classe 1C doit comprendre des moyens de contrôle techniques permettant de s'assurer que l'exposition de l'œil au rayonnement laser n'est pas raisonnablement prévisible. La classification dans la classe 1C est permise seulement si une norme IEC, spécifiant les moyens de contrôle techniques permettant d'empêcher l'émission dans l'espace environnant ou dans l'œil et limitant l'exposition aux niveaux appropriés pour l'application en question, existe.

Pour l'essai de lumière parasite ou de rayonnement de fuite, la LEA de la classe 1 ne doit pas être dépassée dans la condition 3 avec l'applicateur placé à la distance opérationnelle ou en contact avec une surface blanche diffusante.

NOTE 3 Les appareils à laser de classe 1C habituels comprennent ceux destinés à l'épilation, à la réduction des rides et de l'acné, y compris ceux destinés à une utilisation à domicile.

c) Classes 2 et 2M

Les classes 2 et 2M sont applicables à la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 700 nm. Pour la détermination de l'émission accessible dans la condition 1 et la condition 3, voir le Tableau 10.

Si l'émission accessible dépasse les limites requises pour la classe 1 et pour la classe 1M (voir le point a) ci-dessus) et est:

– inférieure ou égale aux LEA de la classe 2 pour la condition 1 et la condition 3,

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Si l'émission accessible dépasse les limites requises pour la classe 1 et pour la classe 1M (voir le point a) ci-dessus) et est:

– supérieure aux LEA de la classe 2 pour la condition 1; et

– inférieure aux LEA de la classe 3B pour la condition 1; et

– inférieure ou égale aux LEA de la classe 2 pour la condition 3,

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 2M.

NOTE 4 La raison de la vérification de la LEA de la classe 3B est de limiter la puissance maximale traversant un instrument optique pour le cas d'une exposition à un faisceau d'un appareil à laser de classe 2M.

Si l'émission accessible dépasse les LEA de la classe 3B, comme déterminé avec une ouverture de 3,5 mm de diamètre placée au point le plus proche de l'accès de personnes, un avertissement supplémentaire concernant un danger potentiel pour la peau et/ou la cornée/l'iris doit être donné (voir 7.13).

NOTE 5 Il est possible qu'un appareil à laser de classe 2 avec un faisceau fortement divergent puisse produire des niveaux d'éclairement énergétique suffisamment élevés près de la source ou en contact avec la source (par exemple, une extrémité de fibre), de telle sorte que des lésions de la peau ou de l'iris sont possibles.

Hors de la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 700 nm, toute émission supplémentaire de lasers de la classe 2 doit être inférieure à la LEA de la classe 1 (voir 4.3 e) pour la base de temps). De plus, si les longueurs d'ondes sont additives pour l'œil (voir le Tableau 1), la somme des rapports de la lumière visible accessible pour la LEA de la classe 2 et de la lumière invisible accessible pour la LEA de la classe 1 doit être inférieure à 1.

d) Classe 3R

Si l'émission accessible, telle que déterminée conformément à 5.4 pour les conditions 1 et 3, est:

– inférieure ou égale à la LEA de la classe 3R, et

– que l'émission accessible déterminée avec la condition 3 dépasse la LEA pour les classes 1 et 2, le cas échéant

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 3R.

Si l'émission accessible dépasse les LEA de la classe 3B, comme déterminé avec une ouverture de 3,5 mm de diamètre placée au point le plus proche de l'accès de personnes, un avertissement supplémentaire concernant un danger potentiel pour la peau et/ou la cornée/l'iris doit être donné (voir 7.13).

NOTE 6 Il est possible qu'un appareil à laser de classe 3R avec un faisceau fortement divergent puisse produire des niveaux d'éclairement énergétique suffisamment élevés près de la source ou en contact avec la source (par exemple, une extrémité de fibre), de telle sorte que des lésions de la peau ou de l'iris sont possibles. Les lésions de la cornée sont également possibles dans ces conditions pour des longueurs d'ondes supérieures à 1 000 nm.

e) Classe 3B

Si l'émission accessible, telle que déterminée conformément à 5.4, est:

– inférieure ou égale aux LEA de la classe 3B pour la condition 1 et la condition 3, et

– supérieure aux LEA de la classe 3R pour la condition 1 ou la condition 3, et

– supérieure aux LEA des classes 1 et 2 pour la condition 3

l'appareil à laser est alors assigné à la classe 3B.

f) Classe 4

Si l'émission accessible, telle que déterminée conformément à 5.4, pour la condition 1 ou la condition 3, dépasse les LEA de la classe 3B, l'appareil doit être assigné à la classe 4.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 3 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser des classes 1 et 1M et $C_6 = 1$ [a, b]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s										
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 10^{-9}**	**10^{-9} à 10^{-7}**	**10^{-7} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ à 1×10^{-3}**	**1×10^{-3} à 0,35**	**0,35 à 10**	**10 à 10^2**	**10^2 à 10^3**	**10^3 à 3×10^4**
180 à 302,5	3×10^{10} W·m^{-2}		30 J·m^{-2}								
302,5 à 315	$2{,}4 \times 10^4$ W		Danger thermique ($t \leq T_1$) $7{,}9 \times 10^{-7}$ C_1 J				Danger photochimique $7{,}9 \times 10^{-7}$ C_2 J ($t > T_1$)		$7{,}9 \times 10^{-7}$ C_2 J		
315 à 400			$7{,}9 \times 10^{-7}$ C_1 J						$7{,}9 \times 10^{-3}$ J		$7{,}9 \times 10^{-6}$ W
400 à 450	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ J			7×10^{-4} $t^{0,75}$ J				$3{,}9 \times 10^{-3}$ J	$3{,}9 \times 10^{-5}$ C_3 W	
450 à 500									$3{,}9 \times 10^{-3}$ C_3 J et [c] $3{,}9 \times 10^{-4}$ W		
500 à 700									$3{,}9 \times 10^{-4}$ W		
700 à 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ C_4 J			7×10^{-4} $t^{0,75}$ C_4 J				$3{,}9 \times 10^{-4}$ C_4 C_7 W		
1 050 à 1 400 [d]	$3{,}8 \times 10^{-8}$ C_7 J	$7{,}7 \times 10^{-7}$ C_7 J				$3{,}5 \times 10^{-3}$ $t^{0,75}$ C_7 J					
1 400 à 1 500	8×10^5 W		8×10^{-4} J				$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J	10^{-2} t J	$1{,}0 \times 10^{-2}$ W		
1 500 à 1 800	8×10^6 W		8×10^{-3} J					$1{,}8 \times 10^{-2}$ $t^{0,75}$ J			
1 800 à 2 600	8×10^5 W		8×10^{-4} J				$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J	10^{-2} t J			
2 600 à 4 000	8×10^4 W		8×10^{-5} J	$4{,}4 \times 10^{-3}$ $t^{0,25}$ J							
4 000 à 10^6	10^{11} W·m^{-2}		100 J·m^{-2}	5 600 $t^{0,25}$ J·m^{-2}					1 000 W·m^{-2}		

NOTE Les appareils à laser qui satisfont aux exigences de classification en classe 1 en satisfaisant à la condition de mesure 1 peuvent être dangereux lorsqu'ils sont utilisés avec des optiques d'observation ayant un grossissement supérieur à ×7 ou des diamètres d'objectifs supérieurs à ceux spécifiés au Tableau 10.

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.

[b] Les LEA pour des durées d'émission inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes de puissance ou d'éclairement énergétique de la LEA à 10^{-13} s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 450 nm et 500 nm, des limites conjuguées s'appliquent et l'émission d'un appareil ne doit pas dépasser l'une ou l'autre limite applicable à la classe assignée.

[d] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, la valeur supérieure de la LEA est limitée à la valeur de la LEA pour la classe 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 4 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classes 1 et 1M dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien): sources étendues [a, b, c, d, e, f]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s						
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ à 10 [e]**	**10 à 10^2**	**10^2 à 10^4**	**10^4 à 3×10^4**
400 à 700	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0,75}\ C_6$ J		400 nm à 600 nm – Danger photochimique pour la rétine [d, e]		
					$3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J en utilisant γ_{ph} = 11 mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W en utilisant $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0,5}$ mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W en utilisant γ_{ph} = 110 mrad
					ET [c]		
					400 nm à 700 nm – Danger thermique pour la rétine		
					$(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0,75}\ C_6$ J / $7 \times 10^{-4}\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W $(t > T_2)$		
700 à 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J		$(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J / $7 \times 10^{-4}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W $(t > T_2)$		
1 050 à 1 400[f]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_6\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J	$(t \le T_2)$ $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J / $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0,25}$ W $(t > T_2)$		

NOTE Les appareils à laser qui satisfont aux exigences de classification en classe 1 en satisfaisant à la condition de mesure 1 peuvent être dangereux lorsqu'ils sont utilisés avec des optiques d'observation ayant un grossissement supérieur à ×7 ou des diamètres d'objectifs supérieurs à ceux spécifiés au Tableau 10.

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.

[b] Les LEA pour des durées d'émission inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes de puissance ou d'éclairement énergétique de la LEA à 10^{-13} s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 400 nm et 600 nm, des limites conjuguées s'appliquent et l'émission d'un appareil ne doit pas dépasser l'une ou l'autre limite applicable à la classe assignée.

[d] L'angle γ_{ph} est l'angle d'admission de mesure limite.

[e] Si des durées d'émission entre 1 s et 10 s sont utilisées, pour des longueurs d'ondes entre 400 nm et 484 nm et pour des dimensions de source apparente comprises entre 1,5 mrad et 82 mrad, la limite du danger photochimique conjuguée de $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J est étendue à 1 s.

[f] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, la valeur supérieure de la LEA est limitée à la valeur de la LEA pour la classe 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 5 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser des classes 2 et 2M

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission *t*** s	**LEA pour la classe 2**
400 à 700	$t < 0{,}25$	Même LEA que pour la classe 1
	$t \geq 0{,}25$	$C_6 \times 10^{-3}$ W [a]
NOTE Les appareils à laser qui satisfont aux exigences de classification en classe 2 en satisfaisant à la condition de mesure 1 peuvent être dangereux lorsqu'ils sont utilisés avec des optiques d'observation ayant des diamètres d'ouverture supérieurs à ceux spécifiés au Tableau 10 (voir aussi l'Annexe C).		
[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 6 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3R et C_6 = 1 [a, b, c]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s									
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 10^{-9}**	**10^{-9} à 10^{-7}**	**10^{-7} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ à 1×10^{-3}**	**1×10^{-3} à 0,35**	**0,35 à 10**	**10 à 10^3**	**10^3 à 3×10^4**
180 à 302,5	$1{,}5 \times 10^{11}$ W·m^{-2}		150 J·m^{-2}							
302,5 à 315	$1{,}2 \times 10^5$ W		Danger thermique 4×10^{-6} C_1 J ($t \leq T_1$)[c]					Danger photochimique $4{,}0 \times 10^{-6}$ C_2 J ($t > T_1$)[c]	$4{,}0 \times 10^{-6}$ C_2 J	
315 à 400			$4{,}0 \times 10^{-6}$ C_1 J						$4{,}0 \times 10^{-2}$ J	$4{,}0 \times 10^{-5}$ W
400 à 700	$1{,}9 \times 10^{-7}$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}$ J			($t < 0{,}25$ s) $3{,}5 \times 10^{-3}$ $t^{0{,}75}$ J			$5{,}0 \times 10^{-3}$ W ($t \geq 0{,}25$ s)	$5{,}0 \times 10^{-3}$ W	
700 à 1 050	$1{,}9 \times 10^{-7}$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}$ C_4 J			$3{,}5 \times 10^{-3}$ $t^{0{,}75}$ C_4 J				$2{,}0 \times 10^{-3}$ C_4 C_7 W	
1 050 à 1 400[d]	$1{,}9 \times 10^{-6}$ C_7 J	$3{,}8 \times 10^{-6}$ C_7 J				$1{,}8 \times 10^{-2}$ $t^{0{,}75}$ C_7 J				
1 400 à 1 500	4×10^6 W		4×10^{-3} J				$2{,}2 \times 10^{-2}$ $t^{0{,}25}$ J	5×10^{-2} t J	$5{,}0 \times 10^{-2}$ W	
1 500 à 1 800	4×10^7 W		4×10^{-2} J					9×10^{-2} $t^{0{,}75}$ J		
1 800 à 2 600	4×10^6 W		4×10^{-3} J				$2{,}2 \times 10^{-2}$ $t^{0{,}25}$ J	5×10^{-2} t J		
2 600 à 4 000	4×10^5 W		4×10^{-4} J	$2{,}2 \times 10^{-2}$ $t^{0{,}25}$ J						
4 000 à 10^6	5×10^{11} W·m^{-2}		500 J·m^{-2}	$2{,}8 \times 10^4$ $t^{0{,}25}$ J·m^{-2}					5 000 W·m^{-2}	

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.

[b] Les LEA pour des durées d'émission inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes de puissance ou d'éclairement énergétique de la LEA à 10^{-13} s.

[c] Pour les lasers UV à impulsions répétitives, il convient de ne dépasser aucune limite.

[d] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, la valeur supérieure de la LEA est limitée à la valeur de la LEA pour la classe 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 7 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3R dans la gamme de longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien): sources étendues [a, b]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s					
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à $1{,}3 \times 10^{-5}$**	**$1{,}3 \times 10^{-5}$ à 0,25**	**0,25 à 10**	**10 à 3×10^{4}**
400 à 700	$1{,}9 \times 10^{-7}\ C_6$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}\ C_6$ J	($t < 0{,}25$ s) $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J		($t \geq 0{,}25$ s) $5{,}0 \times 10^{-3}\ C_6$ W	$5{,}0 \times 10^{-3}\ C_6$ W
700 à 1 050	$1{,}9 \times 10^{-7}\ C_4\ C_6$ J	$3{,}8 \times 10^{-7}\ C_4\ C_6$ J	$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J			($t \leq T_2$) $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J; ($t > T_2$) $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W
1 050 à 1 400[c]	$1{,}9 \times 10^{-6}\ C_6\ C_7$ J	$3{,}8 \times 10^{-6}\ C_6\ C_7$ J		$1{,}8 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J		($t \leq T_2$) $1{,}75 \times 10^{-2}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J; ($t > T_2$) $1{,}75 \times 10^{-2}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0{,}25}$ W

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.

[b] Les LEA pour des durées d'émission inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes de puissance ou d'éclairement énergétique de la LEA à 10^{-13} s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, la valeur supérieure de la LEA est limitée à la valeur de la LEA pour la classe 3B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 8 – Limites d'émission accessible pour les appareils à laser de classe 3B [a]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s		
	$<10^{-9}$	**10^{-9} à 0,25**	**0,25 à 3×10^4**
180 à 302,5	$3{,}8 \times 10^5$ W	$3{,}8 \times 10^{-4}$ J	$1{,}5 \times 10^{-3}$ W
302,5 à 315	$1{,}25 \times 10^4\ C_2$ W	$1{,}25 \times 10^{-5}\ C_2$ J	$5 \times 10^{-5}\ C_2$ W
315 à 400	$1{,}25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
400 à 700	3×10^7 W	0,03 J pour $t < 0{,}06$ s 0,5 W pour $t \geq 0{,}06$ s	0,5 W
700 à 1 050	$3 \times 10^7\ C_4$ W	0,03 C_4 J pour $t < 0{,}06\ C_4$ s 0,5 W pour $t \geq 0{,}06\ C_4$ s	0,5 W
1 050 à 1 400	$1{,}5 \times 10^8$ W	0,15 J	0,5 W
1 400 à 10^6	$1{,}25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9.			

Les facteurs de correction C_1 à C_7 et les valeurs de transition T_1 et T_2 utilisés dans les Tableaux 3 à 8 sont définis dans le Tableau 9.

Tableau 9 – Facteurs de correction et valeurs de transition utilisés dans les évaluations des LEA et des EMP

Paramètre	**Domaine spectral** nm
$C_1 = 5{,}6 \times 10^3\ t^{0{,}25}$	180 à 400
$T_1 = 10^{0{,}8(\lambda - 295)} \times 10^{-15}$ s	302,5 à 315
$C_2 = 30$	180 à 302,5
$C_2 = 10^{0{,}2(\lambda - 295)}$	302,5 à 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha\min)/98{,}5]}$ s pour $\alpha_{min} < \alpha \leq 100$ mrad	400 à 1 400
$T_2 = 10$ s pour $\alpha \leq 1{,}5$ mrad	400 à 1 400
$T_2 = 100$ s pour $\alpha > 100$ mrad	400 à 1 400
$C_3 = 1{,}0$	400 à 450
$C_3 = 10^{0{,}02(\lambda - 450)}$	450 à 600
$C_4 = 10^{0{,}002(\lambda - 700)}$	700 à 1 050
$C_4 = 5$	1 050 à 1 400
$C_5 = 1^{a}$	180 à 400 and 1 400 à 10^6
$C_5 = N^{-1/4\ a}$	400 à 1 400
$C_6 = 1$	180 à 400 and 1 400 à 10^6
$C_6 = 1$ pour $\alpha \leq \alpha_{min}{}^{b}$	400 à 1 400
$C_6 = \alpha/\alpha_{min}$ pour $\alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max}{}^{b}$	400 à 1 400
$C_6 = \alpha_{max}/\alpha_{min}$ pour $\alpha > \alpha_{max}{}^{b,c}$	400 à 1 400
$C_7 = 1$	700 à 1 150
$C_7 = 10^{0{,}018(\lambda - 1\,150)}$	1 150 à 1 200
$C_7 = 8 + 10^{0{,}04(\lambda - 1\,250)}$	1 200 à 1 400

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

α_{min}	=	1,5 mrad		
α_{max}	=	5 mrad	pour	$t < 625$ µs
		200 $t^{0,5}$ mrad	pour	625 µs $\leq t \leq$ 0,25 s
		100 mrad	pour	$t > 0,25$ s

N est le nombre d'impulsions contenues dans la durée applicable (voir 4.3 f) et A.3).

NOTE 1 Il n'y a qu'un nombre restreint de témoignages concernant les effets des expositions d'une durée inférieure à 10^{-9} s pour des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 1 400 nm. Les LEA pour ces durées d'émission et longueurs d'ondes ont été extrapolées en calculant la puissance rayonnante ou l'éclairement énergétique équivalent(e) à partir de la puissance rayonnante ou de l'exposition énergétique s'appliquant à 10^{-9} s, pour des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 1 400 nm.

NOTE 2 Voir le Tableau 10 pour les diaphragmes et le Tableau A.4 pour les ouvertures délimitantes.

NOTE 3 Dans les formules des Tableaux 3 à 8 et dans ces notes, la longueur d'onde est exprimée en nanomètres, la durée d'émission *t* en secondes et le diamètre apparent α en milliradians.

NOTE 4 Pour les durées d'émission qui représentent les extrémités des intervalles de temps (par exemple 10 s) donnés dans les Tableaux 3 à 8, la limite inférieure s'applique. En bordure d'intervalle (c.a.d. ne s'appliquant pas à des équations explicites) le symbole "<" est utilisé, cela signifie inférieur ou égal à. Lorsque les gammes des longueurs d'ondes sont spécifiées, la gamme des longueurs d'ondes λ_1 à λ_2 signifie que $\lambda_1 \leq \lambda < \lambda_2$.

[a] C_5 ne s'applique qu'aux durées d'impulsion inférieures à 0,25 s. Voir les règles permettant de déterminer C_5 de 4.3 f).

[b] C_6 n'est applicable qu'aux limites thermiques pour la rétine.

[c] L'angle d'admission limite maximal γ_{th} doit être égal à α_{max} (se reporter toutefois à 4.3 c)).

5.4 Géométrie de mesure

5.4.1 Généralités

Deux conditions de mesure sont spécifiées pour la détermination de l'émission accessible. La condition 1 s'applique aux longueurs d'ondes pour lesquelles la vision assistée de faisceaux collimatés avec des dispositifs optiques télescopiques peut augmenter le danger. La condition 3 s'applique à l'œil nu. Pour la mesure de la puissance et de l'énergie du rayonnement laser à balayage, seule la condition 3 doit être utilisée.

Pour la classification des appareils à laser destinés à être utilisés exclusivement à l'intérieur et lorsque la vision dans le faisceau avec des dispositifs optiques télescopiques comme les jumelles n'est pas raisonnablement prévisible, l'application de la condition 1 n'est pas requise.

NOTE 1 La condition de mesure 3 comprend également une évaluation du rayonnement accessible pour la vision avec une loupe à faible grossissement. La vision avec un dispositif optique à grossissement plus fort, comme cela peut être le cas pour les systèmes par fibres optiques, est couverte par l'IEC 60825-2. Les limites du modèle de classification sont présentées à l'Article C.3, avec des suggestions de cas où une analyse du risque et des avertissements supplémentaires peuvent être appropriés. La condition 2 était utilisée dans les éditions précédentes de la présente Partie 1 comme condition "loupe".

La plus restrictive des conditions de mesure applicables doit être appliquée. Si la condition la plus restrictive n'est pas évidente, les deux conditions doivent être évaluées. Pour les classes 1M ou 2M, il peut être nécessaire d'évaluer les deux conditions.

Les deux modèles d'évaluation suivants sont spécifiés.

a) Une méthode simplifiée (par défaut), où l'essai pour la classification est effectué à une distance fixe (voir Tableau 10) par rapport au point de référence, qui peut généralement être facilement identifiée (voir Tableau 11). Pour cette évaluation simplifiée, il n'est pas nécessaire de déterminer le diamètre apparent de la source apparente, étant donné que C_6 (voir le Tableau 9) est égal à l'unité.

b) Pour un rayonnement avec des longueurs d'ondes dans le domaine spectral de danger rétinien de 400 nm à 1 400 nm, lorsque la LEA est augmentée par un paramètre C_6 avec

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

des valeurs supérieures à 1 pour les sources étendues, il est nécessaire d'évaluer la classe de l'appareil (c'est-à-dire de comparer la valeur d'émission accessible avec la LEA correspondante) à la position la plus restrictive dans le faisceau. Cette deuxième méthode est plus complexe que l'évaluation par défaut du point a) ci-dessus mais, pour les sources étendues, elle peut permettre des valeurs d'émission accessible plus élevées.

NOTE 2 La position la plus restrictive ne se situe pas, dans de nombreux cas, à une distance de 100 mm du point de référence utilisé pour l'évaluation principale, mais plus loin. La détermination du diamètre apparent de la source apparente à une distance de 100 mm du point de référence entraîne, dans ces cas, une LEA qui dépasse la LEA déterminée à la position la plus restrictive.

Si l'évaluation simplifiée (par défaut) entraîne la classification désirée, il n'est pas nécessaire d'effectuer l'évaluation complète pour les sources étendues (voir 5.4.3), même si la source réelle peut être étendue et le facteur réel C_6 peut être supérieur à 1 et la position la plus restrictive est différente de la position donnée au Tableau 10.

NOTE 3 Si la source est une diode laser nue ou si elle émet un faisceau laser bien collimaté, l'évaluation simplifiée (par défaut) est généralement appropriée, c'est-à-dire qu'elle produit des résultats équivalents à ceux de la méthode de la source étendue décrite en 5.4.3.

5.4.2 Évaluation par défaut (simplifiée)

Les distances de mesure simplifiées par défaut du Tableau 10 sont applicables:

– pour les sources avec des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 1 400 nm, ou
– si le facteur C_6 est égal à 1, ou
– pour la limite photochimique pour la rétine, pour des valeurs de bases de temps supérieures à 100 s, lorsque l'angle d'admission de mesure n'est pas restreint (c'est-à-dire qu'il doit être au moins aussi grand que le diamètre apparent de la source apparente),
– pour les autres limites qui ne sont ni des limites photochimiques ni des limites thermiques (c'est-à-dire qui ne dépendent pas de C_6) pour la rétine (telles que les LEA de la classe 3B).

Les distances spécifiées au Tableau 10 sont définies comme les distances par rapport aux points de référence énumérés au Tableau 11.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau 10 – Diamètres d'ouverture de mesure et distances de mesure pour l'évaluation par défaut (simplifiée)

	Condition 1 *appliquée au faisceau collimaté où un télescope ou des jumelles, par exemple, peuvent augmenter le danger*[a]		**Condition 2** *applicable aux systèmes de communication par fibres optiques, voir l'IEC 60825-2*	**Condition 3** *appliquée pour déterminer l'irradiation applicable à l'œil nu, aux dispositifs optiques à faible grossissement et aux faisceaux à balayage*	
Longueur d'onde nm	**Diaphragme** mm	**Distance** mm		**Diaphragme/ ouverture délimitante** mm	**Distance** mm
< 302,5	–	–		1	0
≥ 302,5 à 400	7	2 000		1	100
≥ 400 à 1 400	50	2 000	Voir la NOTE 1 en 5.4.1	7	100
≥ 1 400 à 4 000	7 × Condition 3	2 000	Voir la NOTE 1 en 5.4.1	1 pour $t \leq 0{,}35$ s $1{,}5\ t^{3/8}$ pour 0,35 s < t < 10 s 3,5 pour $t \geq 10$ s (t en s)	100
≥ 4 000 à 10^5	–	–		1 pour $t \leq 0{,}35$ s $1{,}5\ t^{3/8}$ pour 0,35 s < t < 10 s 3,5 pour $t \geq 10$ s (t en s)	0
≥ 10^5 à 10^6	–	–		11	0

NOTE Les descriptions figurant sous les titres "Condition" sont des cas typiques donnés uniquement à titre d'information et ne sont pas destinées à être exclusives.

[a] La condition 1 ne s'applique pas à la classification des appareils à laser destinés à être utilisés exclusivement à l'intérieur et lorsque la vision dans le faisceau avec le dispositif optique télescopique comme les jumelles ou les télescopes n'est pas raisonnablement prévisible.

Tableau 11 – Points de référence pour la Condition 3

Type d'appareil	**Point de référence**
Émetteurs à semi-conducteurs (par exemple, diodes laser, diodes superluminescentes)	Emplacement physique de la puce émettrice
Émission à balayage (y compris les lasers linéaires à balayage)	Sommet du balayage (point pivot du faisceau à balayage)
Laser linéaire	Point de focalisation de la ligne (sommet de l'angle d'étalement)
Sortie de la fibre	Extrémité de la fibre
Sources totalement diffuses	Surface du diffuseur
Autres	Col du faisceau
Pour les mesures en condition 3, si le point de référence est situé à l'intérieur du capot de protection (c'est-à-dire s'il n'est pas accessible) à une distance du point le plus proche de l'accès de personnes supérieure à la distance de mesure spécifiée au Tableau 10, la mesure doit être effectuée au point le plus proche de l'accès de personnes. Pour la condition 1, les mesures sont à effectuer avec un minimum de 2 m de distance à partir du point le plus proche de l'accès de personnes, indépendamment de l'emplacement de la source.	

5.4.3 Condition d'évaluation pour les sources étendues

Pour les longueurs d'ondes dans le domaine spectral de danger rétinien (400 nm à 1 400 nm), l'émission accessible et la LEA pour la classification doivent être déterminées à la position la plus restrictive:

– lorsqu'une valeur de C_6 supérieure à 1 est considérée pour la détermination de la LEA, ou

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– lorsqu'un angle d'admission limite est considéré pour la détermination de l'émission accessible afin de comparer avec les limites photochimiques pour la rétine.

L'émission accessible et la LEA (C_6) sont déterminées ensemble (c'est-à-dire qu'il s'agit de valeurs couplées) en différents emplacements à l'intérieur du faisceau, et les valeurs obtenues pour la position la plus restrictive sont utilisées pour déterminer la classe de l'appareil. Cela implique que l'émission accessible (qui est comparée à la LEA) et la LEA sont déterminées pour le même emplacement à l'intérieur du faisceau, c'est-à-dire que le diamètre apparent de la source apparente α (et par conséquent C_6) est déterminé à l'emplacement du diaphragme qui est utilisé pour déterminer l'émission accessible. Pour la condition 3 de mesure, la distance entre l'emplacement de la mesure et le point de référence n'est jamais inférieure à la distance de mesure par défaut et pour la condition 1, la distance entre l'emplacement de la mesure et le point le plus proche de l'accès de personnes n'est jamais inférieure à 2 mètres et la distance entre l'emplacement de la mesure et le point de référence de la mesure de la petite source n'est jamais inférieure à 2 mètres. Dans le cas où la divergence du faisceau laser est inférieure à 1,5 mrad, alors le diamètre apparent de la source apparente α est inférieur à α_{min} et la détermination de l'émission accessible peut être effectuée dans les conditions spécifiées en 5.4.2.

NOTE 1 Si la source est diffuse, par exemple un faisceau laser reçu par une plaque déflectrice de transmission, le diffuseur peut alors être considéré comme l'emplacement de la source apparente et le modèle d'émission au niveau du diffuseur est utilisé pour déterminer le diamètre apparent de la source apparente (voir 4.3 d)) pour la méthode d'évaluation des modèles non uniformes).

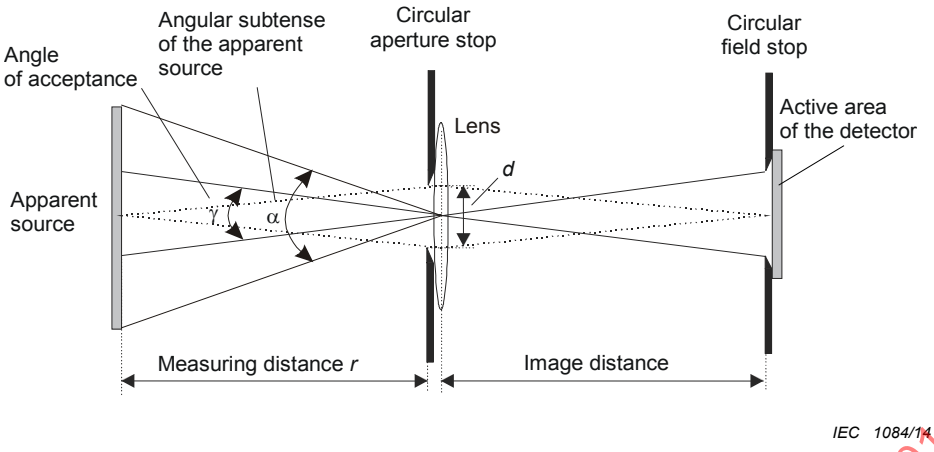
NOTE 2 Dans certains montages plus complexes avec des sources multiples ou des points de focalisation multiples, il peut être plus approprié d'utiliser une technique plus élaborée, telle que le lancer de rayon.

NOTE 3 Pour les appareils à laser émettant un faisceau à balayage, en fonction de la condition de formation de l'image de la source apparente, un faisceau à balayage peut avoir pour résultat l'image de la source apparente balayée sur la rétine, ce qui donne une source apparente mobile. Si une source apparente mobile est à prendre en compte dans la classification, la classification de l'appareil est basée sur la méthode d'évaluation décrite ici pour les sources étendues (en comparaison avec l'analyse simplifiée pour laquelle on suppose qu'une petite source est fixe). La source apparente mobile est à évaluer conformément à la description de 4.3 d) en tenant compte de la nature des impulsions répétitives de l'émission accessible déterminée avec l'angle d'admission correspondant.

a) Diamètres d'ouverture

Pour la condition 1 et la condition 3, pour la détermination de l'émission accessible, ainsi que du diamètre apparent de la source apparente (les deux devant être déterminés à la position la plus restrictive dans le faisceau), les diamètres d'ouverture et les distances de mesure minimales spécifiés au Tableau 10 doivent être utilisés (voir les Figures 1 et 2).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

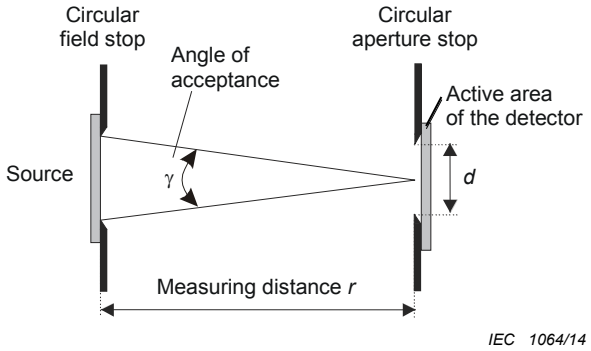


Légende

Anglais	Français
Angle of acceptance	Angle d'admission
Angular subtense of the apparent source	Diamètre apparent de la source apparente
Circular aperture stop	Diaphragme de forme circulaire
Lens	Lentille
Circular field stop	Diaphragme de champ circulaire
Active area of the detector	Zone active du détecteur
Image distance	Distance de l'image
Measuring distance	Distance de mesure
Apparent source	Source apparente

Figure 1 – Installation de mesure pour limiter l'angle d'admission par formation de l'image de la source apparente sur le plan du diaphragme de champ

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



NOTE Lorsque la source apparente n'est pas accessible, cette installation n'est pas appropriée.

Légende

Anglais	Français
Circular field stop	Diaphragme de champ circulaire
Angle of acceptance	Angle d'admission
Circular aperture stop	Diaphragme de forme circulaire
Active area of the detector	Zone active du détecteur
Measuring distance *r*	Distance de mesure *r*

Figure 2 – Installation de mesure pour limiter l'angle d'admission en plaçant une ouverture circulaire ou un masque (servant de diaphragme de champ) près de la source apparente

b) Angle d'admission

L'angle d'admission est l'angle sous-tendu par le diamètre du diaphragme de champ à partir d'un point au centre de la lentille de la Figure 1 (pour les petits angles) ou par le rapport du diamètre du diaphragme de champ et de la distance source-détecteur (Figure 2). Les pertes dues à la lentille sont à prendre en considération.

Pour la condition 3, l'angle d'admission pour la détermination du niveau d'émission accessible doit être tel qu'indiqué en 1) et 2) ci-dessous. Pour la condition 1, l'angle d'admission est déterminé en divisant les valeurs données en 1) et 2) par un facteur 7.

1) Limites photochimiques pour la rétine

Pour ce qui concerne les mesures des sources à évaluer par rapport aux limites photochimiques (400 nm à 600 nm), l'angle d'admission limite γ_{ph} est donné au Tableau 12.

Tableau 12 – Angle d'admission limite γ_{ph}

Durée d'émission s	γ_{ph} pour la Condition 1 mrad	γ_{ph} pour la Condition 3 mrad
$10 < t \leq 100$	1,6	11
$100 < t \leq 10^4$	$0{,}16 \times t^{0{,}5}$	$1{,}1 \times t^{0{,}5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110

Si le diamètre apparent de la source α est supérieur à l'angle d'admission limite spécifié γ_{ph}, il convient que ce dernier ne soit pas supérieur aux valeurs spécifiées pour γ_{ph}. Si le diamètre apparent de la source α est inférieur à l'angle d'admission limite spécifié γ_{ph}, ce dernier doit entièrement entourer la source en question, mais sinon, il n'a pas à être bien défini (c'est-à-dire que l'angle d'admission n'a pas à être limité à γ_{ph}).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

NOTE 5 Pour les mesures de sources discrètes, où $\alpha < \gamma_{ph}$, il n'est pas nécessaire de le faire avec un angle d'admission spécifique et bien défini. Pour obtenir un angle d'admission bien défini, il peut être défini, soit par formation d'une image de la source sur un diaphragme de champ, soit en masquant partiellement la source – voir respectivement les Figures 1 et 2.

2) Toutes les autres limites pour la rétine

Pour ce qui concerne la mesure du rayonnement, à comparer aux limites pour la rétine autres que celles photochimiques, l'angle d'admission doit entourer entièrement la source en question (c'est-à-dire que l'angle d'admission doit être au moins aussi grand que le diamètre apparent de la source α). Cependant, si $\alpha > \alpha_{max}$, l'angle d'admission limite est α_{max}. Dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm, pour ce qui concerne l'évaluation d'une source apparente avec un profil d'éclairement énergétique irrégulier de l'image de la source apparente (profil de radiance de la source), par exemple se composant de plusieurs points, l'angle d'admission est à faire varier dans la gamme de $\alpha_{min} \leq \gamma \leq \alpha_{max}$ (voir 4.3 d)).

6 Spécifications techniques

6.1 Remarques générales et modifications

Il est exigé d'incorporer dans les appareils à laser certains dispositifs de sécurité en fonction de la classe à laquelle ils ont été affectés par le fabricant. Les exigences relatives à ces dispositifs sont exposées de 6.2 à 6.13. Le fabricant doit s'assurer que le personnel responsable de la classification des appareils à laser et des systèmes à laser a reçu une formation de niveau approprié pour lui permettre de comprendre complètement les implications du système de classification.

Si la modification d'un appareil à laser précédemment classifié affecte un aspect des performances ou des fonctions prévues de l'appareil entrant dans le domaine d'application de la présente norme, la personne ou l'organisme effectuant une telle modification assume la responsabilité d'assurer une nouvelle classification et un nouvel étiquetage de l'appareil à laser.

NOTE Le terme modification est compris comme limité aux modifications qui modifient la classification ou la conformité à la présente norme.

6.2 Capot de protection

6.2.1 Généralités

Tout appareil à laser doit avoir un capot de protection qui, lorsqu'il est en place, empêche l'accès de personnes à un rayonnement laser (y compris un rayonnement laser erratique) excédant la LEA de la classe 1, sauf où l'accès de personnes est nécessaire pour remplir la ou les fonctions de l'appareil.

Lorsque la classification d'un appareil à laser est basée sur la prévention de l'accès de personnes à un niveau d'énergie équivalent à la classe 4 (par exemple, pour les machines à laser), il faut que le capot de protection résiste à des expositions dans des conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles (voir 5.1), sans intervention humaine. Si le capot de protection a des dimensions permettant l'entrée de personnes, voir 6.13.

La maintenance des appareils à laser des classes 1, 1C, 1M, 2, 2M ou 3R ne doit pas autoriser l'accès de personnes à des niveaux de rayonnement laser des classes 3B ou 4. La maintenance des appareils à laser de la classe 3B ne doit pas autoriser l'accès de personnes à des niveaux de rayonnement laser de la classe 4.

6.2.2 Entretien

Toute partie du capot de protection d'un appareil à laser (y compris les appareils avec laser incorporé) qui peut être enlevée ou déplacée pour l'entretien, et qui pourrait permettre l'accès à un rayonnement laser excédant les LEA assignées et qui n'est pas verrouillée (voir 6.3),

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

doit être fixée de telle façon que le démontage ou le déplacement de cette partie nécessite l'utilisation d'un ou de plusieurs outils.

6.2.3 Système à laser démontable

Si un système à laser peut être séparé de son capot de protection et mis en service en le branchant simplement sur une alimentation électrique ou une batterie, le système à laser doit satisfaire aux exigences de fabrication des Articles 6 et 7 qui conviennent à sa classe.

6.3 Panneaux d'accès et verrouillages de sécurité

6.3.1 Un verrouillage de sécurité doit être prévu pour les panneaux d'accès des capots de protection lorsque les deux conditions suivantes sont remplies:

a) le panneau d'accès est conçu pour être retiré ou déplacé au cours de la maintenance ou du fonctionnement, et

b) le retrait ou le déplacement du panneau permet l'accès aux niveaux de rayonnement laser indiqués par un "X" dans le Tableau 13 ci-dessous.

L'applicabilité d'un verrouillage de sécurité est indiquée par (X) dans le Tableau 13 ci-dessous.

Tableau 13 – Exigences pour les verrouillages de sécurité

Classe de l'appareil	Niveaux de rayonnement accessibles pendant ou après le retrait du panneau d'accès en l'absence de verrouillage ou pour un verrouillage neutralisé				
	1, 1M	2, 2M	3R	3B	4
1, 1M, 1C	–	–	X	X	X
2, 2M	–	–	X	X	X
3R	–	–	–	X	X
3B	–	–	–	X	X
4	–	–	–	X	X

Le retrait ou l'ouverture d'un panneau à verrouillage d'un appareil à laser des classes 1, 1C, 1M, 2 ou 2M ne doit pas provoquer d'émission par cette ouverture dépassant la LEA des classes 1M ou 2M, le cas échéant selon la longueur d'onde, à moins que le verrouillage ne soit neutralisé après l'ouverture du panneau. Le retrait ou l'ouverture d'un panneau à verrouillage d'un appareil à laser des classes 3R, 3B ou 4 ne doit pas provoquer d'émission par cette ouverture dépassant la LEA de la classe 3R, à moins que le verrouillage ne soit neutralisé après l'ouverture du panneau. Une classe supérieure de puissance/d'énergie du laser peut être émise du panneau ouvert avec le verrouillage neutralisé.

NOTE Une émission supérieure à la LEA de la classe de l'appareil qui est destinée au fonctionnement entraîne une augmentation de la classification de l'appareil. Une émission supérieure à la LEA de la classe de l'appareil qui est destinée à la maintenance peut influencer la classification de l'appareil (voir 6.2.1).

Lorsqu'un verrouillage de sécurité est requis, il doit empêcher l'accès à des niveaux de rayonnement signalés par X dans le Tableau 13 lorsque le panneau est retiré. La neutralisation involontaire du verrouillage de sécurité ne doit pas permettre l'émission à des valeurs supérieures à la LEA applicable au Tableau 13. Ces verrouillages doivent être conformes aux exigences de la norme IEC de sécurité de produit applicable (voir l'Article 1).

Les exigences de 5.1 concernant les conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles s'appliquent également aux verrouillages de sécurité.

6.3.2 Si un mécanisme de neutralisation volontaire est prévu, le fabricant doit également prévoir des instructions adéquates concernant les méthodes assurant la sécurité du travail.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Il ne doit pas être possible de laisser en place la neutralisation quand le panneau d'accès est remis dans sa position normale. Une exception à cette exigence est autorisée si la sélection d'un mode "neutralisation" pour entretien isole automatiquement le faisceau laser et empêche la reprise automatique du fonctionnement de la machine. Cette exception exige également un sélecteur de mode verrouillable et exige une neutralisation manuelle pour pouvoir utiliser le faisceau.

Il convient que le circuit de verrouillage soit toutefois configuré (via des contacts de relais de verrouillage ou autre technologie) de sorte que, même en mode neutralisation, si une porte ouverte est fermée, il repasse automatiquement en fonctionnement de verrouillage normal (en éliminant les hypothèses de "sécurité positive" potentielles concernant le panneau ou la porte).

Le verrouillage doit être clairement associé à une plaque, conformément à 7.10.2. L'utilisation de la neutralisation doit provoquer un avertissement visuel ou auditif tant que le laser est excité ou que les batteries de condensateurs ne sont pas complètement déchargées, que le panneau d'accès soit ou non enlevé ou déplacé. Les avertissements visuels doivent être clairement perceptibles au travers des protecteurs oculaires spécialement conçus ou spécifiés pour la ou les longueurs d'ondes du rayonnement laser accessible.

6.4 Connecteur de verrouillage à distance

Chaque système à laser de classe 3B et de classe 4 doit être équipé d'un connecteur de verrouillage à distance. Lorsque les bornes du connecteur ne sont pas raccordées électriquement, le rayonnement accessible ne doit pas dépasser la LEA de classe 1M ou de classe 2M, suivant l'applicabilité. Cela n'est pas requis pour les systèmes à laser portatifs de classe 3B alimentés par batterie.

NOTE Les fabricants peuvent inclure un deuxième connecteur de verrouillage qui ne nécessite pas d'action active pour démarrer l'émission, mais il n'est pas nécessaire qu'un appareil ait deux connecteurs.

6.5 Réinitialisation manuelle

Chaque système à laser de classe 4 doit être équipé d'un dispositif manuel de réinitialisation permettant de reprendre l'émission du rayonnement laser accessible de classe 4 après une interruption d'émission due à l'utilisation du connecteur de verrouillage à distance ou une interruption de plus de 5 s du réseau d'alimentation électrique.

6.6 Commande à clé

Chaque système à laser de classe 3B et de classe 4 doit être équipé d'un organe de commande principal actionné par clé. La clé doit pouvoir être retirée et le rayonnement laser ne doit pas être accessible lorsque la clé est retirée.

NOTE Dans la présente Partie 1, le terme "clé" peut désigner tout autre dispositif de commande, tel que des cartes magnétiques, des combinaisons chiffrées, des mots de passe d'ordinateurs, etc.

6.7 Avertissement d'émission de rayonnement laser

6.7.1 Chaque système à laser de classe 3R dans la gamme des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 700 nm, et chaque système à laser de classe 1C, de classe 3B et de classe 4 doit satisfaire aux exigences suivantes.

6.7.2 Un dispositif d'avertissement doit donner un signal auditif ou visuel quand le système à laser est mis en marche ou si n'importe quelle batterie de condensateurs d'un laser à impulsions est en cours de charge ou n'a pas été déchargée de façon certaine. Le dispositif d'avertissement doit être à sécurité positive ou redondant. Tout dispositif d'avertissement visible doit être clairement visible à travers un protecteur oculaire conçu spécifiquement pour la ou les longueurs d'ondes du rayonnement laser émis. Le ou les dispositifs d'avertissement

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

visibles doivent être situés de façon que leurs observations ne nécessitent pas l'exposition au rayonnement laser excédant les LEA des classes 1M et 2M.

6.7.3 Chaque contrôle de fonctionnement et ouverture du laser qui peuvent être séparés par une distance de 2 m ou plus du dispositif d'avertissement de rayonnement doivent eux-mêmes comporter un tel dispositif d'avertissement. Le dispositif d'avertissement doit être clairement visible ou audible par une personne à proximité d'un contrôle de fonctionnement ou d'une ouverture du laser.

NOTE L'exigence d'indicateur d'émission peut être satisfaite sur un appareil à main sur lequel l'ouverture et les commandes sont proches lorsqu'il comprend un interrupteur de repos à contact momentané, qui donne une indication claire et tactile de l'émission.

6.7.4 Si le rayonnement laser peut être distribué à travers plus d'une ouverture, un dispositif d'avertissement visible doit clairement indiquer l'ouverture ou les ouvertures à travers la ou lesquelles peut sortir le rayonnement laser, conformément à 6.7.2.

6.7.5 Pour un dispositif à main de Classe 3R, un interrupteur à contact momentané qui doit être continuellement actionné pour permettre l'émission peut être utilisé au lieu de l'exigence d'indicateur d'émission.

6.8 Arrêt de faisceau ou atténuateur

Chaque système à laser de classe 3B et de classe 4 doit être équipé d'un ou de plusieurs moyens d'atténuation ou d'arrêt de l'émission, fixés à demeure (par exemple, arrêt de faisceau, atténuateur, commande électrique ou interrupteur). L'arrêt, l'interrupteur ou l'atténuateur de faisceau doit pouvoir empêcher l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA des classes 1M ou 2M, suivant l'applicabilité.

6.9 Commandes

Tout appareil à laser doit avoir des commandes situées de façon que son réglage et son fonctionnement ne nécessitent pas une exposition au rayonnement laser équivalente aux classes 3R, 3B ou 4.

6.10 Optiques d'observation

Toutes les optiques d'observation, regards ou écrans de visualisation incorporés à un appareil à laser doivent assurer une atténuation suffisante pour empêcher l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA de la classe 1M, et, pour tout obturateur ou atténuateur variable incorporé dans les optiques d'observation, regards ou écrans de visualisation, des mesures doivent être prises pour:

a) empêcher l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA pour la classe 1M tant que l'obturateur est ouvert ou que l'atténuation est modifiée;

b) empêcher l'ouverture de l'obturateur ou la manœuvre de l'atténuateur, lorsque l'exposition à un rayonnement laser dépassant les LEA de la classe 1M est possible.

6.11 Sécurité de balayage

Les appareils à laser destinés à émettre un rayonnement à balayage et classifiés sur cette base ne doivent pas, en cas de défaillance de balayage ou d'une modification, soit de la vitesse de balayage, soit de l'amplitude du balayage, permettre l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA de la classe appropriée, à moins que l'exposition de personnes ne soit pas raisonnablement prévisible au cours de l'intervalle de temps entre la défaillance et lorsque la sécurité de balayage réduit l'émission à des niveaux inférieurs à la LEA de la classe de l'appareil (voir aussi 5.1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

6.12 Sécurité pour les appareils de classe 1C

Outre l'exposition prévue du tissu cible, un appareil de classe 1C ne doit pas autoriser l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant la LEA pour

a) la classe 1 mesurée en condition 3 et

b) la classe 3B mesurée à travers une ouverture de 3,5 mm placée à 5 mm de distance de l'applicateur, l'applicateur se déplaçant latéralement

applicable pendant la durée de l'émission à la suite de la perte de contact. Voir l'IEC 61508 pour s'informer sur les exigences de performance et la fiabilité des dispositifs de sécurité, bien qu'une analyse complète puisse être facultative.

6.13 Accès "à pied"

Si un capot de protection est équipé d'un panneau d'accès qui prévoit un accès "à pied", alors:

a) des moyens doivent être fournis de façon à ce que toute personne à l'intérieur de l'enceinte de protection puisse prévenir le danger de mise en marche d'un laser équivalent à la classe 3B ou à la classe 4;

b) un dispositif d'avertissement doit être placé de manière à alerter toute personne susceptible d'être à l'intérieur de l'enceinte de protection, de la présence de l'émission d'un rayonnement laser équivalent à la classe 3R dans la gamme des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 700 nm, ou d'un rayonnement laser équivalent à la classe 3B ou à la classe 4;

c) lorsque l'accès "à pied" au cours du fonctionnement est prévu ou raisonnablement prévisible, l'émission de rayonnement laser équivalent à la classe 3B ou à la classe 4, pendant que quelqu'un se trouve à l'intérieur de l'enceinte de protection d'un appareil de classe 1, de classe 2 ou de classe 3R, doit être empêchée par des moyens techniques.

NOTE Les méthodes pour empêcher l'accès de personnes au rayonnement lorsque des personnes se trouvent à l'intérieur de l'enceinte de protection peuvent comprendre des tapis de sol sensibles à la pression, des détecteurs à infrarouge, etc.

6.14 Conditions d'environnement

L'appareil à laser doit satisfaire aux exigences de sécurité définies dans la présente norme dans toutes les conditions prévisibles et appropriées à son fonctionnement pour son utilisation normale. Les paramètres qui doivent être pris en compte sont:

– les conditions climatiques (par exemple température, humidité relative);

– les vibrations et les chocs.

Si aucune disposition n'a été prévue dans une norme de sécurité de produit spécifique, les paragraphes appropriés de l'IEC 61010-1 peuvent s'appliquer.

NOTE Les exigences relatives à la compatibilité électromagnétique sont à l'étude.

6.15 Protection contre les autres dangers

6.15.1 Dangers non liés au rayonnement optique

Les exigences de toute norme de sécurité de produit applicable doivent être satisfaites en fonctionnement normal et en condition de premier défaut pour les dangers suivants:

– dangers électriques;

– température excessive (élevée ou faible);

– risque de propagation d'incendie à partir de l'appareil;

– sons et ultrasons;

– substances dangereuses;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

– explosion.

Si aucune disposition n'a été prévue dans une norme de sécurité de produit spécifique, les paragraphes appropriés de l'IEC 61010-1 peuvent s'appliquer.

NOTE De nombreux pays ont leurs réglementations sur le contrôle des substances toxiques ou nocives.

6.15.2 Rayonnement connexe

Le capot de protection des appareils à laser doit normalement assurer une protection contre les dangers des rayonnements connexes (par exemple, rayonnement ultraviolet, visible, infrarouge). Cependant, s'il demeure une inquiétude concernant le danger d'un rayonnement connexe accessible, les valeurs des EMP pour les lasers peuvent être appliquées pour minimiser ce danger.

6.16 Circuit de régulation de puissance

Si un circuit de régulation de puissance est utilisé pour limiter l'alimentation électrique de l'émetteur laser, de sorte que la LEA de la classe de laser spécifiée n'est pas dépassée en fonctionnement, le circuit doit aussi limiter les émissions dans des conditions de premier défaut raisonnablement prévisibles et prendre en compte l'effet de la température sur l'émission de l'appareil.

NOTE Cela s'applique généralement aux diodes laser à semi-conducteurs pour lesquelles une pointe de tension peut provoquer un rayonnement supérieur à la LEA. Les paramètres de fonctionnement recommandés pour les diodes laser (par exemple, courant et température) sont généralement bien inférieurs au régime de saturation de gain afin de garantir de bonnes caractéristiques spectrales. C'est pourquoi une augmentation significative de l'émission du laser peut se produire et dépasser les paramètres recommandés.

7 Étiquetage

7.1 Généralités

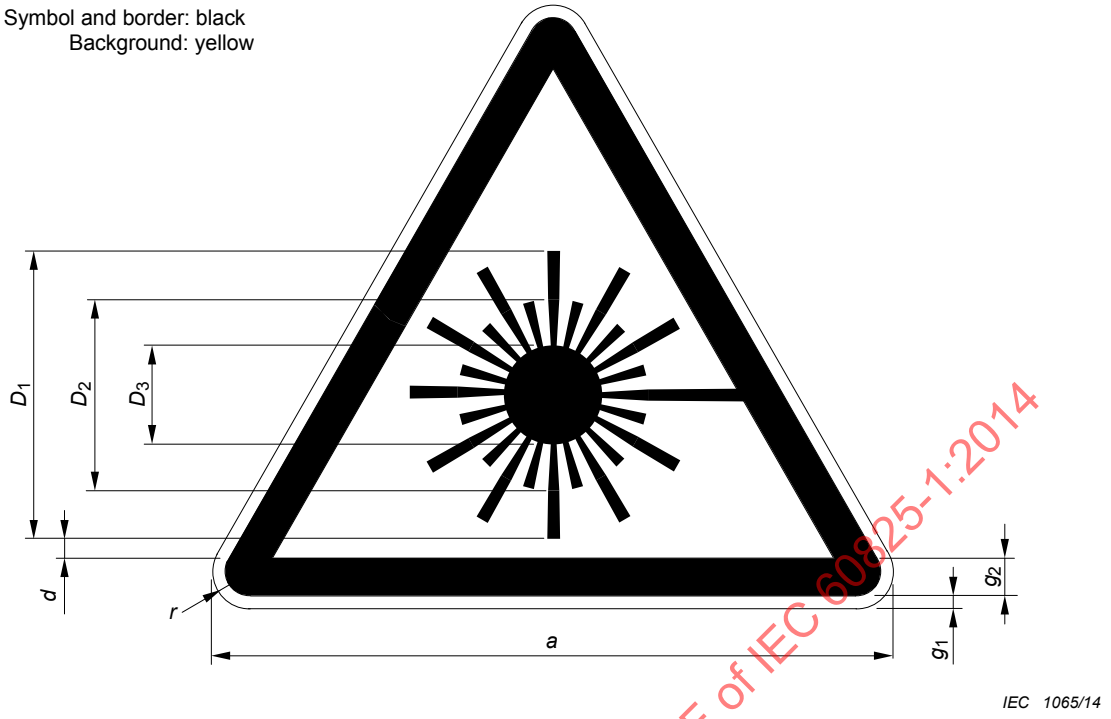
Tout appareil à laser doit être muni de plaque(s) indicatrice(s) conformément aux exigences contenues dans les articles suivants. Les plaques indicatrices doivent être fixées de façon durable, permanente, lisible et clairement visible au cours du fonctionnement, de la maintenance ou de l'entretien, suivant le cas. Elles doivent être placées de façon que leur lecture ne nécessite pas l'exposition de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA de la classe 1. La bordure, le texte et les symboles doivent être en noir sur fond jaune sauf pour la classe 1, où cette combinaison de couleurs n'a pas à être utilisée.

Le libellé des plaques indicatrices présentées à l'Article 7 est recommandé mais non obligatoire. D'autres libellés ayant la même signification (y compris les plaques d'avertissement des éditions précédentes de l'IEC 60825-1) peuvent être substitués. L'Annexe C donne des informations supplémentaires sur les classes de laser, leurs hypothèses et leurs limites.

Si la taille ou la conception de l'appareil rend l'étiquetage impossible, la plaque indicatrice doit être reproduite dans le guide de l'utilisateur ou placée sur l'emballage.

L'impression ou la gravure directe des plaques indicatrices équivalentes sur l'appareil à laser ou sur des panneaux est acceptable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



Dimensions en millimètres

Légende

Anglais	Français
Symbol and border: black	Symbole et bordure: noir
Background: yellow	Fond: jaune

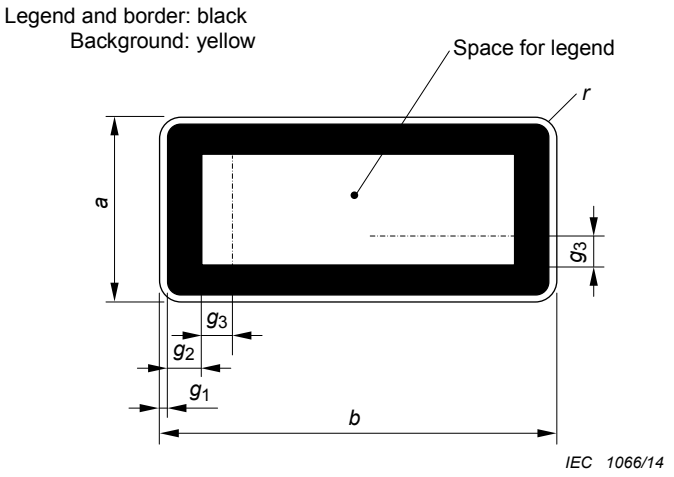
a	g_1	g_2	*r*	D_1	D_2	D_3	*d*
25	0,5	1,5	1,25	10,5	7	3,5	0,5
50	1	3	2,5	21	14	7	1
100	2	6	5	42	28	14	2
150	3	9	7,5	63	42	21	3
200	4	12	10	84	56	28	4
400	8	24	20	168	112	56	8
600	12	36	30	252	168	84	12
Les dimensions D_1, D_2, D_3, g_1 et *d* sont des valeurs recommandées.							

NOTE 1 L'aire minimale *A* de la plaque est liée à la plus grande distance *L* à laquelle la plaque peut être comprise, par la formule: $A = L^2/2\,000$, où *A* et *L* sont exprimées, respectivement, en mètres carrés et en mètres. Cette formule convient pour des distances *L* inférieures à 50 m environ.

NOTE 2 Ces dimensions sont des valeurs recommandées. Pourvu que les valeurs soient proportionnelles, le symbole et la bordure peuvent être de n'importe quelle dimension lisible compatible avec les dimensions de l'appareil à laser.

Figure 3 – Plaque d'avertissement – Symbole de danger

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



Dimensions en millimètres

Légende

Anglais	Français
Legend and border: black	Légende et bordure: noir
Background: yellow	Fond: jaune
Space for legend	Espace pour légende

$a \times b$	g_1	g_2	g_3	r	Hauteur minimale des lettres
26 × 52	1	4	4	2	Les lettres doivent être d'une taille qui les rend lisibles
52 × 105	1,6	5	5	3,2	
84 × 148	2	6	7,5	4	
100 × 250	2,5	8	12,5	5	
140 × 200	2,5	10	10	5	
140 × 250	2,5	10	12,5	5	
140 × 400	3	10	20	6	
200 × 250	3	12	12,5	6	
200 × 400	3	12	20	6	
250 × 400	4	15	25	8	
La dimension g_1 est recommandée.					

NOTE 1 L'aire minimale A de la plaque est liée à la plus grande distance L à laquelle la plaque peut être comprise, par la formule: $A = L^2/2\,000$, où A et L sont exprimées, respectivement, en mètres carrés et en mètres. Cette formule convient pour des distances L inférieures à 50 m environ.

NOTE 2 Ces dimensions sont des valeurs recommandées. La plaque peut être de n'importe quelle dimension nécessaire pour contenir les lettres et l'entourage requis. La largeur minimale de chaque entourage (dimensions g_2 et g_3) est de 0,06 fois la longueur du plus petit côté de la plaque.

Figure 4 – Plaque indicatrice explicative

7.2 Classe 1 et classe 1M

À l'exception de ce qui est admis à l'Article 1, sur chaque appareil à laser de classe 1, une plaque indicatrice explicative (Figure 4) doit être apposée, portant la mention suivante:

APPAREIL À LASER DE CLASSE 1

En variante, la plaque illustrée dans la Figure 5 peut être fixée sur l'appareil:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

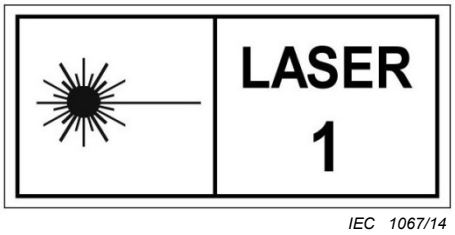


Figure 5 – Variante de plaque pour la Classe 1

Sur chaque appareil à laser de classe 1M, une plaque indicatrice explicative (Figure 4) doit être apposée, portant la mention suivante:

RAYONNEMENT LASER
NE PAS EXPOSER LES UTILISATEURS DE DISPOSITIF OPTIQUE TÉLESCOPIQUE
APPAREIL À LASER DE CLASSE 1M

En variante, la plaque de la Figure 6 peut être fixée sur l'appareil:

Légende

Anglais	Français
Caution	Attention

Figure 6 – Variante de plaque pour la Classe 1M

À la place des plaques indicatrices ci-dessus sur l'appareil, à l'initiative du fabricant, les mêmes mentions peuvent être incluses dans les renseignements destinés à l'utilisateur.

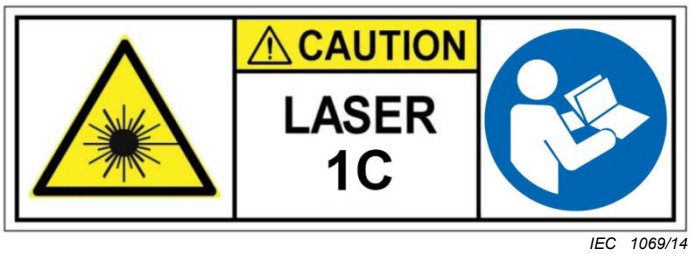
7.3 Classe 1C

Sur tout appareil à laser de classe 1C doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

RAYONNEMENT LASER
SUIVRE LES INSTRUCTIONS
APPAREIL À LASER DE CLASSE 1C

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

En variante, la plaque de la Figure 7 peut être fixée sur l'appareil:



Légende

Anglais	Français
Caution	Attention

Figure 7 – Variante de plaque pour la Classe 1C

7.4 Classe 2 et classe 2M

Sur tout appareil à laser de classe 2 doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU
APPAREIL À LASER DE CLASSE 2

En variante, la plaque de la Figure 8 peut être fixée sur l'appareil:

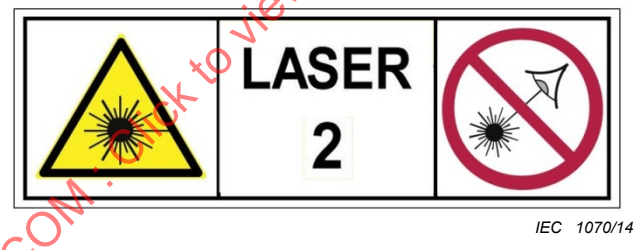


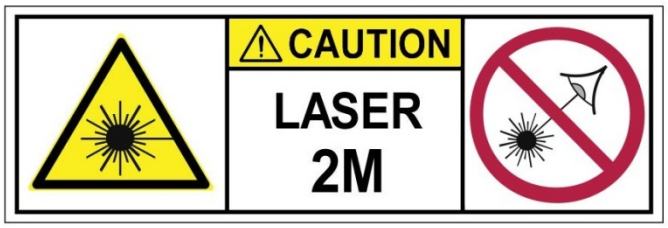
Figure 8 – Variante de plaque pour la Classe 2

Sur tout appareil à laser de classe 2M doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

RAYONNEMENT LASER
NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU NI EXPOSER LES UTILISATEURS DE DISPOSITIF OPTIQUE TELESCOPIQUE
APPAREIL À LASER DE CLASSE 2M

En variante, la plaque de la Figure 9 peut être fixée sur l'appareil:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014



IEC 1071/14

Légende

Anglais	Français
Caution	Attention

Figure 9 – Variante de plaque pour la Classe 2M

NOTE Les utilisateurs sont avertis par les étiquetages ci-dessus de ne pas regarder dans le faisceau, c'est-à-dire d'avoir des réactions actives de protection, en bougeant la tête ou en fermant les yeux, et d'éviter de regarder dans le faisceau en continu et de manière intentionnelle. Voir aussi les informations détaillées dans l'Annexe C.

7.5 Classe 3R

Sur tout appareil à laser de classe 3R doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

RAYONNEMENT LASER
EXPOSITION DIRECTE DANGEREUSE POUR LES YEUX
APPAREIL À LASER DE CLASSE 3R

NOTE Les plaques utilisant l'expression EXPOSITION AU FAISCEAU DANGEREUSE à la deuxième ligne sont également acceptables.

En variante, la plaque de la Figure 10 peut être fixée sur l'appareil:

IEC 1072/14

Légende

Anglais	Français
Caution	Attention

Figure 10 – Variante de plaque pour la Classe 3R

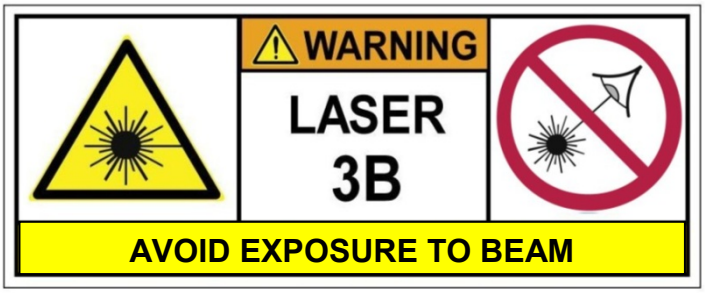
7.6 Classe 3B

Sur tout appareil à laser de classe 3B doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

AVERTISSEMENT – RAYONNEMENT LASER
EXPOSITION AU FAISCEAU DANGEREUSE
APPAREIL À LASER DE CLASSE 3B

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

En variante, la plaque de la Figure 11 peut être fixée sur l'appareil:



IEC 1073/14

Légende

Anglais	Français
Warning	Avertissement
Avoid exposure to beam	Exposition au faisceau dangereuse

Figure 11 – Variante de plaque pour la Classe 3B

7.7 Classe 4

Sur tout appareil à laser de classe 4 doivent être fixées une plaque d'avertissement (Figure 3) et une plaque indicatrice explicative (Figure 4) portant la mention suivante:

DANGER – RAYONNEMENT LASER
EXPOSITION DANGEREUSE DE L'ŒIL OU DE LA PEAU
AU RAYONNEMENT DIRECT OU DIFFUS
APPAREIL À LASER DE CLASSE 4

En variante, la plaque de la Figure 12 peut être fixée sur l'appareil:

IEC 1074/14

Légende

Anglais	Français
Avoid eye or skin exposure to direct or scattered radiation	Exposition dangereuse de l'œil ou de la peau au rayonnement direct ou diffus

Figure 12 – Variante de plaque pour la Classe 4

7.8 Plaque indicatrice d'ouverture

Sur tout appareil à laser des classes 3R, 3B et 4 doit être fixée une plaque tout près de chaque ouverture à travers laquelle est émis un rayonnement laser dépassant les LEA de la classe 1 ou de la classe 2. La ou les plaques doivent porter les mots:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

OUVERTURE LASER

ou

OUVERTURE POUR RAYONNEMENT LASER

ou

EXPOSITION DANGEREUSE – UN RAYONNEMENT LASER EST ÉMIS PAR CETTE OUVERTURE

En variante, la plaque de la Figure 13 peut être fixée près de l'ouverture:

IEC 1075/14

Figure 13 – Variante de plaque pour l'ouverture du laser

7.9 Informations sur le rayonnement émis et les normes

Le nom et la date de publication de la norme à laquelle l'appareil répond doivent figurer sur la plaque indicatrice explicative, sur les plaques indiquées de 7.2 à 7.7, ou à tout autre emplacement proche sur l'appareil. La plaque indicatrice explicative (Figure 4) ou les plaques indiquées de 7.2 à 7.7 de chaque appareil à laser (à l'exception de ceux de classe 1) doivent mentionner la puissance maximale du rayonnement laser émis (voir la définition 3.58), la durée de l'impulsion (s'il y a lieu) et la ou les longueurs d'ondes émises. Pour les classes 1 et 1M, les informations des plaques indicatrices sur l'appareil peuvent être remplacées par des informations données dans les renseignements destinés à l'utilisateur.

Si les informations en 7.9 sont intégrées aux plaques indiquées de 7.2 à 7.7, elles peuvent être incluses dans le panneau avec la classe du laser ou dans un panneau séparé en dessous de la classe de laser ou dans le texte descriptif en dessous du panneau de la classe du laser, selon ce qui est adapté à la taille de la plaque.

7.10 Plaques indicatrices pour les panneaux d'accès

7.10.1 Plaques indicatrices pour les panneaux

Toute connexion et tout panneau d'un capot de protection qui, une fois enlevé ou déplacé, permet l'accès de personnes au rayonnement laser dépassant les LEA de classe 1, doit comporter des plaques portant les mentions suivantes (pour le cas d'un laser incorporé de classe 1M, le libellé peut être remplacé par une mention incluse dans les renseignements destinés à l'utilisateur):

a)

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 1M – EN CAS D'OUVERTURE
NE PAS OBSERVER DIRECTEMENT À L'AIDE D'UN TÉLESCOPE

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 1M où le niveau de rayonnement est mesuré selon 5.3 a) et 5.4;

b)

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 2 – EN CAS D'OUVERTURE
NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 2 où le niveau de rayonnement est mesuré selon 5.3 c) et 5.4;

c)

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 2M – EN CAS D'OUVERTURE
NE PAS REGARDER DANS LE FAISCEAU NI OBSERVER DIRECTEMENT À L'AIDE D'UN TÉLESCOPE

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 2M où le niveau de rayonnement est mesuré selon 5.3 c) et 5.4;

d)

ATTENTION – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 3R – EN CAS D'OUVERTURE
EXPOSITION DIRECTE DANGEREUSE DES YEUX

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 3R;

Les plaques utilisant l'expression EXPOSITION AU FAISCEAU DANGEREUSE à la deuxième ligne sont également acceptables.

e)

AVERTISSEMENT – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 3B – EN CAS D'OUVERTURE
EXPOSITION AU FAISCEAU DANGEREUSE

si le rayonnement accessible ne dépasse pas les LEA de la classe 3B;

f)

DANGER – RAYONNEMENT LASER DE CLASSE 4 – EN CAS D'OUVERTURE
EXPOSITION DANGEREUSE AU RAYONNEMENT DIRECT OU DIFFUS DES YEUX OU DE LA PEAU

si le rayonnement accessible dépasse les limites de la classe 3B.

Ces informations peuvent être données sur plusieurs plaques indicatrices adjacentes, sur l'appareil.

7.10.2 Plaques indicatrices pour panneaux à verrouillage de sécurité

Les plaques appropriées doivent être clairement associées à chaque verrouillage de sécurité pouvant être rapidement neutralisé et qui permettrait alors l'accès de personnes au rayonnement laser excédant la LEA de la classe 1. Ces plaques doivent être visibles avant et pendant la neutralisation du verrouillage et être proches de l'ouverture créée par le retrait du capot de protection. Cette plaque indicatrice doit porter les mentions spécifiées dans les points a) à f) de 7.10.1, selon le cas, en introduisant une ligne additionnelle, placée après la première ligne, comportant la mention suivante:

ET LORSQUE LA SÉCURITÉ EST NEUTRALISÉE

7.11 Avertissement pour rayonnement laser invisible

Dans de nombreux cas, l'inscription requise pour des plaques de l'Article 7 comporte l'expression "RAYONNEMENT LASER". Si les longueurs d'ondes du rayonnement laser sont en dehors du domaine compris entre 400 nm et 700 nm, l'expression doit être modifiée pour devenir: "RAYONNEMENT LASER INVISIBLE", ou si les longueurs d'ondes du rayonnement laser sont à la fois en dedans et en dehors du domaine compris entre 400 nm et 700 nm,

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

l'expression doit être modifiée pour devenir "RAYONNEMENT LASER VISIBLE ET INVISIBLE".

Si un appareil est classé en tenant compte d'un niveau de rayonnement laser visible et émet également en dépassant les LEA de la classe 1 aux longueurs d'ondes invisibles, la plaque indicatrice doit comporter les mots "RAYONNEMENT LASER VISIBLE ET INVISIBLE" au lieu de "RAYONNEMENT LASER".

Si les variantes de plaque des Figures 5 à 12 sont utilisées, les avertissements pour les rayonnements visibles et invisibles doivent être inclus dans un panneau supplémentaire placé en dessous ou à côté de la plaque.

7.12 Avertissement pour rayonnement laser visible

L'expression "RAYONNEMENT LASER" figurant sur les plaques de l'Article 7 peut être changée en "LUMIÈRE LASER", si l'émission de l'appareil à laser est située dans la gamme de longueurs d'ondes (visibles) de 400 nm à 700 nm.

7.13 Avertissement pour danger potentiel pour la peau ou les parties antérieures de l'œil

Pour les classes 1, 1M, 2, 2M ou 3R, si l'émission accessible dépasse les LEA de la classe 3B, comme déterminé avec une ouverture de 3,5 mm de diamètre placée au point le plus proche de l'accès de personnes, un avertissement supplémentaire doit être donné sur une plaque de l'appareil et dans les informations destinées à l'utilisateur (voir 5.3 a) pour les classes 1 et 1M, voir 5.3 c) pour les classes 2 et 2M, et voir 5.3 d) pour la classe 3R).

L'avertissement suivant doit être donné sur le capot de l'appareil et dans les informations destinées à l'utilisateur. Le texte, les bordures et les symboles doivent être noirs sur fond jaune, y compris pour la classe 1.

LASER – L'EXPOSITION PRÈS DE L'OUVERTURE PEUT PROVOQUER DES BRÛLURES

NOTE Le risque de lésion de la peau n'existe que pour les faisceaux fortement divergents pour l'exposition proche de l'ouverture.

La présence sur l'appareil de la plaque explicative pour les classes 1 et 1M est facultative (voir 7.2), mais l'avertissement ci-dessus est obligatoire.

8 Autres exigences relatives aux renseignements à fournir

8.1 Renseignements pour l'utilisateur

Les fabricants d'appareils à laser doivent fournir (ou faire en sorte que soi(en)t fourni(es)) les instructions pour l'utilisateur ou un manuel de fonctionnement contenant toutes les informations de sécurité appropriées. Il relève toujours de la responsabilité du fabricant de fournir les informations de sécurité indiquées ci-dessous et de décider quelles informations supplémentaires sont appropriées et doivent par conséquent être fournies.

NOTE 1 Les informations appropriées ou non appropriées dépendent de l'appareil spécifique, y compris de son application prévue, et peuvent même être soumises à la législation nationale.

Les informations suivantes doivent être fournies le cas échéant:

a) Les instructions adéquates pour le montage correct, la maintenance et l'utilisation sans danger, comprenant clairement des avertissements concernant les précautions à prendre pour éviter l'éventualité de l'exposition aux rayonnements laser dangereux et une description des limites de la classification, si approprié (voir l'Annexe C qui donne une description des classes et des limitations possibles).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

b) Un avertissement additionnel pour les appareils à laser des classes 1M et 2M. Cet avertissement doit mentionner que l'observation de la sortie du laser avec certains instruments d'optique télescopiques (par exemple, des télescopes et des jumelles) peut présenter un danger pour les yeux; il convient donc que l'utilisateur ne dirige pas le faisceau dans une zone où ce type d'instrument est susceptible d'être utilisé.

c) Pour les niveaux de rayonnement laser supérieurs aux LEA de la classe 1, une description du ou des diagrammes de rayonnement émis du capot de protection au cours de la réalisation des procédures de fonctionnement et de maintenance. Lorsque cela est applicable, cela doit comprendre une indication en unités appropriées de:

- la longueur d'onde,
- la divergence du faisceau,
- la durée et fréquence de répétition des impulsions (ou description des séquences d'impulsions irrégulières),
- l'émission maximale de puissance ou d'énergie.

Les valeurs doivent, le cas échéant, inclure des incertitudes de mesure cumulées et toute augmentation prévisible des grandeurs mesurées à un moment quelconque après la fabrication. Il n'est pas nécessaire de spécifier les durées d'impulsions résultant d'un blocage de mode à caractère accidentel; toutefois, les conditions associées à l'appareil, reconnues comme étant la cause d'un blocage de mode à caractère accidentel, doivent être spécifiées. Pour les impulsions ultra-courtes, la largeur de bande du rayonnement (c'est-à-dire la gamme de longueurs d'ondes de l'émission) doit être spécifiée.

d) Pour les appareils avec laser incorporé et les autres appareils à laser intégrés, des renseignements pour décrire le laser qui est intégré (voir le point c)). Les renseignements doivent aussi inclure les instructions de sécurité appropriées pour l'utilisateur afin de l'avertir du danger d'une exposition accidentelle au rayonnement laser. Cela est particulièrement important pour les appareils avec laser incorporé des classes 1, 1M, 2 ou 2M, mais dans lesquels une vision dans le faisceau à des niveaux d'émission accessible dépassant les LEA de ces classes est possible au cours de la maintenance. Dans ce cas, le fabricant doit inclure une mise en garde indiquant que la vision dans le faisceau du laser doit être empêchée.

e) Si approprié et si applicable, l'EMP (voir l'Annexe A) et la DNDO applicables pour les appareils à laser de classe 3B et de classe 4. Étant donné que la DNDO dépend fortement du système de transmission du faisceau et des éléments optiques placés dans le faisceau, lorsque cela est considéré comme applicable, il est recommandé que les différentes valeurs de la DNDO soient données pour les différentes fixations ou les différents systèmes de transmission du faisceau. S'il y a une divergence variable du faisceau, la DNDO peut être donnée pour certaines valeurs choisies de divergence. Lorsqu'une valeur d'EMP ou de DNDO est indiquée, la durée d'exposition supposée pour la détermination de ces valeurs doit également être indiquée. Pour les lasers à faisceau collimaté de la classe 1M et de la classe 2M, la DNDO étendue (DNEDO) doit être indiquée, si approprié et si applicable.

NOTE 2 Des informations spécifiques sur la DNEDO ne sont généralement pas requises pour les faisceaux collimatés devant être utilisés à l'intérieur. Dans ce cas, il suffit généralement de donner la distance lorsque l'EMP peut être dépassée.

f) Le cas échéant, des informations relatives au choix de la protection oculaire. Cela doit comprendre la densité optique requise et la gamme des longueurs d'ondes ainsi que les niveaux d'éclairement énergétique ou d'exposition énergétique qui peuvent être reçus par la surface de l'équipement de protection oculaire, de telle sorte que des niveaux de résistance puissent être déterminés.

NOTE 3 De nombreux pays ont des réglementations et des normes pour les équipements de protection individuelle.

g) Des reproductions lisibles (en noir ou dans les couleurs adaptées définies à l'Article 7) de toutes les plaques indicatrices et des avertissements requis à fixer à l'appareil à laser ou à fournir avec l'appareil à laser. L'emplacement correspondant de chaque plaque fixée sur l'appareil doit être indiqué ou, si ces dernières sont livrées avec l'appareil, il doit être signalé que de telles plaques ne pouvaient pas être fixées sur l'appareil, mais ont été

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

fournies avec l'appareil; il doit être précisé sous quelle forme et de quelle manière elles ont été fournies. Si les variantes des plaques graphiques de 7.2 à 7.8 sont utilisées sur l'appareil, les textes correspondants doivent être inclus dans le manuel utilisateur en plus de la reproduction de la plaque graphique.

h) Une indication claire dans la notice de toutes les positions des ouvertures laser à travers lesquelles le rayonnement laser dépassant les LEA de classe 1 est émis.

i) Une liste des commandes, réglages et procédures relatifs au fonctionnement et à la maintenance, comportant l'avertissement "Attention – L'utilisation des commandes ou réglages ou l'exécution des procédures autres que celles spécifiées dans les présentes exigences peuvent être la cause d'une exposition à un rayonnement dangereux" (ou en variante, des avertissements appropriés équivalents).

j) Pour les appareils à laser qui n'incorporent pas l'alimentation en énergie nécessaire à l'émission laser, une indication des exigences de compatibilité de l'alimentation laser qui assurent la sécurité.

k) Pour les classes 1, 1M, 2, 2M et 3R, un avertissement supplémentaire peut être requis (voir 5.3 a), 5.3 c) et 5.3 d)). L'avertissement supplémentaire doit être donné pour garantir par exemple que les utilisateurs ont conscience du risque de brûlures pour la peau ou la cornée.

l) Les normes verticales spécifient les exigences applicables concernant les informations pour l'utilisateur pour les appareils de la classe 1C. Les informations pertinentes sont par exemple, le cas échéant:

- l'avertissement doit indiquer que la sortie du laser depuis ce dispositif peut être dangereuse si elle n'est pas utilisée conformément aux instructions pour l'utilisateur;
- les utilisateurs doivent être mis en garde contre l'utilisation du dispositif sur des surfaces de peau pour lesquelles il est dangereux, comme les paupières; et
- les utilisateurs doivent aussi être mis en garde à propos de la fréquence d'application lorsque l'application répétée peut représenter un risque.

8.2 Renseignements pour l'achat et l'entretien

Les fabricants d'appareils à laser doivent fournir ou faire en sorte que soient fournis les éléments suivants.

a) Dans tous les catalogues, les feuilles de spécifications et les brochures descriptives, la classification de chaque appareil à laser et tout avertissement doivent être mentionnés, y compris ceux spécifiés en 8.1 b) et 8.1 k), si approprié.

b) Aux services d'entretien et aux distributeurs, et à tout autre sur demande, des instructions adéquates relatives aux réglages et aux procédures d'entretien pour chaque modèle d'appareil à laser, comprenant:

– des avertissements clairs et des précautions à prendre pour éviter la possibilité d'une exposition au rayonnement laser au-dessus de la classe 1 et à tous les autres dangers;

– un plan de maintenance nécessaire pour conserver l'appareil en conformité avec les exigences;

– une liste des commandes et procédures qui peuvent être utilisées par des personnes autres que le fabricant ou ses agents pour augmenter les niveaux d'émission accessible de rayonnement;

– une description claire de l'emplacement des parties amovibles du capot de protection qui peuvent permettre l'accès au rayonnement laser dépassant les limites d'émission accessible des Tableaux 3 à 8;

– des procédures de protection pour le personnel d'entretien; et

– des reproductions lisibles (couleur facultative) des plaques indicatrices et des avertissements de danger requis.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

9 Exigences additionnelles pour appareils à laser spécifiques

9.1 Autres parties de la série de normes IEC 60825

Pour des applications spécifiques, une des parties suivantes de la série IEC 60825 peut être applicable (voir également la Bibliographie).

– IEC 60825-2, *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)* (fournit des notes et des exemples d'application)

– IEC 60825-4, *Sécurité des appareils à laser – Partie 4: Protecteurs pour lasers* (donne des informations relatives à la conception et à la construction pour les barrières laser et les matériaux, en particulier lorsque des lasers de forte puissance sont utilisés)

– IEC 60825-12, *Sécurité des appareils à laser – Partie 12: Sécurité des systèmes de communications optiques en espace libre utilisés pour la transmission d'informations*

D'autres informations peuvent être trouvées dans les documents suivants:

– IEC/TR 60825-3, *Safety of laser products – Part 3: Guidance for laser displays and shows* (disponible en anglais seulement)

– IEC/TR 60825-5, *Sécurité des appareils à laser – Partie 5: Liste de contrôle du fabricant relative à l'IEC 60825-1* (convient pour être utilisée dans un rapport de sécurité)

– IEC/TR 60825-8, *Safety of laser products – Part 8: Guidelines for the safe use of laser beams on humans* (disponible en anglais seulement)

– IEC/TR 60825-9, *Safety of laser products – Part 9: Compilation of maximum permissible exposure to incoherent optical radiation (broadband sources)* (disponible en anglais seulement)

– IEC/TR 60825-13, *Safety of laser products – Part 13: Measurements for classification of laser products* (disponible en anglais seulement)

– IEC/TR 60825-14, *Safety of laser products – Part 14: A user's guide* (disponible en anglais seulement)

– IEC 62471 (CIE S 009), *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

9.2 Appareils à laser médicaux

Tout appareil à laser médical doit satisfaire à toutes les exigences applicables pour les appareils à laser de sa classe. De plus, tout appareil à laser médical et cosmétique de classe 3B ou de classe 4 peut être soumis à l'IEC 60601-2-22.

9.3 Machines à laser

Les machines à laser doivent satisfaire aux exigences applicables pour les appareils à laser de leur classe. De plus, les machines à laser peuvent être soumises à la série de normes ISO/IEC 11553-1.

9.4 Jouets électriques

Les jouets électriques qui sont des appareils à laser doivent satisfaire aux exigences applicables pour les appareils à laser de leur classe. De plus, ces appareils sont soumis à l'IEC 62115.

9.5 Produits électroniques de consommation

Les produits électroniques de consommation qui sont des appareils à laser doivent satisfaire aux exigences applicables pour les appareils à laser de leur classe. De plus, ces produits peuvent être soumis à l'IEC 60950-1 (Matériels de traitement de l'information) ou à l'IEC 60065 (Appareils audio et vidéo).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Annexe A
(informative)

Valeurs d'exposition maximale permise

A.1 Remarques générales

Les limites d'émission accessible (LEA) sont généralement déduites des expositions maximales permises (EMP). Les EMP ont été incluses dans la présente annexe informative afin de fournir aux fabricants des informations supplémentaires pouvant faciliter l'évaluation des aspects de sécurité liés à l'utilisation prévue de leur appareil (telle que la détermination de la DNDO).

NOTE Des calculs simplifiés peuvent sous-estimer de façon significative la DNDO. Par exemple, lorsque l'ouverture laser est à l'intérieur d'une plage importante de Raleigh, lorsqu'il y a un col de faisceau externe, ou lorsque le profil de faisceau est tel que la puissance qui traverse une ouverture est sous-estimée lorsqu'un profil de faisceau gaussien est supposé. Dans de tels cas, il est généralement avantageux de déterminer la DNDO par des mesures.

Les valeurs d'exposition maximale permise contenues dans la présente partie de l'IEC 60825 sont retenues à partir des valeurs limites d'exposition publiées par la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Les valeurs d'EMP sont fixées en dessous des niveaux de danger connus et sont fondées sur les meilleurs renseignements disponibles obtenus par les études expérimentales. Il convient que les valeurs des EMP soient utilisées comme guides dans le contrôle des expositions pour une conception sûre des appareils, pour fournir une information à l'utilisateur et ne soient pas considérées comme des frontières précises entre les niveaux de sécurité et les niveaux de danger. Dans tous les cas, il convient que l'exposition au rayonnement laser soit aussi faible que possible.

Les valeurs d'EMP indiquées dans cette annexe informative sont fournies à titre d'information uniquement et ne doivent pas être interprétées comme des limites légalement contraignantes pour l'exposition des employés sur le lieu de travail et du public. Les limites d'exposition pour l'œil et la peau des employés sur le lieu de travail et du public sont spécifiées par la législation nationale dans de nombreux pays. Ces limites d'exposition à l'échelle nationale peuvent différer des valeurs d'EMP mentionnées dans la présente annexe.

Il convient d'admettre que des expositions à des rayonnements à plusieurs longueurs d'ondes ont un effet additif en proportion de leur efficacité spectrale conformément aux EMP des Tableaux A.1, A.2 A.3, A.4 et A.5, sous réserve que les domaines spectraux soient indiqués comme additifs par les symboles (o) pour l'exposition oculaire et (p) pour l'exposition de la peau dans le Tableau 1. Quand les longueurs d'ondes rayonnées ne sont pas indiquées comme additives, il convient d'évaluer les dangers séparément.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau A.1 – Exposition maximale permise (EMP) pour C_6 = 1 au niveau de la cornée exprimée en éclairement énergétique ou en exposition énergétique [a, b]

Longueur d'onde λ nm	**Temps d'exposition** t s								
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 10^{-9}**	**10^{-9} à 10^{-7}**	**10^{-7} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à 13×10^{-6}**	**13×10^{-6} à 1×10^{-3}**	**1×10^{-3} à 10**	**10 à 10^2**	**10^2 à 3×10^4**
180 à 302,5	3×10^{10} W·m^{-2}		30 J·m^{-2}						
302,5 à 315			Danger thermique [d] ($t \leq T_1$) C_1 J·m^{-2}				Danger photochimique [d] ($t \geq T_1$) C_2 J·m^{-2}	C_2 J·m^{-2}	
315 à 400			C_1 J·m^{-2}					10^4 J m^{-2}	
400 à 450	1×10^{-3} J·m^{-2}	2×10^{-3} J·m^{-2}			$18\ t^{0,75}$ J·m^{-2}			100 J·m^{-2}	C_3 W·m^{-2}
450 à 500								100 C_3 J·m^{-2} et [c] 10 W·m^{-2}	
500 à 700								10 W·m^{-2}	
700 à 1 050	1×10^{-3} J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_4$ J·m^{-2}			$18\ t^{0,75}\ C_4$ J·m^{-2}			10 $C_4\ C_7$ W·m^{-2}	
1 050 à 1 400[e]	$1 \times 10^{-3}\ C_7$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-2}\ C_7$ J·m^{-2}				$90\ t^{0,75}\ C_7$ J·m^{-2}			
1 400 à 1 500	10^{12} W·m^{-2}		10^3 J·m^{-2}				$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}	1 000 W·m^{-2}	
1 500 à 1 800	10^{13} W·m^{-2}		10^4 J·m^{-2}						
1 800 à 2 600	10^{12} W·m^{-2}		10^3 J·m^{-2}				$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}		
2 600 à 10^6	10^{11} W·m^{-2}		100 J·m^{-2}	$5\,600\ t^{0,25}$ J·m^{-2}					

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9; le niveau d'exposition qui est comparé aux valeurs EMP est à moyenner sur l'ouverture adaptée (Tableau A.6).

[b] Les EMP pour des durées d'exposition inférieures à 10^{-9} s et pour les longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 1 400 nm ont été extrapolées en calculant l'éclairement énergétique équivalent à partir des limites d'exposition énergétique à 10^{-9} s. Les EMP pour des durées d'exposition inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes d'éclairement énergétique des EMP à 10^{-13} s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 450 nm et 500 nm, des limites conjuguées s'appliquent et l'exposition ne doit pas dépasser l'une ou l'autre limite applicable.

[d] Pour les lasers UV à impulsions répétitives, il convient de ne dépasser aucune limite.

[e] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, les limites permettant de protéger la rétine mentionnées dans ce tableau peuvent ne pas fournir de protection adéquate aux parties antérieurs de l'œil (cornée et iris) et nécessitent une attention particulière, sauf si l'exposition n'excède pas les valeurs d'EMP pour la peau.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau A.2 – Exposition maximale permise (EMP) au niveau de la cornée pour les sources étendues dans la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm (domaine spectral de danger rétinien) exprimée en éclairement énergétique ou en exposition énergétique[d]

Longueur d'onde λ nm	Temps d'exposition t s						
	10^{-13} à 10^{-11}	10^{-11} à $5{,}0 \times 10^{-6}$	$5{,}0 \times 10^{-6}$ à $1{,}3 \times 10^{-5}$	$1{,}3 \times 10^{-5}$ à 10	10 à 10^2	10^2 à 10^4	10^4 à 3×10^4
400 à 700	$1 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$18\ t^{0,75}\ C_6$ J·m^{-2}		400 nm à 600 nm – Danger photochimique pour la rétine [a]		
					100 C_3 J·m^{-2} using γ_{ph} = 11 mrad	1 C_3 W·m^{-2} using $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0,5}$ mrad	1 C_3 W·m^{-2} using γ_{ph} = 110 mrad
					ET [b]		
					400 nm à 700 nm – Danger thermique pour la rétine		
					$(t \le T_2)$ $18\ t^{0,75}\ C_6$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $18\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	
700 à 1 050	$1 \times 10^{-3}\ C_6$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-3}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}	$18\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}		$(t \le T_2)$ $18\ t^{0,75}\ C_4\ C_6$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $18\ C_4\ C_6\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	
1 050 à 1 400[c]	$1 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$2 \times 10^{-2}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}		$90\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$(t \le T_2)$ $90\ t^{0,75}\ C_6\ C_7$ J·m^{-2}	$(t > T_2)$ $90\ C_6\ C_7\ T_2^{-0,25}$ W·m^{-2}	

NOTE Les limites d'exposition pour certains tissus oculaires peuvent être différentes pour les instruments ophtalmiques – voir l'ISO 15004-2.

[a] L'angle γ_{ph} est l'angle d'admission de mesure limite.

[b] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 400 nm et 600 nm, des limites conjuguées s'appliquent et l'exposition ne doit pas dépasser l'une ou l'autre limite applicable. Habituellement, les limites de danger photochimique ne s'appliquent que pour les durées d'exposition supérieures à 10 s; cependant, pour des longueurs d'ondes comprises entre 400 nm et 484 nm et pour des dimensions de source apparente comprises entre 1,5 mrad et 82 mrad, il convient d'appliquer la limite de danger photochimique conjuguée de 100 C_3 J·m^{-2}, pour les expositions supérieures ou égales à 1 s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, les limites permettant de protéger la rétine mentionnées dans ce tableau peuvent ne pas fournir de protection adéquate aux parties antérieurs de l'œil (cornée et iris) et nécessitent une attention particulière, sauf si l'exposition n'excède pas les valeurs d'EMP pour la peau.

[d] Pour une durée d'exposition inférieure à 0,25 s, les limites permettant de protéger la rétine mentionnées dans ce tableau peuvent ne pas fournir de protection adéquate aux parties antérieurs de l'œil (cornée et iris) et nécessitent une attention particulière, sauf si l'exposition n'excède pas les valeurs d'EMP pour la peau.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau A.3 – Exposition maximale permise (EMP) du Tableau A.1 (C_6 = 1) pour la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1 400 nm exprimée en puissance ou en énergie [a, b]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s					
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à 13×10^{-6}**	**13×10^{-6} à 10**	**10 à 10^2**	**10^2 à 3×10^4**
400 à 450	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}$ J		$3{,}9 \times 10^{-3}$ J	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W
450 à 500					$3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J et [c] $3{,}9 \times 10^{-4}$ W	
500 à 700					$3{,}9 \times 10^{-4}$ W	
700 à 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4$ J		$3{,}9 \times 10^{-4}\ C_4\ C_7$ W	
1 050 à 1 400[d]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_7$ J		

NOTE Le niveau d'exposition à comparer avec l'EMP exprimée en puissance ou en énergie est à déterminer en puissance ou en énergie qui traverse une ouverture d'un diamètre de 7 mm (les valeurs EMP exprimées dans ce tableau sont obtenues à partir des valeurs du Tableau A.1 par la multiplication avec la surface d'une ouverture de 7 mm de diamètre).

[a] Pour les facteurs de correction et les unités, voir le Tableau 9

[b] Les EMP pour des durées d'exposition inférieures à 10^{-13} s sont réglées pour être égales aux valeurs équivalentes de puissance des EMP à 10^{-13} s.

[c] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 450 nm et 500 nm, des limites conjuguées s'appliquent et l'exposition ne doit pas dépasser l'une ou l'autre limite applicable.

[d] Dans la gamme des longueurs d'ondes entre 1 250 nm et 1 400 nm, les limites permettant de protéger la rétine mentionnées dans ce tableau peuvent ne pas fournir de protection adéquate aux parties antérieures de l'œil (cornée et iris) et nécessitent une attention particulière, sauf si l'exposition n'excède pas les valeurs d'EMP pour la peau.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014

Tableau A.4 – Exposition maximale permise (EMP) du Tableau A.2 (sources étendues) pour la gamme des longueurs d'ondes de 400 nm à 1400 nm exprimée en puissance ou en énergie [a, b, c, d, e, f, g]

Longueur d'onde λ nm	**Durée d'émission** t s						
	10^{-13} à 10^{-11}	**10^{-11} à 5×10^{-6}**	**5×10^{-6} à 13×10^{-6}**	**13×10^{-6} à 10**	**10 à 10^2**	**10^2 à 10^4**	**10^4 à 3×10^4**
400 à 700	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J		400 nm à 600 nm – Danger photochimique pour la rétine [d, e] $3{,}9 \times 10^{-3}\ C_3$ J en utilisant γ_{ph} = 11 mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W en utilisant $\gamma_{ph} = 1{,}1\ t^{0{,}5}$ mrad	$3{,}9 \times 10^{-5}\ C_3$ W en utilisant γ_{ph} = 110 mrad
					ET [c]		
					400 nm à 700 nm – Danger thermique pour la rétine $(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_6$ J $(t > T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
700 à 1 050	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6$ J	$7{,}7 \times 10^{-8}\ C_4\ C_6$ J	$7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J		$(t \le T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ t^{0{,}75}\ C_4\ C_6$ J $(t > T_2)$ $7 \times 10^{-4}\ C_4\ C_6\ T_2^{-0{,}25}$ W		
1 050 à 1 400[f]	$3{,}8 \times 10^{-8}\ C_6\ C_7$ J	$7{,}7 \times 10^{-7}\ C_6\ C_7$ J		$3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J	$(t \le T_2)$ $3{,}5 \times 10^{-3}\ t^{0{,}75}\ C_6\ C_7$ J $(t > T_2)$ $3{,}5 \times 10^{-3}\ C_6\ C_7\ T_2^{-0{,}25}$ W		

NOTE 1 Les limites d'exposition de certains tissus oculaires peuvent être différentes pour les instruments ophtalmiques – voir l'ISO 15004-2.

NOTE 2 Le niveau d'exposition à comparer avec l'EMP exprimée en puissance ou en énergie est à déterminer en puissance ou en énergie qui traverse une ouverture d'un diamètre de 7 mm (les valeurs EMP exprimées dans ce tableau sont obtenues à partir des valeurs du Tableau A.2 par la multiplication avec la surface d'une ouverture de 7 mm de diamètre).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60825-1:2014