



IEC 60825-1

Edition 3.0 2014-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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**

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.**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

INTERPRETATION SHEET 1

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.

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 $\alpha_{\max}(t)$.

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.

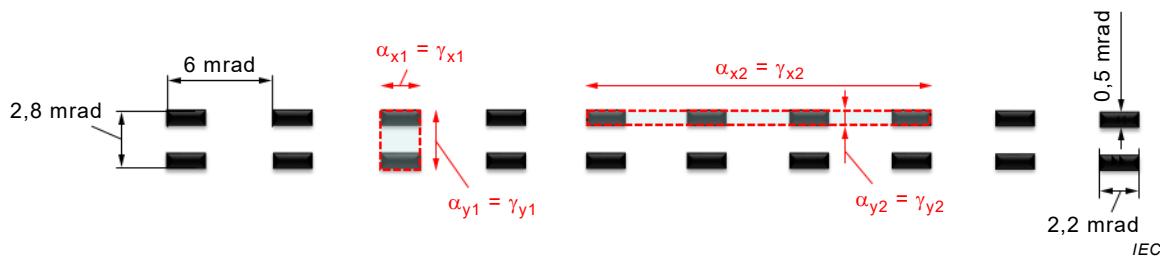


Figure 1 – Image of a source pattern for the example of 20 emitters. Two possible groupings are defined by the respective angle of acceptance γ_x and γ_y

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 $(1,5 \text{ mrad} + 2,2 \text{ mrad})/2 = 1,85 \text{ mrad}$ so that the AEL = $1,23 \text{ mW}$. The applicable AE = 1 mW and AE/AEL = $1 \text{ mW}/1,23 \text{ mW} = 0,8$. For a vertical two-element group, as shown in the figure with γ_{x1} and γ_{y1} , $\alpha = (2,8 + 2,2)/2 = 2,5 \text{ mrad}$ so that AEL = $1,66 \text{ mW}$; AE = $2 \times 1 \text{ mW} = 2 \text{ mW}$ and AE/AEL = $1,2$, which is more restrictive than AE/AEL for only one element. For one row of 10 diodes $\alpha = (1,5 + 56,2)/2 = 28,9 \text{ mrad}$, AEL = $19,2 \text{ mW}$, the AE = $10 \times 1 \text{ mW} = 10 \text{ mW}$ 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 $625 \mu\text{s}$ ($\alpha_{\max} = 5 \text{ mrad}$), 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>

4 Subclause 4.3 f) 3) determination of α

For an analysis of pulsed emission, α_{\max} , which is a function of time $\alpha_{\max}(t)$, 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, $\alpha_{\max}(t)$ 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 $\alpha > 100 \text{ mrad}$ ”, 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 “ $\alpha \leq 5 \text{ mrad}$ ”, “ $5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{\max}$ ”, 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 $\alpha_{\max}(t)$ 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 $\alpha \leq 5 \text{ mrad}$ ” 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 $\alpha > 5 \text{ mrad}$ 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.

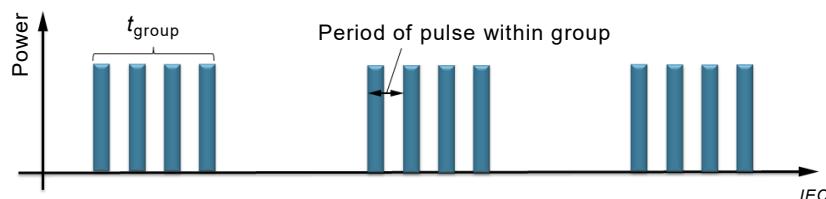


Figure 2 – Example of three groups of pulses (each group duration is longer than T_i) where each group is considered as one “effective” pulse and C_5 is applied to the AEL that applies to the group duration, where C_5 is determined with the number of pulse groups within the evaluation duration (in the 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 $AEL_{\text{s.p.train}}$ 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 $AEL(t_{\text{group}})$ 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 $AEL(t_{\text{average}})$ determined for the duration over which the power was averaged (AE_{group} and $AEL(t_{\text{group}})$ expressed as power). As is common for the average power requirement, for irregular pulse trains, the averaging duration window (when expressed as energy: the

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 $t_{\text{pulse}} < T_i$, 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 $\alpha \leq \alpha_{\text{max}}$: $T_{\text{crit}} = 2 \cdot t_{\text{pulse}}$ where t_{pulse} is in seconds
 - for $\alpha > \alpha_{\text{max}}$: $T_{\text{crit}} = 0,01 \alpha t_{\text{pulse}}^{0,5}$ 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 $\text{AEL}_{\text{s.p.train}}$ 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 with the same (or lower) peak power 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.

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 $\alpha = 1,5$ 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 $\alpha = 1,5$ 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 $\alpha < 5$ 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.

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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SAFETY OF LASER PRODUCTS –

Part 1: Equipment classification and requirements

INTERPRETATION SHEET 2

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.

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.

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

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

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

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

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

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 104¹⁾, 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.

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.

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 104²⁾ 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.

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*

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

F E U I L L E D' I N T E R P R É T A T I O N 1

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 $\alpha_{max}(t)$.

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.

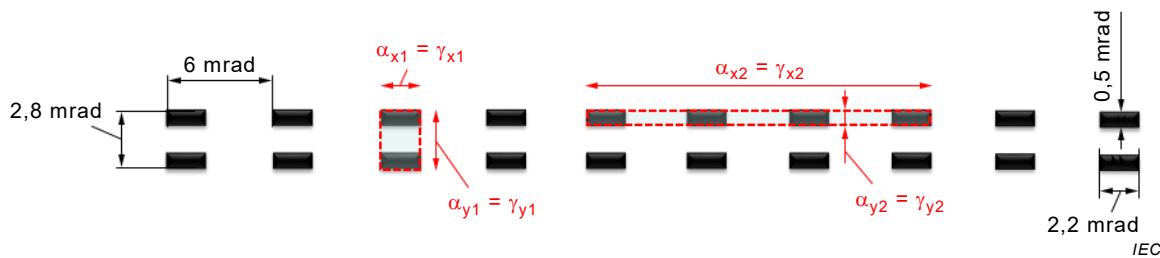


Figure 1 – Image d'un modèle de source pour l'exemple des 20 émetteurs. Deux groupements possibles sont définis en fonction de l'angle d'admission respectif γ_x et γ_y

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 $(1,5 \text{ mrad} + 2,2 \text{ mrad})/2 = 1,85 \text{ mrad}$, 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} , $\alpha = (2,8 + 2,2)/2 = 2,5$ de sorte que la LEA = 1,66 mW; AE = $2 \times 1 \text{ mW} = 2 \text{ mW}$ et AE/LEA = 1,2, ce qui est plus restrictif que AE/LEA pour un seul élément. Pour une rangée de 10 diodes, $\alpha = (1,5 + 56,2)/2 = 28,9 \text{ mrad}$, LEA = 19,2 mW, l'AE = $10 \times 1 \text{ mW} = 10 \text{ mW}$ 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 ($\alpha_{\max} = 5 \text{ mrad}$), 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>

4 Paragraphe 4.3 f) 3) détermination de α

Pour une analyse des émissions d'impulsions, α_{\max} , qui est fonction du temps $\alpha_{\max}(t)$, 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, $\alpha_{\max}(t)$ 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 $\alpha > 100 \text{ mrad}$ ", 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 $\alpha > 5$ 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.

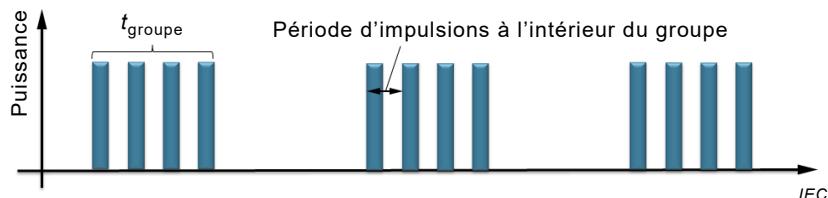


Figure 2 – Exemple de trois groupes d'impulsions (la durée de chaque groupe étant supérieure à T_i), où chaque groupe est considéré comme étant une impulsion "efficace" et C_5 est appliqué à la LEA qui s'applique à la durée de groupe, C_5 étant déterminé avec le nombre de groupes d'impulsions dans les 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 $LEA_{i.u.\text{train}}$ 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 $LEA(t_{\text{groupe}})$ applicable au groupe, ainsi que l'énergie par groupe (AE_{groupe}). Pour les groupes

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 $\text{AE}_{\text{groupe}}$) 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 $\text{AE}_{\text{groupe}}$ (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 $\text{LEA}(t_{\text{moyenne}})$ déterminée pour la durée pendant laquelle la puissance a été moyennée ($\text{AE}_{\text{groupe}}$ et $\text{LEA}(t_{\text{groupe}})$ 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 $t_{\text{impulsion}}$ 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 $t_{\text{impulsion}} < T_i$, la valeur de $t_{\text{impulsion}}$ est définie comme égale à T_i . De plus, pour la détermination de T_{crit} , α_{max} est déterminé pour $t_{\text{impulsion}}$, pas pour la durée de groupe) où:
pour $\alpha \leq \alpha_{\text{max}}$: $T_{\text{crit}} = 2 \cdot t_{\text{impulsion}}$ où $t_{\text{impulsion}}$ est exprimé en secondes
pour $\alpha > \alpha_{\text{max}}$: $T_{\text{crit}} = 0,01 \cdot \alpha \cdot t_{\text{impulsion}}^{0,5}$ où $t_{\text{impulsion}}$ 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 $\text{LEA}_{i.u.\text{train}}$ de T_i lorsque le C_5 correspondant pour les durées d'émission $t \leq T_i$ est appliqué.

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

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.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

IEC 60825-1
Edition 3.0 2014-05

SÉCURITÉ DES APPAREILS À LASER –

Partie 1: Classification des matériels et exigences

F E U I L L E D' I N T E R P R É T A T I O N 2

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 radianc thermique rétinienne.

La limite de radianc (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 radianc qui est comparée à la limite de radianc (L_T) sont clarifiées par ce qui suit:

- a) La radianc maximale non pondérée (c'est-à-dire les émissions à impulsions ou à balayage, la radianc 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 radianc 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 radianc 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 radianc 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.

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

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

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

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

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.

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'IEC¹⁾, 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.

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.

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 matériaux 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'IEC²⁾ 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 fournit 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*

- 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*