

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

60825-1

1993

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1997-09

PUBLICATION GROUPEE DE SECURITE
GROUP SAFETY PUBLICATION

Amendement 1

Sécurité des appareils à laser –

Partie 1:

**Classification des matériels, prescriptions
et guide de l'utilisateur**

Amendment 1

Safety of laser products –

Part 1:

**Equipment classification, requirements
and user's guide**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 76 de la CEI: Sécurité des rayonnements optiques et matériels laser.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
76/157/FDIS	76/165/RVD

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

Page 48

8.2 Mesure des niveaux de rayonnement laser en vue de déterminer la classification

Ajouter, à la fin du second alinéa du point c) le texte suivant:

, avec l'exception des cas couverts par 8.2 f) et 8.2 h),

Remplacer, à la page 50, le texte du point f) par ce qui suit:

f) Pour les sources dont l'angle apparent α (déterminé à une distance qui ne soit pas inférieure à 100 mm) est inférieur ou égal à 1,5 mrad, et dont la longueur d'onde est comprise dans la gamme de 400 nm à 1 400 nm, en mesurant la puissance rayonnante (W) ou l'énergie rayonnante (J) détectable à travers un diaphragme de forme circulaire ayant un diamètre de 50 mm (de manière à simuler la collecte par un instrument d'optique d'un faisceau laser stationnaire).

NOTE – Le diamètre apparent α d'une source apparente est déterminé au point de l'accès humain le plus proche, mais pas à moins de 100 mm. Toutes les dimensions angulaires supérieures à α_{max} doivent être limitées à α_{max} , et toutes les dimensions angulaires inférieures à 1,5 mrad doivent être limitées à 1,5 mrad.

Pour les autres sources dont la longueur d'onde est comprise dans la gamme de 302,5 nm à 4 000 nm, cette valeur de diamètre du diaphragme s'applique quelque soit l'angle apparent de la source.

Dans les cas où, pour des raisons de conception technique, le diaphragme ne peut être placé à une distance de 14 mm de la source apparente (par exemple une source encastrée), la distance entre le diaphragme de 50 mm et la source apparente, doit être 7,14 fois la distance entre la source apparente et le point d'accès humain le plus proche (de manière à simuler un diaphragme de 7 mm placé au point d'accès humain le plus proche). Cependant, la distance entre le diaphragme de 50 mm et le point d'accès humain le plus proche ne doit pas excéder 2 m.

De manière à éliminer la collecte d'un rayonnement diffusé errant, dans le cas des faisceaux collimatés ayant une divergence inférieure à 5 mrad, le diaphragme de 50 mm doit être placé à une distance de 2 m de l'ouverture de sortie du faisceau.

FOREWORD

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

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

FDIS	Report on voting
76/157/FDIS	76/165/RVD

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

Page 49

8.2 Measurement of laser radiation for determining classification

Add, at the end of the second paragraph of item c), the following text:

, with the exception of those cases covered by 8.2 f) and 8.2 h).

Replace, on page 51, the text of item f) by the following text:

f) For apparent sources subtending an angle, α (determined at a distance not less than 100 mm), of less than or equal to 1,5 mrad, and within the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm, by measuring the radiant power (W) or radiant energy (J) detectable through a circular measurement aperture of 50 mm diameter (to simulate the collection by an optical instrument of a stationary laser beam).

NOTE – The angle α subtended by the apparent source is determined at the nearest point of human access, but not less than a free air distance of 100 mm. Any angular dimension that is greater than α_{\max} shall be limited to α_{\max} , and any angular dimension that is less than 1,5 mrad shall be limited to 1,5 mrad.

For other sources within the wavelength range from 302,5 nm to 4 000 nm, this aperture diameter applies for any angular subtense of the source.

In cases where, by virtue of engineering design, the closest point of human access is greater than a distance of 14 mm from the apparent source (e.g. recessed source), the distance of the 50 mm aperture from the apparent source shall be 7,14 times the distance from the apparent source to the closest point of human access (to simulate a 7 mm aperture placed at the closest point of human access). However, the distance of the 50 mm aperture from the closest point of human access shall not be more than 2 m.

To eliminate collection of errant scattered radiation, for collimated beams having a divergence less than 5 mrad, the 50 mm aperture shall be placed at a distance of 2 m from the beam exit aperture.

Remplacer, à la page 50, le premier alinéa du point h) par ce qui suit:

h) Pour les sources dont l'angle apparent α (déterminé à une distance qui ne soit pas inférieure à 100 mm) (voir la note du point f)) est supérieur à 1,5 mrad, et dont la longueur d'onde est comprise dans la gamme de 400 nm à 1 400 nm, en mesurant la puissance rayonnante (W) ou l'énergie rayonnante (J) détectable à travers un diaphragme de forme circulaire ayant un diamètre de 7 mm situé à la distance r de la source fonction du diamètre apparent α (compris entre un minimum de 1,5 mrad et un maximum de $\alpha_{\max} = 100$ mrad) de la source.

La distance r , entre le diaphragme de 7 mm et la source apparente, est déterminée par:

$$r = 100 \sqrt{\frac{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}} \text{ mm}$$

Dans le cas où, pour des raisons de conception technique, le diaphragme ne peut être placé à la distance r (par exemple une source encastrée), la distance minimale de mesurage doit être au point d'accès humain le plus proche.

Autrement, si un diaphragme de 7 mm peut être placé à une distance r de la source apparente, les mesures peuvent être faites avec un diaphragme circulaire ayant un diamètre entre 7 mm et 50 mm fonction du diamètre apparent α de la source (compris entre un minimum de 1,5 mrad et un maximum de $\alpha_{\max} = 100$ mrad). Ce diaphragme doit être placé à une distance de 100 mm de la source apparente.

Le diamètre d du diaphragme est déterminé par:

$$d = 7 \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}} \text{ mm}$$

Remplacer, à la page 50, le dernier alinéa du point h) par ce qui suit:

Pour le calcul de la LEA, la valeur du diamètre apparent d'une source rectangulaire ou linéaire est déterminée par la moyenne arithmétique des deux dimensions angulaires de la source. Pour toutes les dimensions angulaires supérieures à α_{\max} ou inférieures à 1,5 mrad, il convient de les limiter à α_{\max} ou à 1,5 mrad respectivement avant de calculer la moyenne.

Page 52

9.3 Procédure de classification

Remplacer, à la page 54 le texte du point e) par ce qui suit:

e) Base de temps

Les bases de temps suivantes sont utilisées dans la présente norme:

- 1) 0,25 s pour les rayonnements laser de classe 2 et 3A dans la gamme de longueur d'onde de 400 nm à 700 nm comme mentionné dans les tableaux 2 et 3 respectivement;
- 2) 100 s pour tous les rayonnements laser de longueurs d'ondes supérieures à 400 nm, à l'exception des cas mentionnés en a) et c);
- 3) 30 000 s pour les rayonnements laser dont les longueurs d'ondes sont inférieures ou égales à 400 nm et pour les rayonnements laser dont les longueurs d'ondes sont supérieures à 400 nm lorsque la conception ou la fonction de l'appareil à laser comporte une vision intentionnelle sur une longue période.

Replace, on page 51, the first paragraph of item h) by the following text:

h) For apparent sources subtending an angle, α (determined at a distance not less than 100 mm; (see note in f) above), greater than 1,5 mrad and within the wavelength range from 400 nm to 1 400 nm, by measuring the radiant power (W) or radiant energy (J) detectable through a circular measurement aperture of 7 mm diameter positioned at a distance r from the source, depending upon the angular subtense α (between a minimum of 1,5 mrad and a maximum of $\alpha_{\max} = 100$ mrad) of the source.

The distance r of the 7 mm measurement aperture from the apparent source is determined by:

$$r = 100 \sqrt{\frac{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}{\alpha_{\max}}} \text{ mm}$$

In cases where, by virtue of engineering design, the measurement aperture cannot be placed at a distance r (e.g., recessed source), the minimum measurement distance shall be at the closest point of human access.

Alternatively, if a 7 mm aperture could be placed within a distance r from the apparent source, measurements can be made with a circular aperture having a diameter d between 7 mm and 50 mm depending upon the angular subtense α (between a minimum of 1,5 mrad and a maximum of $\alpha_{\max} = 100$ mrad) of the source. This aperture shall be placed at a distance of 100 mm from the apparent source.

The diameter d of the measurement aperture is determined by:

$$d = 7 \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha + 0,46 \text{ mrad}}} \text{ mm}$$

Replace, on page 51, the last paragraph of item h) by the following text:

For the determination of the AEL, the value of the angular subtense of a rectangular or linear source is determined by the arithmetic mean of the two angular dimensions of the source. Any angular dimension that is greater than α_{\max} or less than 1,5 mrad should be limited to α_{\max} or 1,5 mrad respectively, prior to determining the mean.

Page 53

9.3 Classification procedures

Replace, on page 55, the text of item e) by the following text:

e) Time basis

The following time bases are used in this standard:

- 1) 0,25 s for class 2 and class 3A laser radiation within the wavelength range from 400 nm to 700 nm as determined by tables 2 and 3, respectively;
- 2) 100 s for laser radiation of all wavelengths greater than 400 nm except for the cases listed in a) and c);
- 3) 30 000 s for laser radiation of all wavelengths less than or equal to 400 nm, and for laser radiation of wavelengths greater than 400 nm where intentional long-term viewing is inherent in the design or function of the laser product.

Page 90

Paragraphe 13.4.1

Insérer, au début de la deuxième phrase, avant «Dans la gamme de longueurs d'onde», le texte suivant:

Pour des expositions oculaires

Page 92

Paragraphe 13.4.2

Remplacer le dernier alinéa par ce qui suit:

Pour le calcul de l'EMP, la valeur du diamètre apparent d'une source rectangulaire ou linéaire est déterminée par la moyenne arithmétique des deux dimensions angulaires de la source. Pour toutes les dimensions angulaires supérieures à α_{\max} ou inférieures à 1,5 mrad, il convient de les limiter à α_{\max} ou à 1,5 mrad respectivement avant de calculer la moyenne.

Page 94

Tableau 6

Supprimer, dans le titre, le terme «directe».

Page 114

Annexe A – Exemples de calculs

Remplacer, à la page 124, le texte existant de l'exemple A.2-4 par le nouveau texte suivant:

Trouver l'EMP applicable à une vision dans le faisceau d'une durée de 10 s à 1 m de distance d'une source complexe d'un réseau de diodes laser Ga-As (905 nm). La source se compose de deux rangées de 10 diodes qui sont montées chacune derrière une optique de collimation. La source a une puissance de sortie de 6 W et une fréquence de répétition des impulsions, F , de 12 kHz. La durée d'impulsion est de 80 ns. L'ouverture de sortie (lentille de collimation) a un diamètre de 5 cm et le faisceau émergent a un diamètre de 3,5 cm aux points où l'éclairement énergétique est réduit à la fraction $1/e$ de sa valeur sur l'axe (c'est-à-dire qu'une ouverture circulaire de mesure de 3,5 cm collecterait 63 % de la puissance du faisceau). L'éclairement énergétique moyen du faisceau axial à une distance de 1 m est de $3,6 \times 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. La divergence du faisceau est de 25 mrad horizontalement et de 3 mrad verticalement, et à une distance de 1 m de l'ouverture de sortie, la dimension du faisceau est approximativement 3,0 cm par 3,8 cm respectivement.

Une photographie dans le faisceau (à film infrarouge) prise à une distance de 1 m de l'ouverture de sortie montre que chaque diode sous-tend une image projetée linéaire de 2,2 mrad longitudinalement et de moins de 0,5 mrad transversalement. L'écart centre à centre entre chaque diode est un angle de 3,0 mrad et les deux rangées sont séparées par un angle de 2,3 mrad (voir figure A.1). En utilisant un convertisseur d'image à infrarouge avec un filtre de densité optique de 4 pour réduire l'éblouissement, on a constaté que ces angles d'écartement sont constants pour toutes les distances de vision entre 10 cm et 2 m (ce phénomène est expliqué dans le chapitre 15 de l'ouvrage de Sliney and Wolbarsht, *Safety with Lasers and other Optical Sources*, New York: Plenum Publishing Co., 1980).

Page 91

Subclause 13.4.1

Insert, at the beginning of the second sentence before "In the wavelength range..." the following new text:

For ocular exposure

Page 93

Subclause 13.4.2

Replace the last paragraph by the following:

For the determination of the MPE, the value of the angular subtense of a rectangular or linear source is determined by the arithmetic mean of the two angular dimensions of the source. Any angular dimension that is greater than α_{\max} or less than 1,5 mrad should be limited to α_{\max} or 1,5 mrad respectively, prior to determining the mean.

Page 95

Table 6

Delete, in the title, the word "direct."

Page 115

Annex A – Examples of calculations

Replace, on page 125, the existing text of example A.2-4 by the following new text:

Find the MPE applicable to intrabeam viewing for a 10 s exposure at a distance of 1 m from a complex Ga-As (905 nm) laser diode array source. The source consists of two rows of 10 diodes each that are mounted behind collimating optics. The source has an output power of 6 W and a pulse repetition frequency F of 12 kHz. The pulse duration is 80 ns. The exit aperture (collimating lens) is 5 cm in diameter and the emergent beam diameter is 3,5 cm at the 1/e peak irradiance points (i.e., a 3,5 cm circular measurement aperture would collect 63 % of the beam power). The axial beam irradiance (average) at a distance of 1 m is $3,6 \times 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. The beam divergence is 25 mrad horizontally by 3 mrad vertically, and at a distance of 1 m from the exit aperture, the beam size is approximately 3,0 cm by 3,8 cm, respectively.

An intrabeam photograph (using infrared film) taken at a distance of 1 m from the exit aperture reveals that each diode subtends a projected line image 2,2 mrad long and less than 0,5 mrad across. Each diode is separated by an angle of 3,0 mrad centre-to-centre, and the two rows are separated by an angle of 2,3 mrad (see figure A.1). Using an infrared image converter with an OD 4 filter to reduce glare, it is revealed that these angular separations are constant from all viewing distances between 10 cm and 2 m (this behaviour is explained in chapter 15 of Sliney and Wolbarsht, *Safety with Lasers and other Optical Sources*, New York: Plenum Publishing Co., 1980).

Solution

L'EMP applicable à l'ensemble de diodes laser est l'EMP la plus restrictive résultant de l'évaluation de chaque source prise individuellement et de chaque groupement possible de diodes de l'ensemble. Cependant, il est possible de simplifier considérablement l'évaluation en utilisant l'hypothèse la plus prudente, à savoir que toute la puissance radiante proviendrait d'une seule source ponctuelle. Cela exagérerait toujours le risque, et si cela n'engendrait pas des mesures de contrôle trop restrictives, il ne serait pas nécessaire d'effectuer l'analyse plus complexe d'une source étendue.

La détermination de l'EMP applicable (la plus restrictive) exige une approche par tâtonnements, puisque l'EMP est calculé pour une seule diode, deux diodes adjacentes, un groupement de trois et quatre, etc., et finalement le réseau entier de diodes; en admettant dans chaque cas que la puissance ou l'énergie est moyennée sur un diamètre apparent, α , applicable à ce groupement. Il est utile de tracer une cartographie de la source pour étudier les différentes combinaisons possibles de diodes (voir figure A.1). En complément des groupements, le diamètre apparent applicable est différent selon que le cas limite est l'EMP d'une impulsion individuelle réduite par le facteur de correction pour impulsions répétitives, C_5 , dans ce cas $\alpha_{min} = 1,5$ mrad, ou est l'EMP pour le train d'impulsions, dans ce cas, $\alpha_{min} = 11$ mrad. Le nombre total d'impulsions N pour une exposition de 10 s est de 120 000.

L'EMP pour une impulsion unique pour l'évaluation pour des impulsions multiples est donnée par l'expression suivante (en utilisant le tableau 6 pour une durée d'impulsion de 80 ns):

$$\begin{aligned}
 H_{EMP,train} &= C_5 \times 5 \times 10^{-3} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\
 &= 120\,000^{-0,25} \times 5 \times 10^{-3} \times 2,57 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\
 &= 6,9 \times 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}
 \end{aligned}$$

Pour comparer l'EMP pour une impulsion unique à l'éclairement énergétique moyen du faisceau, il est pratique d'exprimer l'EMP ci-dessus (exprimée en termes d'exposition énergétique) comme un éclairement énergétique moyen pour F impulsions par seconde comme suit:

$$\begin{aligned}
 E_{EMP,train,F} &= H_{EMP,train} \times F \\
 &= 6,9 \times 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \times 1,2 \times 10^4 \text{ Hz} \\
 &= 8,28 C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}
 \end{aligned}$$

L'EMP pour une impulsion unique pour l'évaluation de la puissance moyenne est donnée par l'expression suivante (en utilisant le tableau 6 pour une durée d'impulsion de 10 s):

$$\begin{aligned}
 H_{EMP,moy} &= 18 \times t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\
 &= 18 \times 10^{0,75} \times 2,57 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\
 &= 260 \times C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}
 \end{aligned}$$

L'EMP ci-dessus, exprimée en termes d'exposition énergétique, peut également être exprimée comme un éclairement énergétique moyen pour une durée d'exposition de 10 s comme suit:

$$\begin{aligned}
 E_{EMP,moy} &= H_{EMP,moy}/t \\
 &= 260 \times C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} / (10 \text{ s}) \\
 &= 26 \times C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}
 \end{aligned}$$

Solution

The MPE applicable to the laser diode array is the most restrictive MPE resulting from an evaluation of each individual source and each possible grouping of the array of diodes. However, the evaluation can be greatly simplified by using the conservative assumption that all the radiant power originates from a single point source. This would always overstate the hazard, and if it did not result in overly restrictive control measures, one would not have to perform the more complex analysis of the extended source.

The determination of the applicable (most restrictive) MPE requires a trial-and-error approach, since the MPE for a single diode, two adjacent diodes, a group of three or four, etc., and the entire array is to be calculated; recognizing that in each case the power or energy is averaged over the angular subtense d applicable to that grouping. It is useful to draw a map of the source to study different combinations of diodes (see figure A.1). In addition to grouping, the applicable angular subtense differs depending upon whether the limiting case is the MPE of an individual pulse reduced by the repetitive pulse correction factor, C_5 , in which case $\alpha_{\min} = 1,5$ mrad, or is the MPE for the train of pulses, in which case $\alpha_{\min} = 11$ mrad. The total number of pulses N in a 10 s exposure is 120 000.

The single pulse MPE for the multiple-pulse assessment is given by (using table 6 for an 80 ns pulse) the following:

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE,train}} &= C_5 \times 5 \times 10^{-3} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\ &= 120\,000^{-0,25} \times 5 \times 10^{-3} \times 2,57 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\ &= 6,9 \times 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

In order to compare the single pulse MPE with the average irradiance of the beam, it is convenient to express the above MPE (expressed in terms of radiant exposure) as an irradiance averaged over F pulses per second as follows:

$$\begin{aligned} E_{\text{MPE,train},F} &= H_{\text{MPE,train}} \times F \\ &= 6,9 \times 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \times 1,2 \times 10^4 \text{ Hz} \\ &= 8,28 C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

The single pulse MPE for the average power assessment is given by (using table 6 for a 10 s exposure) the following:

$$\begin{aligned} H_{\text{MPE,avg}} &= 18 \times t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\ &= 18 \times 10^{0,75} \times 2,57 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \\ &= 260 \times C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

The above MPE, expressed as a radiant exposure, can also be expressed as an irradiance averaged over the 10 s exposure as follows:

$$\begin{aligned} E_{\text{MPE,avg}} &= H_{\text{MPE,avg}}/t \\ &= 260 \times C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} / (10 \text{ s}) \\ &= 26 \times C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

$E_{EMP,moy}$ peut être comparé directement avec l'éclairement énergétique moyen du faisceau sans aucune autre transformation.

Il est utile de faire une comparaison entre les valeurs d'éclairement énergétique moyen données par les deux différentes évaluations, c'est-à-dire $E_{EMP,train,F} = 8,28 C_6 W \cdot m^{-2}$ et $E_{EMP,moy} = 26 C_6 W \cdot m^{-2}$. Cette comparaison donne un résultat intéressant. Lorsque le rapport entre la valeur de C_6 pour l'évaluation pour des impulsions multiples et la valeur de C_6 pour l'évaluation de la puissance moyenne est inférieur à $26/8,28 = 3,14$, l'évaluation pour des impulsions multiples donne l'EMP la plus restrictive, ainsi $E_{EMP,train,F}$ est à utiliser pour calculer le facteur de risque. Dans le cas où ce rapport est supérieur à 3,14, la valeur à utiliser est $E_{EMP,moy}$.

Si le diamètre apparent α est inférieur ou égal à 1,5 mrad, le rapport décrit ci-dessus est 1, ainsi la valeur à utiliser est $E_{EMP,train,F}$. Si le diamètre apparent α est supérieur à 1,5 mrad et inférieur à 11 mrad, le rapport est $\alpha/(1,5 \text{ mrad})$. Par suite, si le diamètre apparent du groupement est inférieur à $3,14 \times 1,5 \text{ mrad} = 4,71 \text{ mrad}$, la valeur de l'EMP à utiliser est $E_{EMP,train,F}$ alors que si le diamètre apparent est supérieur à 4,71 mrad, la valeur de l'EMP à utiliser est $E_{EMP,moy}$. Si le diamètre apparent α est supérieur ou égal à 11 mrad, ce rapport est $11/1,5 = 7,33$, c'est pourquoi la valeur à utiliser est $E_{EMP,moy}$.

Ces résultats sont utiles pour simplifier les calculs du présent exemple. Sinon, il convient de comparer $E_{EMP,train,F}$ et $E_{EMP,moy}$ pour chaque groupement à évaluer.

Diode prise individuellement

Les diodes prises individuellement sous-tendent des angles de 0,5 mrad (verticalement) et 2,2 mrad (horizontalement). L'EMP pour les sources rectangulaires est déterminée par la moyenne arithmétique des deux diamètres apparents. Comme indiqué en 13.4.2, avant de déterminer la moyenne, il convient de remplacer tout diamètre apparent inférieur à 1,5 mrad ou supérieur à 100 mrad par 1,5 mrad ou 100 mrad respectivement. C'est pourquoi la moyenne est:

$$(1,5 + 2,2)/2 \text{ mrad} = 1,85 \text{ mrad}$$

Comme cette valeur est inférieure à 4,71 mrad, l'EMP la plus restrictive est donnée par l'évaluation pour des impulsions multiples. Cette valeur est supérieure à 1,5 mrad, c'est pourquoi la diode individuelle est considérée comme une source étendue et le facteur de correction est $C_6 = 1,85/1,5 = 1,23$. L'EMP applicable est:

$$E_{EMP,diode} = E_{EMP,train,F} = 8,28 \times 1,23 W \cdot m^{-2} = 10,2 W \cdot m^{-2}$$

Cette EMP n'est pas applicable à l'éclairement énergétique total, mais plutôt à l'éclairement énergétique de chaque diode individuelle. Considérant que toutes les diodes ont la même puissance d'émission, cette EMP est à comparer à l'éclairement énergétique total divisé par le nombre de diodes, c'est-à-dire 20.

$$E_{diode} = E_{total}/20 = 3\,600/20 W \cdot m^{-2} = 180 W \cdot m^{-2}$$

A une distance de 1 m, cette EMP est augmentée d'un facteur de $180/10,2 = 17,6$.