

Table 10 – Correction factors and breakpoints for use in AEL and MPE evaluations

Parameter	Spectral region nm
$C_1 = 5,6 \times 10^3 t^{0,25}$	180 to 400
$T_1 = 10^{0,8(\lambda - 295)} \times 10^{-15} \text{ s}$	302,5 to 315
$C_2 = 30$	180 to 302,5
$C_2 = 10^{0,2(\lambda - 295)}$	302,5 to 315
$T_2 = 10 \times 10^{[(\alpha - \alpha_{\min})/98,5]} \text{ s}$	400 to 1 400
$T_2 = 10 \text{ s for } \alpha < 1,5 \text{ mrad}$	400 to 1 400
$T_2 = 100 \text{ s for } \alpha > 100 \text{ mrad}$	400 to 1 400
$C_3 = 1,0$	400 to 450
$C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$	450 to 600
$C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$	700 to 1 050
$C_4 = 5$	1 050 to 1 400
$C_5 = N^{-1/4} \text{ a}$	400 to 10^6
$C_6 = 1$	180 to 400 and 1 400 to 10^6
$C_6 = 1 \text{ for } \alpha \leq \alpha_{\min}^{\text{b}}$	400 to 1 400
$C_6 = \alpha/\alpha_{\min} \text{ for } \alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}^{\text{b}}$	400 to 1 400
$C_6 = \alpha_{\max}/\alpha_{\min} = 66,7 \text{ for } \alpha > \alpha_{\max}^{\text{b,c}}$	400 to 1 400
$C_7 = 1$	700 to 1 150
$C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$	1 150 to 1 200
$C_7 = 8$	1 200 to 1 400
$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$ $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$ N is the number of pulses contained within the applicable duration (8.3 f) and Clause A.3).	
NOTE 1 There is only limited evidence about effects for exposures of less than 10^{-9} s for wavelengths less than 400 nm and greater than 1 400 nm. The AELs for these emission durations and wavelengths have been derived by calculating the equivalent radiant power or irradiance from the radiant power or radiant exposure applying at 10^{-9} s for wavelengths less than 400 nm and greater than 1 400 nm. NOTE 2 See Table 11 for aperture stops and Table A.4 for limiting apertures. NOTE 3 In the formulae in Tables 4 to 9 and in these notes, the wavelength must be expressed in nanometres, the emission duration t must be expressed in seconds and α must be expressed in milliradians. NOTE 4 For emission durations which fall at the cell border values (for instance 10 s) in Tables 4 to 9, the lower limit applies. Where the symbol "<" is used, this means less than or equal to.	
a C_5 is only applicable to pulse durations shorter than 0,25 s. b C_6 is only applicable to pulsed lasers and to CW lasers for thermal retinal limits. c The maximum limiting angle of acceptance γ_{th} shall be equal to $\alpha_{\max}$ (but see 8.4 d)).	

9.3 Géométrie de mesure

9.3.1 Généralités

Trois conditions de mesure sont spécifiées pour la détermination de l'émission accessible. Les conditions 1 et 2 s'appliquent pour des longueurs d'ondes pour lesquelles la vision assistée optiquement peut augmenter le danger. La condition 1 est destinée à s'appliquer aux faisceaux collimatés pour lesquels les télescopes et les jumelles peuvent augmenter le danger, et la condition 2 est destinée à s'appliquer aux sources avec une sortie fortement divergente pour lesquelles l'utilisation des microscopes, des loupes à main et des loupes d'horloger peut augmenter le danger. La condition 3 s'applique à l'œil nu. Pour la mesure de la puissance et de l'énergie du rayonnement laser à balayage, la condition 3 doit être utilisée.

La plus restrictive des conditions de mesure applicables doit être appliquée. Si la condition la plus restrictive n'est pas évidente, chaque condition applicable doit être évaluée.

Les deux modèles d'évaluation suivants sont spécifiés.

- a) Une méthode simplifiée (par défaut), où l'essai pour la classification est effectué à une distance fixe par rapport au point de référence, qui peut généralement être facilement identifiée. Pour cette évaluation simplifiée, il n'est pas nécessaire de déterminer le diamètre apparent de la source apparente, étant donné que C_6 (voir Tableau 10) est égal à l'unité.
- b) Pour un rayonnement avec des longueurs d'ondes dans le domaine spectral de danger rétinien de 400 nm à 1 400 nm, lorsque la LEA est augmentée par un paramètre C_6 avec des valeurs supérieures à 1 pour les sources étendues, il est nécessaire d'évaluer la classe de l'appareil (c'est-à-dire de comparer la valeur d'émission accessible avec la LEA correspondante) à la position la plus restrictive dans le faisceau. Cette deuxième méthode est plus complexe que l'évaluation par défaut de a) ci-dessus mais, pour les sources étendues, elle peut permettre des valeurs d'émission accessible plus élevées.

NOTE La position la plus restrictive ne se situe pas, dans de nombreux cas, à une distance de 100 mm du point de référence utilisé pour l'évaluation principale, mais plus loin. La détermination du diamètre apparent de la source apparente à une distance de 100 mm du point de référence entraînerait, dans ces cas, une LEA qui dépasse la LEA déterminée à la position la plus restrictive.

Si l'évaluation simplifiée (par défaut) entraîne la classification désirée, il n'est pas nécessaire d'effectuer l'évaluation complète pour les sources étendues (voir 9.3.2), même si la source réelle peut être étendue et le facteur réel C_6 peut être supérieur à 1 et la position la plus restrictive est différente de la position donnée au Tableau 11.

NOTE Si la source est une diode laser nue ou si elle émet un faisceau laser bien collimaté, l'évaluation simplifiée (par défaut) est généralement appropriée, c'est-à-dire qu'elle produit des résultats équivalents à ceux de la méthode de la source étendue décrite en 9.3.3.

9.3.2 Evaluation par défaut (simplifiée)

Les distances de mesure simplifiées par défaut du Tableau 11 sont applicables:

- pour les sources avec des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm et supérieures à 1 400 nm, ou
- si le facteur C_6 est égal à 1, ou
- pour la limite photochimique pour la rétine, pour des valeurs de bases de temps supérieures à 100 s, lorsque l'angle d'admission de mesure n'est pas restreint (c'est-à-dire qu'il doit être au moins aussi grand que le diamètre apparent de la source apparente),
- pour les autres limites qui ne sont ni des limites photochimiques ni des limites thermiques (c'est-à-dire qui ne dépendent pas de C_6) pour la rétine (telles que les LEA de la classe 3B).

Les distances spécifiées au Tableau 11 sont définies comme les distances par rapport aux points de référence énumérés au Tableau 12.

9.3 Measurement geometry

9.3.1 General

Three measurement conditions are specified for the determination of the accessible emission. Condition 1 and 2 are applied for wavelengths where optically aided viewing may increase the hazard. Condition 1 is intended to apply to collimated beams where telescopes and binoculars may increase the hazard, and condition 2 is intended to apply to sources with a highly diverging output where the use of microscopes, hand magnifiers and eye loupes may increase the hazard. Condition 3 applies to the unaided eye. For power and energy measurement of scanned laser radiation, condition 3 shall be used.

The most restrictive of the applicable measurement conditions shall be applied. If the most restrictive condition is not obvious, each applicable condition shall be evaluated.

The following two evaluation schemes are specified.

- a) A simplified (default) method, where the test for classification is performed at a fixed distance relative to a reference point which usually can be easily identified. For this simplified evaluation, it is not necessary to determine the angular subtense of the apparent source, as C_6 (see Table 10) is set equal to unity.
- b) For radiation with wavelengths in the retinal hazard region of 400 nm to 1 400 nm, when the AEL is increased by a parameter C_6 with values greater than 1 for extended sources, it is necessary to assess the class of the product (i.e. to compare the accessible emission value with the corresponding AEL) at the most restrictive position in the beam. This second method is more complicated than the default evaluation in a) above, but, for extended sources, it can allow higher accessible emission values.

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

If the simplified (default) evaluation results in the desired classification, there is no need to perform the complete evaluation for extended sources (see 9.3.2), even though the actual source might be extended and the actual factor C_6 might be greater than 1 and the most restrictive position is different from the position as given in Table 11.

NOTE If the source is a bare laser diode or if it emits a well collimated laser beam, the simplified (default) evaluation is usually the appropriate one, i.e. produces equivalent results to the extended source method as described in 9.3.3.

9.3.2 Default (simplified) evaluation

The default, simplified measurement distances in Table 11 are applicable:

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

The distances specified in Table 11 are defined as distance from the reference points listed in Table 12.

Tableau 11 – Diamètres d'ouverture de mesure et distances de mesure pour l'évaluation par défaut (simplifiée)

	Condition 1 <i>appliquée au faisceau collimaté où un télescope ou des jumelles, par exemple, peuvent augmenter le danger</i>		Condition 2 <i>appliquée au faisceau divergent où des loupes ou des microscopes, par exemple, peuvent augmenter le danger</i>		Condition 3 <i>appliquée pour déterminer l'irradiation applicable à l'œil nu et aux faisceaux à balayage</i>	
Longueur d'onde nm	Diaphragme mm	Distance mm	Diaphragme mm	Distance mm	Diaphragme/ ouverture délimitante mm	Distance mm
< 302,5	–	–	–	–	1	0
≥ 302,5 à 400	25	2 000	7	70	1	100
≥ 400 à 1 400	50	2 000	7	70	7	100
≥ 1 400 à 4 000	7 × condition 3	2 000	7	70	1 pour $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{3/8}$ pour $0,35$ s < $t < 10$ s 3,5 pour $t \geq 10$ s (t en s)	100
≥ 4 000 à 10^5	–	–	–	–	1 pour $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{3/8}$ pour $0,35$ s < $t < 10$ s 3,5 pour $t \geq 10$ s (t en s)	0
≥ 10^5 à 10^6	–	–	–	–	11	0

NOTE Les descriptions figurant sous les titres «Condition» sont des cas typiques donnés uniquement à titre d'information et ne sont pas destinées à être exclusives.

Tableau 12 – Points de référence

Type d'appareil	Point de référence
Emetteurs à semiconducteurs (DEL, diodes laser, diodes superluminescentes)	Emplacement physique de la puce émettrice
Emission à balayage (y compris les lasers linéaires à balayage)	Sommet du balayage (point pivot du faisceau à balayage)
Laser linéaire	Point de focalisation de la ligne (sommet de l'angle d'étalement)
Sortie de la fibre	Extrémité de la fibre
Sources totalement diffuses	Surface du diffuseur
Autres	Col du faisceau

NOTE Si le point de référence est situé à l'intérieur du capot de protection (c'est-à-dire s'il n'est pas accessible) à une distance du point le plus proche de l'accès de personnes supérieure à la distance de mesure spécifiée au Tableau 11, il faut que la mesure soit effectuée au point le plus proche de l'accès de personnes.

9.3.3 Condition d'évaluation pour les sources étendues

Pour les longueurs d'ondes dans le domaine spectral de danger rétinien (400 nm à 1 400 nm), l'émission accessible et la LEA pour la classification doivent être déterminées à la position la plus restrictive:

- lorsqu'une valeur de C_6 supérieure à 1 est considérée pour la détermination de la LEA, ou
- lorsqu'un angle d'admission limite est considéré pour la détermination de l'émission accessible afin de comparer avec les limites photochimiques pour la rétine.

Table 11 – Measurement aperture diameters and measurement distances for the default (simplified) evaluation

	Condition 1 <i>applied to collimated beam where e.g. telescope or binoculars may increase the hazard</i>		Condition 2 <i>applied to diverging beam where e.g. magnifying glasses, microscopes may increase the hazard</i>		Condition 3 <i>applied to determine irradiation relevant for the unaided eye and for scanning beams</i>	
Wavelength nm	Aperture stop mm	Distance mm	Aperture stop mm	Distance mm	Aperture stop/ limiting aperture mm	Distance mm
< 302,5	–	–	–	–	1	0
≥ 302,5 to 400	25	2 000	7	70	1	100
≥ 400 to 1 400	50	2 000	7	70	7	100
≥ 1 400 to 4 000	7 × condition 3	2 000	7	70	1 for $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{3/8}$ for $0,35$ s < t < 10 s 3,5 for $t \geq 10$ s (t in s)	100
≥ 4 000 to 10^5	–	–	–	–	1 for $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{3/8}$ for $0,35$ s < t < 10 s 3,5 for $t \geq 10$ s (t in s)	0
≥ 10^5 to 10^6	–	–	–	–	11	0

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

Table 12 – Reference points

Type of product	Reference point
Semiconductor emitters (LEDs, laser diodes, superluminescent diodes)	Physical location of the emitting chip
Scanned emission (including scanned line lasers)	Scanning vertex (pivot point of the scanning beam)
Line laser	Focal point of the line (vertex of the fan angle)
Output of fibre	Fibre tip
Totally diffused sources	Surface of diffuser
Others	Beam waist

NOTE If the reference point is located inside of the protective housing (i.e. is not accessible) at a distance from the closest point of human access further than the measurement distance specified in Table 11, the measurement must be carried out at the closest point of human access.

9.3.3 Evaluation condition for extended sources

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

- when a value of C_6 larger than 1 is considered for determination of the AEL, or
- when a limited angle of acceptance is considered for the determination of the accessible emission for comparison with photochemical retinal limits.

L'émission accessible et la LEA (C_6) sont déterminées ensemble (c'est-à-dire qu'il s'agit de valeurs couplées) en différents emplacements à l'intérieur du faisceau, et les valeurs obtenues pour la position la plus restrictive sont utilisées pour déterminer la classe de l'appareil. Cela implique que l'émission accessible (qui est comparée à la LEA) et la LEA sont déterminées pour le même emplacement à l'intérieur du faisceau, c'est-à-dire que le diamètre apparent de la source apparente α (et par conséquent C_6) est déterminé à l'emplacement du diaphragme qui est utilisé pour déterminer l'émission accessible.

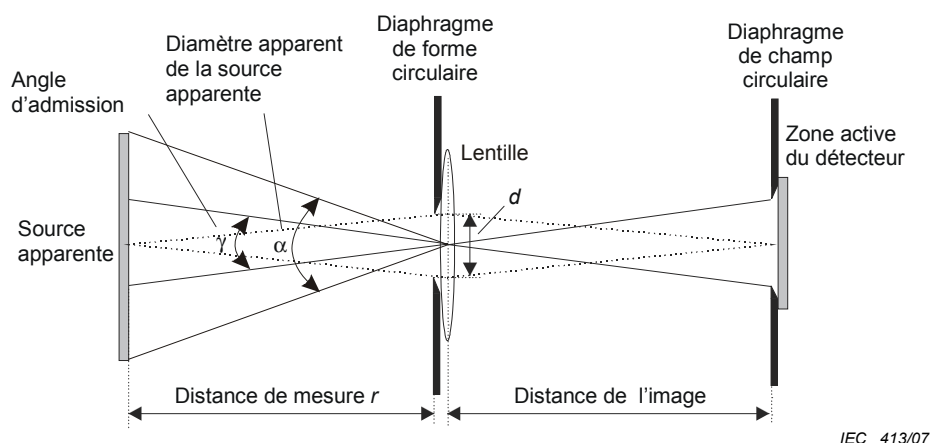
NOTE 1 Dans le cas où la divergence du faisceau laser est inférieure à 1,5 mrad, alors le diamètre apparent de la source apparente α est $\alpha_{\min}$ et la détermination de l'émission accessible peut être effectuée dans les conditions spécifiées en 9.3.1.

NOTE 2 Si la source est diffuse, par exemple un faisceau laser reçu par une plaque déflectrice de transmission, le diffuseur peut alors être considéré comme l'emplacement de la source apparente et le modèle d'émission au niveau du diffuseur peut être utilisé pour déterminer le diamètre apparent de la source apparente (voir 8.3 d)) pour la méthode d'évaluation des modèles non uniformes).

NOTE 3 Dans certains montages plus complexes avec des sources multiples ou des points de focalisation multiples, il peut être plus approprié d'utiliser une technique plus élaborée, telle que le lancer de rayon.

a) Diamètres d'ouverture

Pour la condition 1 et la condition 3, pour la détermination de l'émission accessible, ainsi que du diamètre apparent de la source apparente (les deux devant être déterminés à la position la plus restrictive dans le faisceau), les diamètres d'ouverture spécifiés au Tableau 11 doivent être utilisés (voir Figures 3 et 4).



IEC 413/07

Figure 3 – 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

The accessible emission and the AEL (C_6) are determined together (i.e. they are paired values) at different positions within the beam, and the values obtained for the most restrictive position are used to determine the class of the product. This implies that the accessible emission (that is compared to the AEL) and the AEL are determined for the same position within the beam, i.e. the angular subtense of the apparent source α (and therefore C_6) is determined at the position of the aperture stop that is used to determine the accessible emission.

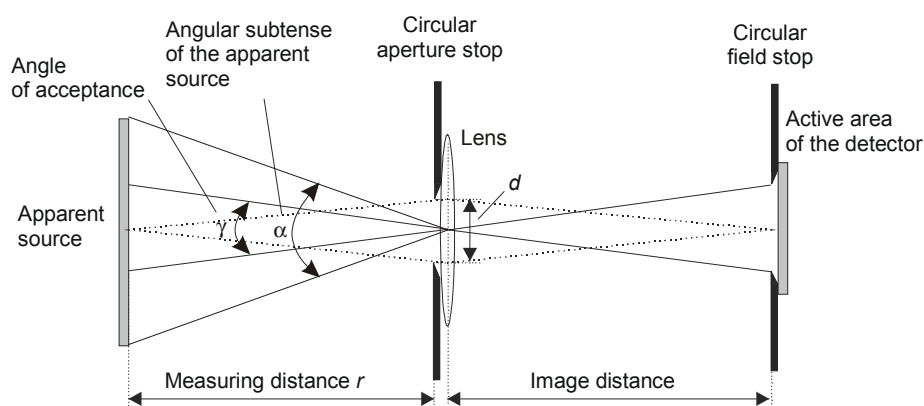
NOTE 1 In the case where the divergence of the laser beam is less than 1,5 mrad, then the angular subtense of the apparent source α is $\alpha_{\min}$ and the determination of the accessible emission may be performed under the conditions specified in 9.3.1.

NOTE 2 If the source is diffuse, for instance a laser beam incident on a transmissive diffuser plate, then the diffuser can be considered as the location of the apparent source and the emission pattern at the diffuser can be used to determine the angular subtense of the apparent source (see 8.3 d)) for the evaluation method of non-uniform patterns).

NOTE 3 In some more complex arrangements with multiple sources or multiple focal points, it may be more appropriate to use a more elaborate technique, such as ray tracing.

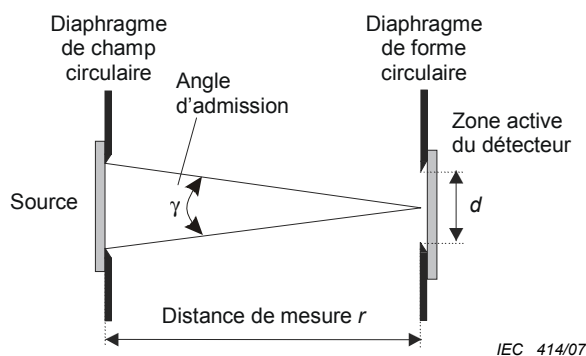
a) Aperture diameters

For condition 1 and condition 3, for the determination of the accessible emission, as well as the angular subtense of the apparent source (both of which are to be determined at the most restrictive position in the beam), the aperture diameters as specified in Table 11 shall be used (see Figures 3 and 4).



IEC 413/07

Figure 3 – Measurement set-up to limit angle of acceptance by imaging the apparent source onto the plane of the field stop

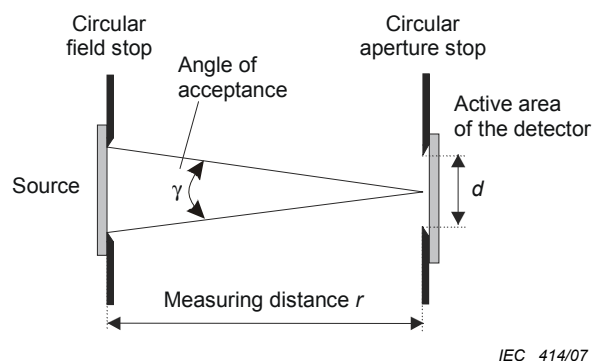


NOTE Lorsque la source apparente n'est pas accessible, cette installation n'est pas appropriée.

Figure 4 – 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

Pour la condition 2, pour la détermination de l'émission accessible, ainsi que du diamètre apparent de la source apparente, une lentille positive L1 avec une longueur focale de 35 mm et une ouverture de 7 mm de diamètre doit être placée (voir Figure 5) à une distance de 35 mm du point de référence donné au Tableau 12. Le diaphragme pour la détermination de l'émission accessible ainsi que pour la détermination du diamètre apparent de la source apparente doit être placé à une distance de 100 mm de la lentille L1 et le diamètre de ce diaphragme doit être de 3,5 mm.

NOTE La lentille L1 représente une loupe avec un grossissement $\times 7$. Lorsque des sources divergentes sont placées au niveau du point de focalisation de la lentille, le rayonnement est collimaté, affectant ainsi l'émission accessible déterminée avec le diaphragme ainsi que le diamètre apparent de la source apparente. Etant donné que toutes les distances sont fixées, pour la condition 2, il n'est pas nécessaire d'identifier la position la plus restrictive.



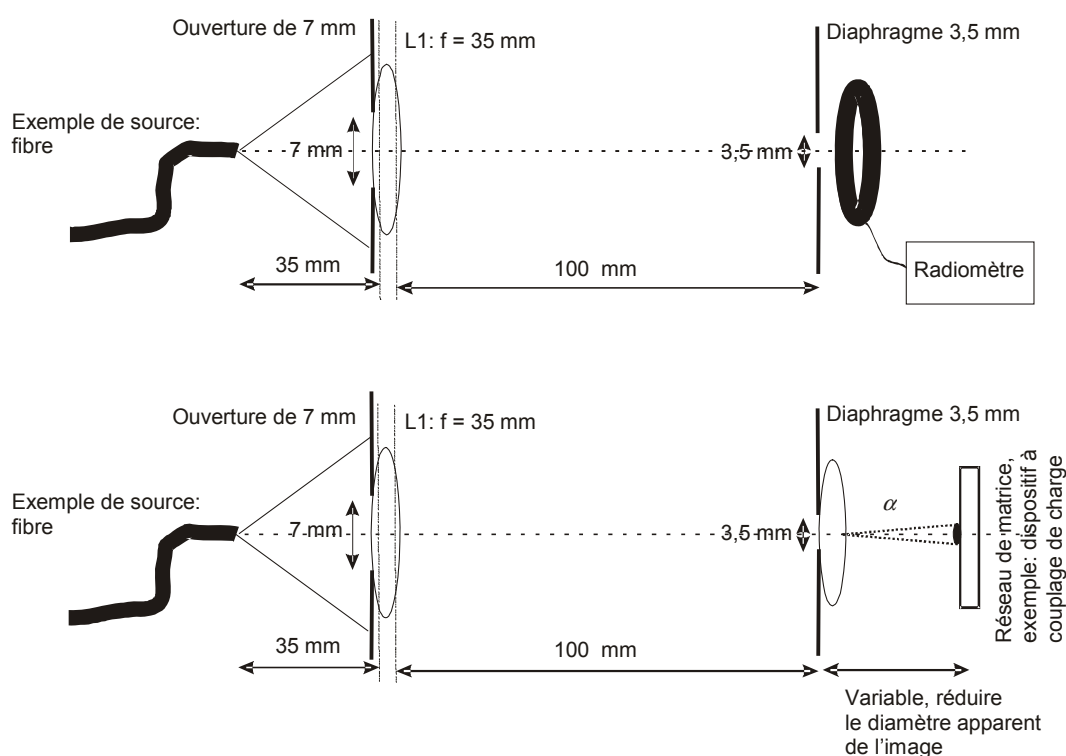
IEC 414/07

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

Figure 4 – 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

For condition 2, for determination of the accessible emission as well as of the angular subtense of the apparent source, a positive lens L1 with a focal length of 35 mm and an aperture with a diameter of 7 mm is to be placed (see Figure 5) at a distance of 35 mm from the reference point as given in Table 12. The aperture stop for the determination of the accessible emission as well as for the determination of the angular subtense of the apparent source is to be placed at a distance of 100 mm from the lens L1 and the diameter of this aperture stop shall be 3,5 mm.

NOTE The lens L1 is to represent a magnifying glass with a magnification of $\times 7$. When diverging sources are placed at the focal point of the lens, the radiation is collimated, thereby affecting both the accessible emission as determined with the aperture stop as well as the angular subtense of the apparent source. Since all distances are fixed, for condition 2 it is not necessary to identify the most restrictive position.



IEC 415/07

Figure 5 – Installation expérimentale pour la détermination de l'émission accessible (au-dessus) et du diamètre apparent de la source apparente (en dessous) pour la condition 2 lorsqu'une source étendue doit être prise en compte (c'est-à-dire en n'utilisant pas l'évaluation simplifiée par défaut)

b) Angle d'admission

L'angle d'admission est déterminé par le rapport du diamètre du diaphragme de champ et de la distance lentille-diaphragme de champ (distance de l'image) (Figure 3), ou par le rapport du diamètre du diaphragme de champ et de la distance source-détecteur (Figure 4). Les pertes dues à la lentille doivent être prises en considération.

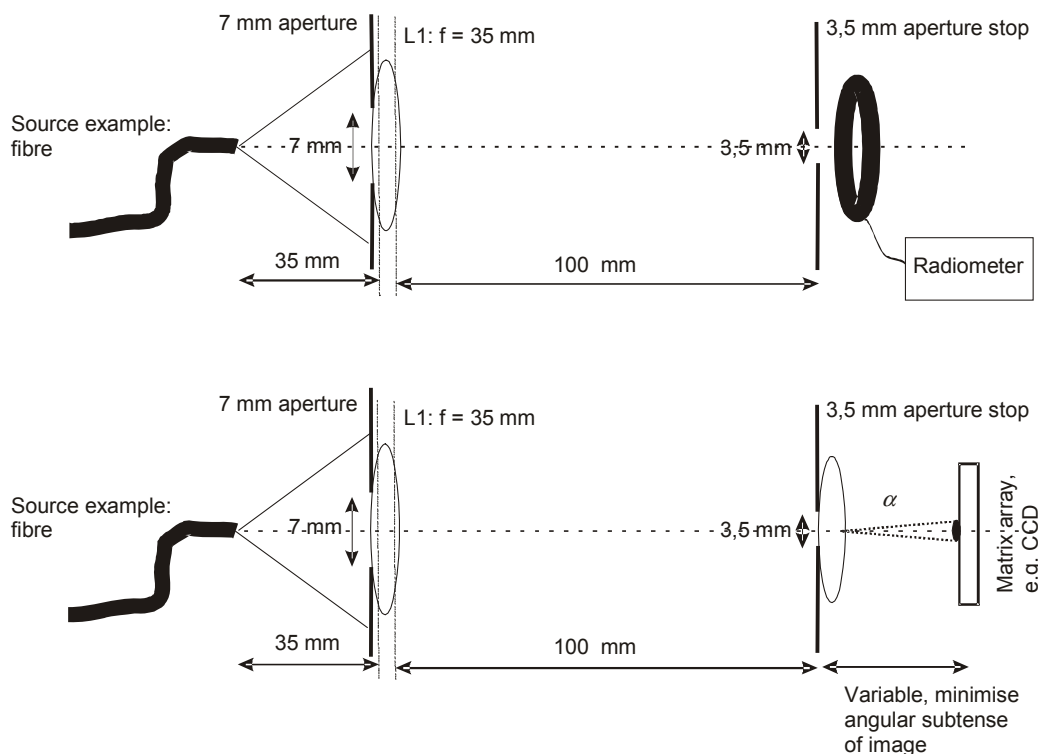
Pour les conditions 2 et 3, l'angle d'admission pour la détermination du niveau d'émission accessible doit être tel qu'indiqué en 1) et 2) ci-dessous. Pour la condition 1, l'angle d'admission est déterminé en divisant les valeurs données en 1) et 2) par un facteur 7.

1) Limites photochimiques pour la rétine

Pour ce qui concerne les mesures des sources à évaluer par rapport aux limites photochimiques (400 nm à 600 nm), l'angle d'admission limite γ_{ph} est donné au Tableau 13.

Tableau 13 – Angle d'admission limite γ_{ph}

Durée d'émission s	γ_{ph} pour la condition 1 mrad	γ_{ph} pour la condition 2 et la condition 3 mrad
$10 < t \leq 100$	1,57	11
$100 < t \leq 10^4$	$0,16 \times t^{0,5}$	$1,1 t^{0,5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110



IEC 415/07

Figure 5 – Experimental set-up for the determination of the accessible emission (above) and the angular subtense of the apparent source (below) for condition 2 when an extended source is to be considered (i.e. not using the default, simplified evaluation)

b) Angle of acceptance

The angle of acceptance is determined by the ratio of the diameter of the field stop and the lens to field stop distance (image distance) (Figure 3), or by the ratio of the diameter of the field stop and the source-detector distance (Figure 4). Losses due to the lens have to be taken into account.

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

1) Photochemical retinal limits

For measurements of sources to be evaluated against the photochemical limits (400 nm to 600 nm), the limiting angle of acceptance γ_{ph} is given in Table 13.

Table 13 – Limiting angle of acceptance γ_{ph}

Emission duration s	γ_{ph} for condition 1 mrad	γ_{ph} for condition 2 and condition 3 mrad
$10 < t \leq 100$	1,57	11
$100 < t \leq 10^4$	$0,16 \times t^{0,5}$	$1,1 t^{0,5}$
$10^4 < t \leq 3 \times 10^4$	16	110