

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment –
Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic
protective devices (AOPDs)**

**Sécurité des machines – Équipements de protection électrosensibles –
Partie 2: Exigences particulières pour un équipement utilisant des dispositifs
protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment –
Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic
protective devices (AOPDs)**

**Sécurité des machines – Équipements de protection électrosensibles –
Partie 2: Exigences particulières pour un équipement utilisant des dispositifs
protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.110; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-9447-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Functional, design and environmental requirements	9
5 Testing	14
6 Marking for identification and safe use.....	40
7 Accompanying documents	41
Annex A (normative) Optional functions of the ESPE	42
Annex AA (informative) Type 2 AOPD periodic test configurations	46
Figure 1 – Limit area for the protection against the risk of beam bypass	12
Figure 2 – Limit of vertical and horizontal misalignment	13
Figure 3 – Test piece at 45°	18
Figure 4 – Test piece at 90°	18
Figure 5 – Verifying sensing function by moving the test piece (TP) through the detection zone near the emitter, near the receiver/retro-reflector target and at the midpoint.....	19
Figure 6 – Limit values for the effective aperture angle (EAA).....	21
Figure 7 – Determination of the minimum detection capability	22
Figure 8 – Measuring method for EAA (direction).....	23
Figure 9 – Prism test to measure EAA of each beam	25
Figure 10 – EAA test using prism.....	26
Figure 11 – Example of optical subsystem	27
Figure 12 – Example of SMD LED Model	28
Figure 13 – Example of intensity distribution of emitting element	28
Figure 14 – Example of emitter model with beams internally blocked by aperture stop.....	29
Figure 15 – Example of receiving unit with off axis beam portion reflected internally on mechanical elements	29
Figure 16 – Example of test piece inside model of optical subsystem with passing radiation on the receiver	30
Figure 17 – Example of emitting unit adjusted at the limit.....	31
Figure 18 – Extraneous reflection test with mirror outside of limit area.....	32
Figure 19 – AOPD misalignment test	34
Figure 20 – Light interference test – Direct method	36
Figure 21 – Light interference test – Test set-up with incandescent light source	37
Figure 22 – Light interference test – Test set-up with fluorescent light source.....	38
Figure 23 – Light interference test – Test set-up with flashing beaconlight source	39
Figure AA.1 – Single beam sensing device	46
Figure AA.2 – Series connection of single beam sensing devices	46
Figure AA.3 – Assembly of multiple beams tested individually.....	46
Figure AA.4 – Example of type 2 AOPD with internal test.....	47

Table 1 – Correspondences of requirements/testing and AOPD designs	15
Table 2 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 2 ESPE depending on the dimensions of the light curtain.....	32
Table 3 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 3 ESPE depending on the dimensions of the light curtain.....	33
Table 4 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 4 ESPE depending on the dimensions of the light curtain.....	33

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF MACHINERY –
ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT –****Part 2: Particular requirements for equipment using
active opto-electronic protective devices (AOPDs)**

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 61496-2 has been prepared by IEC technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects, in collaboration with CENELEC technical committee 44X: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Requirements and test procedures in Part 2 that were found to be common to all ESPEs have been moved to Part 1. Test procedures that are dependent on the sensing technology remain in Part 2.

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

FDIS	Report on voting
44/875/FDIS	44/878/RVD

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

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

This standard has the status of a product family standard and can be used as a normative reference in a dedicated product standard for the safety of machinery.

This standard is to be used in conjunction with IEC 61496-1:2020.

This part supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 61496-1:2020.

Where a particular clause or subclause of IEC 61496-1:2020 is not mentioned in this Part 2, that clause or subclause applies as far as is reasonable. Where this part states "*Addition*", "*Modification*" or "*Replacement*", the relevant text of IEC 61496-1:2020 is adapted accordingly.

Clauses and subclauses which are additional to those of Part 1 are numbered sequentially, following on the last available number in Part 1. Terminological entries (in Clause 3) which are additional to those in Part 1 are numbered starting from 3.201. Additional annexes are lettered from AA onwards.

A list of all parts in the IEC 61496 series, published under the general title *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment*, can be found on the IEC website.

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

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

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

INTRODUCTION

Electro-sensitive protective equipment (ESPE) is applied to machinery that presents a risk of personal injury. It provides protection by causing the machine to revert to a safe condition before a person can be placed in a hazardous situation.

This document provides particular requirements for the design, construction and testing of electro-sensitive protective equipment (ESPE) for the safeguarding of machinery, employing active opto-electronic protective devices (AOPDs) for the sensing function.

Each type of machine presents its own particular hazards, and it is not the purpose of this document to recommend the manner of application of the ESPE to any particular machine. The application of the ESPE should be a matter for agreement between the equipment supplier, the machine user and the enforcing authority; in this context, attention is drawn to the relevant guidance established internationally, for example, ISO 12100.

Due to the complexity of the technology of ESPEs, there are many issues that are highly dependent on analysis and expertise in specific test and measurement techniques. In order to provide a high level of confidence, independent review by relevant expertise is recommended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020

SAFETY OF MACHINERY – ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT –

Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)

1 Scope

This clause of Part 1 is replaced by the following:

This part of IEC 61496 specifies requirements for the design, construction and testing of electro-sensitive protective equipment (ESPE) designed specifically to detect persons as part of a safety-related system, employing active opto-electronic protective devices (AOPDs) for the sensing function. Special attention is directed to features which ensure that an appropriate safety-related performance is achieved. An ESPE can include optional safety-related functions, the requirements for which are given in Annex A of IEC 61496-1:2020 and of this document.

This document does not specify the dimensions or configurations of the detection zone and its disposition in relation to hazardous parts for any particular application, nor what constitutes a hazardous state of any machine. It is restricted to the functioning of the ESPE and how it interfaces with the machine.

Excluded from this document are AOPDs employing radiation at wavelengths outside the range 400 nm to 1 500 nm.

This document can be relevant to applications other than those for the protection of persons, for example, the protection of machinery or products from mechanical damage. In those applications, additional requirements can be necessary, for example, when the materials that are to be recognized by the sensing function have different properties from those of persons.

This document does not deal with electromagnetic compatibility (EMC) emission requirements.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61496-1:2020, *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests*¹

IEC 62471, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

ISO 13855, *Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 20471, *High-visibility clothing – Test methods and requirements*

¹ To be published.

3 Terms and definitions

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

3.201

active opto-electronic protective device

AOPD

device whose sensing function is performed by opto-electronic emitting and receiving elements detecting the interruption of optical radiations generated, within the device, by an opaque object present in the specified detection zone (or for a light beam device, on the axis of the light beam)

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

3.202

beam centre-line

optical path joining the optical centre of an emitting element to the optical centre of the corresponding receiving element that is intended to respond to light from that emitting element during normal operation

Note 1 to entry: The optical axis of a light beam is not always on the beam centre-line.

Note 2 to entry: Physical displacement of the beam centre-line may occur as a consequence of normal operation (for example, by the use of a motor-driven mirror).

Note 3 to entry: For an AOPD that operates on a retro-reflective technique, the optical path is defined by the retro-reflector target together with the emitting and receiving elements.

3.203

effective aperture angle

EAA

maximum angle of deviation from the optical alignment of the emitting element(s) and the receiving element(s) within which the AOPD continues in normal operation

3.204

light beam device

AOPD comprising one or more emitting element(s) and corresponding receiving element(s), where a detection zone is not specified by the supplier

3.205

light curtain

AOPD comprising an integrated assembly of one or more emitting element(s) and one or more receiving element(s) forming a detection zone with a detection capability specified by the supplier

Note 1 to entry: A light curtain with a large detection capability is sometimes referred to as a light grid.

3.206

test piece

opaque cylindrical element used to verify the detection capability of the AOPD

3.207

geometrically restricted optical design

GROD

AOPD using an optic design where

- the effective aperture angle (EAA) of each emitting and each receiving element does not exceed the values given in Figure 6 and
- the axes of the optical beams are parallel and

- side lobes are minimized and
- the spacing between beam centre-lines is uniform and
- the value of detection capability is based on the complete obscuration of at least one beam for any and all positions of the test piece within the detection zone (see Figure 7).

Replacement:

3.3

detection capability

dimension representing the diameter of the test piece which:

- for a light curtain, will actuate the sensing device when placed in the detection zone;
- for a single light beam device, will actuate the sensing device when placed in the beam centre-line;
- for a multiple light beam device, will actuate the sensing device when placed in any beam centre-line

Note 1 to entry: The term "detection capability" can also be used to mean the ability to detect a test piece of the specified diameter.

4 Functional, design and environmental requirements

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

4.1 Functional requirements

4.1.2 Sensing function

Replacement:

4.1.2.1 General requirements

The sensing function shall be effective over the detection zone specified by the supplier. No adjustment of the detection zone, detection capability or blanking function shall be possible without the use of a key, keyword or tool.

The sensing device of a light curtain shall be actuated and the OSSD(s) shall go to and remain in the OFF-state when a test piece in accordance with 4.2.13 is present anywhere within the detection zone either static (at any angle) or moving (with the axis of the cylinder normal to the plane of the detection zone), at any speed between 0 m/s and 1,6 m/s.

The sensing device of a light beam device shall be actuated and the OSSD(s) shall go to and remain in the OFF-state when a test piece in accordance with 4.2.13 is present in the beam centre-line, at any point throughout the operating distance, with the axis of the cylinder normal to the axis of the beam.

Where the supplier states that an AOPD can be used to detect objects moving at speeds greater than those specified above, the above requirements shall be met at any speed up to and including the stated maximum speed(s).

4.1.2.2 Additional requirements for AOPDs using retro-reflective techniques and for AOPDs using mixed emitters and receivers in the same assembly

4.1.2.2.1 General

AOPDs using retro-reflective techniques where the light beam traverses the detection zone more than once (over the same path) and AOPDs using mixed emitters and receivers in the same assembly shall not fail to danger if a reflective object (for example, reflective clothes) is placed at any position in the detection zone.

NOTE The use of mirrors to return the light beam is not considered to be a retro-reflective technique.

4.1.2.2.2 Sensing function

The OSSD(s) shall go to the OFF-state when a reflective object of a size equal to, or greater than, the diameter and length of the test piece (see 4.2.13) is placed in the detection zone at any position as specified in 5.2.1.4.

For a type 3 AOPD or a type 4 AOPD, under normal operating conditions, the OSSD(s) shall go to the OFF-state when a reflective object, as specified in 5.2.1.4, is placed as close as practicable in front of the sensing surface of the emitting/receiving elements.

4.1.3 Types of ESPE

Replacement:

In this document, only type 2, type 3 and type 4 ESPEs are considered. The types differ in their performance in the presence of faults and under influences from environmental conditions. In IEC 61496-1:2020, the effects of electrical and electromechanical faults are considered (such faults are listed in Annex B of IEC 61496-1:2020).

NOTE The machine supplier and/or the user will determine which type is required for a particular application.

For a type 2 ESPE, in normal operation the output circuit of at least one output signal switching device shall go to the OFF-state when the sensing function is actuated, or when power is removed from the ESPE.

A type 2 ESPE shall fulfil the fault detection requirements of 4.2.2.3.

A type 3 ESPE shall fulfil the fault detection requirements of 4.2.2.4.

A type 4 ESPE shall fulfil the fault detection requirements of 4.2.2.5.

For a type 3 or a type 4 ESPE, in normal operation the output circuit of at least two output signal switching devices shall go to the OFF-state when the sensing function is actuated, or when power is removed from the ESPE.

When a single safety-related data interface is used to perform the functions of the OSSD(s), the data interface and associated safety-related communication interface shall meet the requirements of 4.2.4.4 of IEC 61496-1:2020. In this case, a single safety-related data interface can substitute for two OSSDs in a type 3 ESPE or a type 4 ESPE.

4.2 Design requirements

4.2.2 Fault detection requirements

4.2.2.3 Particular requirements for a type 2 ESPE

Addition:

The periodic test shall verify that each light beam operates in the manner specified by the supplier.

Different configurations are considered that differ in the way the testing of the safety related performance is carried out.

Annex AA, Figure AA.1, Figure AA.2 and Figure AA.3 are examples of type 2 AOPDs where the periodic test is externally initiated and the results are externally evaluated. Annex AA, Figure AA.4 is an example of a type 2 AOPD where the periodic test is automatically initiated and evaluated internally.

Replacement:

4.2.12 Integrity of the AOPD detection capability

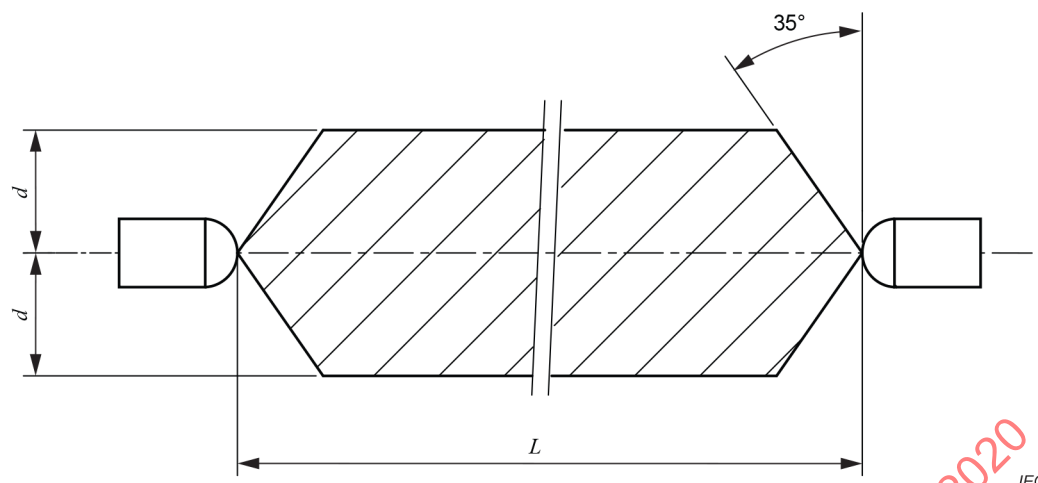
The design of the AOPD shall be such that the AOPD detection capability does not change from the value stated by the supplier when the AOPD is operated under any and all combinations of the following:

- any condition within the specification of the supplier;
- the environmental conditions specified in 4.3;
- at the limits of alignment and/or adjustment;
- over the entire detection zone.

If a single fault (as specified in Annex B of IEC 61496-1:2020), which under normal operating conditions (see 5.1.2.1) would not result in a loss of AOPD detection capability but, when occurring with a combination of the conditions specified above, would result in such a loss, that fault together with that combination of conditions shall be considered as a single fault, and the AOPD shall respond to such a single fault as required in 4.2.2.

The AOPD shall be designed and constructed to:

- a) limit the possibility of failure to danger resulting from extraneous reflections (for operating range up to 3 m, see Figure 1);
- b) limit the misalignment at which normal operation is possible.
For an operating range of 3 m the limits of Figure 2 shall be met;
- c) limit the possibility of malfunction during exposure to extraneous light in the range of 400 nm to 1 500 nm.



For type 4: $d = 131 \text{ mm}$, $L = 250 \text{ mm}$ to $3\,000 \text{ mm}$

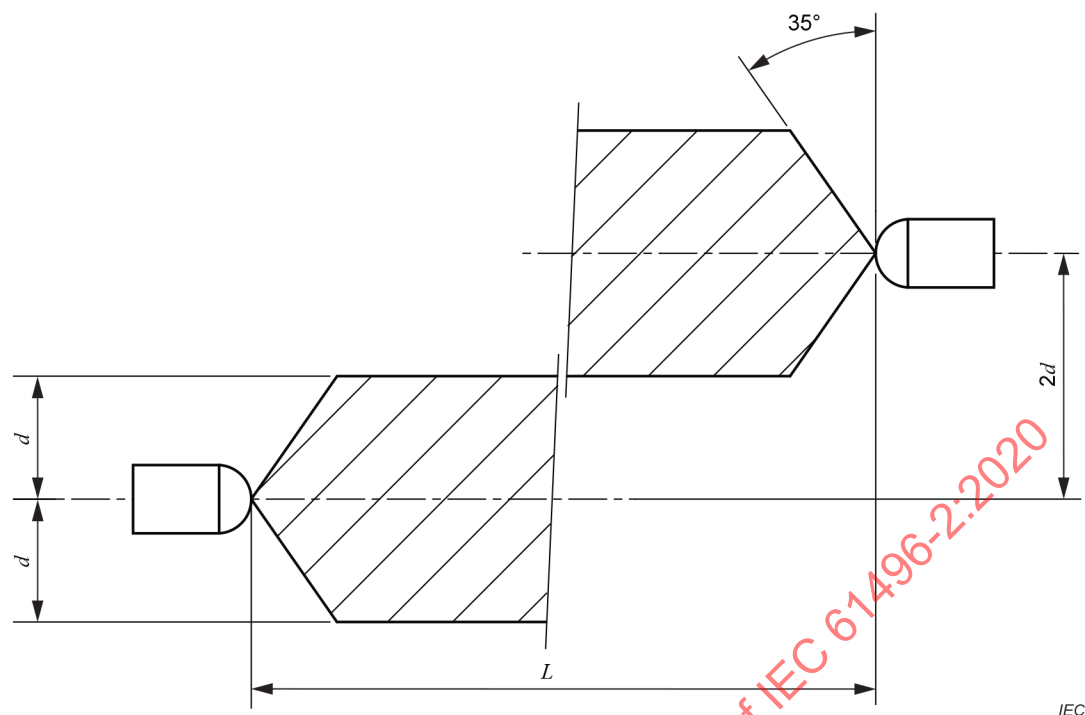
For type 3: $d = 184 \text{ mm}$, $L = 375 \text{ mm}$ to $3\,000 \text{ mm}$

For type 2: $d = 262 \text{ mm}$, $L = 500 \text{ mm}$ to $3\,000 \text{ mm}$

NOTE In this figure, extraneous reflections from surfaces outside the shaded area will not cause a failure to danger. For short ranges (250 mm for type 4, 375 mm for type 3 and 500 mm for type 2), the angle of 35° is a limit selected by the working group based on known designs of AOPDs.

Figure 1 – Limit area for the protection against the risk of beam bypass

If the AOPD is intended to provide protection when mounted very close to a reflective surface (i.e. inside the shaded area of Figure 1), the AOPD shall be designed in such a manner that no optical bypassing can occur on the reflective surfaces. For such a device, an EAA much less than $2,5^\circ$ (for example, less than $0,1^\circ$) can be necessary. In this case, Figure 1 does not apply and the limits of protection against optical bypassing shall be as specified by the manufacturer.



For type 4: $2d = 262 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

For type 3: $2d = 368 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

For type 2: $2d = 524 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

Figure 2 – Limit of vertical and horizontal misalignment

4.2.13 Test piece

The test piece shall be cylindrical and opaque, with a minimum effective length of 150 mm. The diameter of the test piece shall not exceed the AOPD detection capability stated by the supplier.

For AOPDs using retro-reflective techniques and for AOPDs using mixed emitter/receivers in the same assembly (see 4.1.2.2), the surface of the opaque test piece shall be:

- a retro-reflecting material complying with the requirements for separate performance retro-reflective material of ISO 20471;

NOTE Table 4 of ISO 20471:2013 defines the minimum coefficient of retro-reflection for separate performance retro-reflective material as $330 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$ with an entrance angle of 5° and an observation angle of $0,2^\circ$ ($12'$).

- a mirror-type reflective surface having a reflection factor greater than or equal to 90 % at the operating wavelength, for example, polished chrome plating or polished aluminium;
- a diffuse reflective surface, white with a coefficient of diffuse reflectance in the range of 80 % to 90 % at the wavelength of the emitter. Example of suitable material is white paper.

For an AOPD detection capability of not more than 40 mm, the test piece for a light curtain shall be provided by the supplier and shall be marked with the following:

- diameter in millimetres;
- type reference and an indication of the AOPD with which the test piece is intended to be used.

When more than one detection capability can be configured on the AOPD, the supplier shall provide a test piece for each detection capability.

Verification shall be by inspection.

Addition:

4.2.14 Wavelength

AOPDs shall operate at a wavelength within the range 400 nm to 1 500 nm.

4.2.15 Radiation intensity

If the emitting device uses LED technology, the radiation intensity generated and emitted by the AOPD shall meet the requirements of exempt group in accordance with IEC 62471.

NOTE 1 Exempt group is equal to risk group zero (IEC 62471).

If the emitting device uses laser technology, the radiation intensity generated and emitted by the AOPD shall at no time exceed the maximum power or energy levels for a class 1M laser in accordance with IEC 60825-1.

NOTE 2 Class 2 devices can be used for alignment or adjustment.

5 Testing

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

5.1 General

Addition:

In the following tests, it shall be verified that when the OSSD(s) go to the OFF-state, they remain in the OFF-state while the test piece is present in the detection zone (or light beam). If the AOPD incorporates a restart interlock, the restart interlock shall be disabled during the tests of Clause 5.

AOPD may be designed in different ways. Table 1 shows the different designs and corresponding requirements and tests as described within this document.

Table 1 – Correspondences of requirements/testing and AOPD designs

Sub-clause	Requirements and tests	Different AOPD designs					
		AOPD using only emitters or only receivers in the same assembly		AOPD using retro-reflective techniques		AOPD using emitters and receivers in the same assembly	
		GROD	Unrestricted optical design	GROD	Unrestricted optical design	GROD	Unrestricted optical design
4.1	Functional requirements	X	X	X	X	X	X
4.1.2	Sensing function	X	X	X	X	X	X
4.1.2.2	Additional requirements for AOPDs using retro-reflective techniques and for AOPDs using mixed emitters and receivers in the same assembly			X	X	X	X
4.2	Design requirements	X	X	X	X	X	X
4.2.2	Fault detection requirements	X	X	X	X	X	X
4.2.12	Integrity of the AOPD detection capability	X	X	X	X	X	X
4.2.13	Test piece	X	X	X	X	X	X
4.2.14	Wavelength	X	X	X	X	X	X
4.2.15	Radiation intensity	X	X	X	X	X	X
4.3	Environmental requirements	X	X	X	X	X	X
4.3.5	Light interference	X	X	X	X	X	X
5	Testing	X	X	X	X	X	X
5.1	General	X	X	X	X	X	X
5.1.1	Type tests	X	X	X	X	X	X
5.1.1.2	Operating condition	X	X	X	X	X	X
5.1.2	Test conditions	X	X	X	X	X	X
5.1.2.2	Measurement accuracy	X	X	X	X	X	X
5.2	Functional tests	X	X	X	X	X	X
5.2.1	Sensing function	X	X	X	X	X	X
5.2.1.2.2	Analysis of the electro-optical subsystem	X	X	X	X	X	X
5.2.1.2.3	Verification of the electro-optical subsystem for GROD	X	X	X	X	X	X
5.2.1.2.4	EAA test of GROD	X		X		X	
5.2.1.2.5	Prism test for GROD	X		X		X	

Sub-clause	Requirements and tests	Different AOPD designs					
		AOPD using only emitters or only receivers in the same assembly		AOPD using retro-reflective techniques		AOPD using emitters and receivers in the same assembly	
		GROD	Unrestricted optical design	GROD	Unrestricted optical design	GROD	Unrestricted optical design
5.2.1.3	Verification of the electro-optical subsystem for technologies other than GROD		X		X		X
5.2.1.3.2	Modelling and verification of optical subsystem model		X		X		X
5.2.1.3.3	Analysis of the detection capability by simulation		X		X		X
5.2.1.3.4	Additional tests of detection capability		X		X		X
5.2.1.3.5	Analysis of extraneous reflections		X		X		X
5.2.1.3.6	Extraneous reflections test		X		X		X
5.2.1.3.7	Misalignment test		X		X		X
5.2.1.4	Additional tests for an AOPD using retro-reflective techniques and for AOPDs using mixed emitter and receivers in the same assembly			X	X	X	X
5.4	Environmental tests	X	X	X	X	X	X
5.4.6	Light interference	X	X	X	X	X	X
5.4.6.1	General	X	X	X	X	X	X
5.4.6.2	Light sources	X	X	X	X	X	X
5.4.6.3	Test sequences	X	X	X	X	X	X
5.4.6.4	Normal operation (best alignment)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.5	Failure to danger – Incandescent light (3 000 lux and worst-case alignment)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.6	Failure to danger – Flashing beacon (worst-case alignment)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.7	Failure to danger – Fluorescent light (3 000 lux and worst-case alignment)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.8	Failure to danger – Interfering light from an emitting element of identical design	X	X	X	X	X	X

5.1.1 Type tests

5.1.1.2 Operating condition

Addition:

For the purpose of these tests, the plane of the light curtain detection zone may be either vertical or horizontal as preferred for a test.

If it can be demonstrated that the results will be the same, testing at long operating distances may be simulated by the use of neutral density filters.

5.2 Functional tests

5.2.1 Sensing function

Replacement:

5.2.1.1 General

It shall be verified that the sensing device is continuously actuated and, where appropriate, that the OSSD(s) go to the OFF-state, taking into account the operating principle of the AOPD and, in particular, the techniques used to provide tolerance to environmental interference.

For a light curtain:

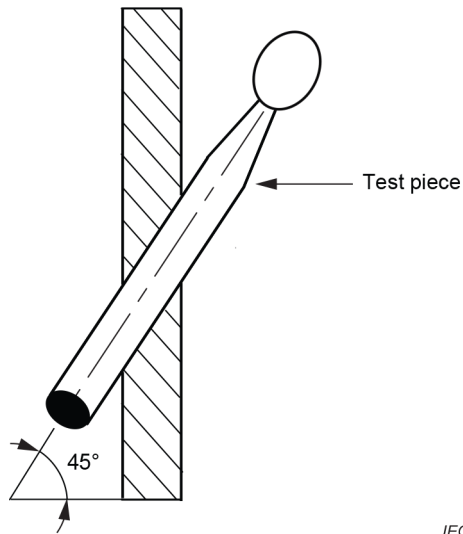
- by slowly moving the test piece in the detection zone across the beams at an angle of 45° and at an angle of 90° (see Figure 3 and Figure 4) at each end of the detection zone [as near as practical to the emitter and receiver (or retro-reflector target)] and midway between the ends (see Figure 5);
- by placing the test piece in the detection zone, stationary, at any position and/or angle considered critical as a result of the analysis in 5.2.1.2.2;
- by moving the test piece in the detection zone, across the beams at the maximum speed in the range specified in 4.1.2.1, and at any other speed in that range which is considered critical as a result of the analysis in 5.2.1.2.2;
- by moving the test piece (having a length of 150 mm) through the detection zone at 1,6 m/s such that the direction of movement and the axis of the test piece are normal to the detection plane, at the extremities of the detection zone (for example, at each corner) and in any other position that is considered critical as a result of the analysis in 5.2.1.2.2.

For a light beam device:

- by placing the test piece in the beam at each end of the beam and midway along the beam such that the axis of the test piece is normal to the axis of the beam;
- by moving the test piece (having a length of 150 mm) through the beam at 1,6 m/s such that the direction of movement and the axis of the test piece are normal to the axis of the beam, at each end of the beam midway along the beam, and at any point throughout the operating distance which is considered critical as a result of the analysis in 5.2.1.2.2.

The above tests shall be performed with the AOPD operating at the minimum specified operating distance or 0,5 m, whichever is the greater, and at the maximum specified operating distance.

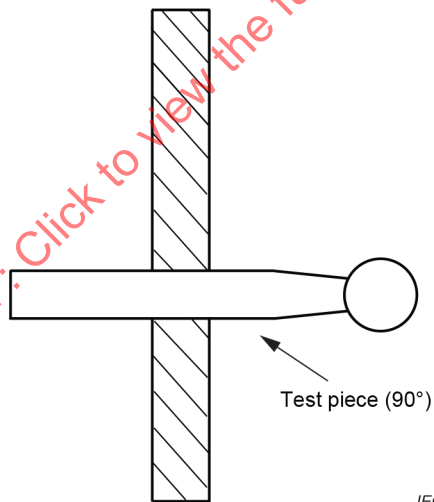
Detection zone of a light curtain
shown with light beams normal
to the page



IEC

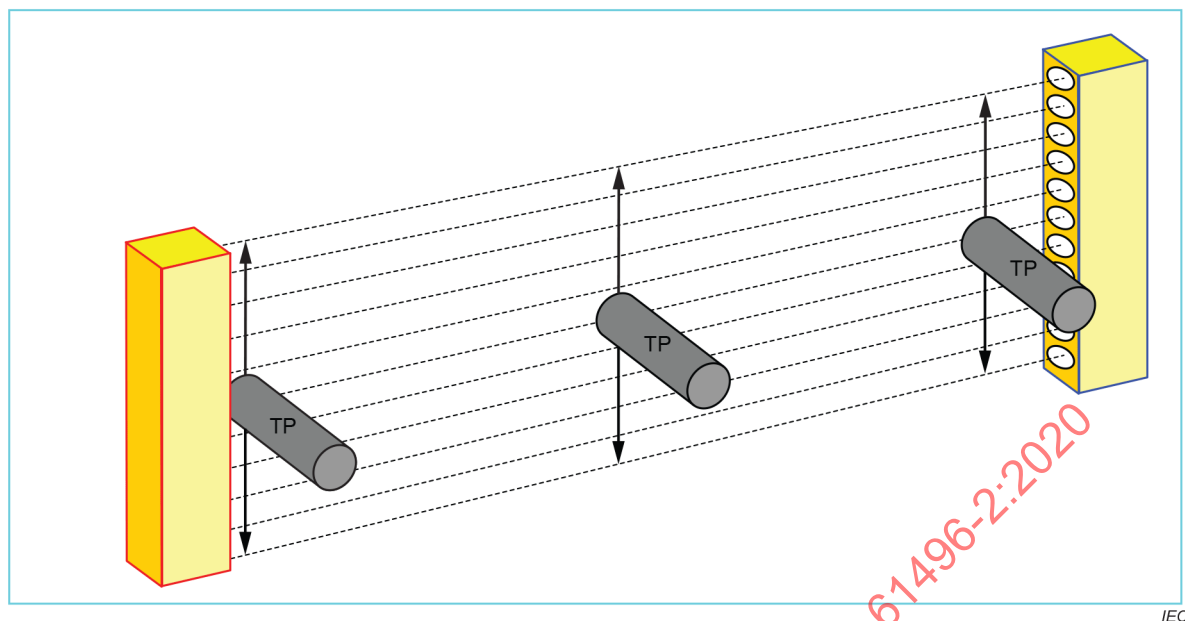
Figure 3 – Test piece at 45°

Detection zone of a light curtain
shown with light beams normal
to the page



IEC

Figure 4 – Test piece at 90°



IEC

Figure 5 – Verifying sensing function by moving the test piece (TP) through the detection zone near the emitter, near the receiver/retro-reflector target and at the midpoint

5.2.1.2 Verification of integrity of detection capability

5.2.1.2.1 General

It shall be verified that the AOPD detection capability is continuously maintained or the ESPE does not fail to danger, by systematic analysis of the design of the AOPD, using testing where appropriate, taking into account all combinations of the conditions specified in 4.1.2, 4.2.12 and the faults specified in 5.3 of IEC 61496-1:2020.

5.2.1.2.2 Analysis of the electro-optical subsystem

A systematic analysis of the electro-optical subsystem shall be carried out to determine:

- the beam centre-line and the optical axes of the emitting and receiving elements;
- the spacing between beam centre-lines;
- the characteristics of the optical assemblies (e.g. lens diameter, focal length, position and dimension of the stops, shape of the lens holder, mirrors, retro-reflector targets);
- the relative intensity/sensitivity of the beams in the multi-beam devices;
- beam direction and orientation between similar elements (i.e. between one emitting subassembly and another, or between one receiving subassembly and another);
- the criteria used to determine the status of the sensing function.

The results of this analysis shall be used to determine which method is appropriate for the verification of the electro-optical subsystem and verification for integrity of detection capability.

If the analysis shows that all the criteria in 5.2.1.2.3 are met, then 5.2.1.2.3, 5.2.1.2.4 and 5.2.1.2.5 shall be used.

In all the other cases or if the analysis shows that one or more of the criteria in 5.2.1.2.3 are not met, then 5.2.1.3 (including 5.2.1.3.1 to 5.2.1.3.7) shall be used.

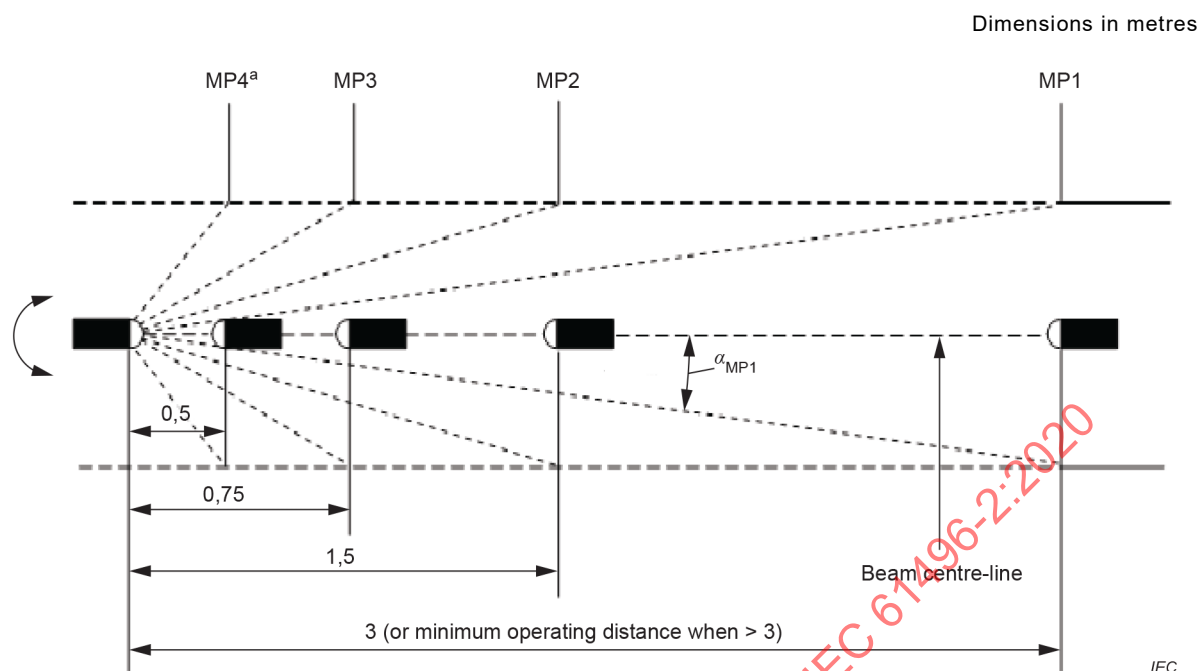
5.2.1.2.3 Verification of the electro-optical subsystem for GROD

GROD achieves the requirements specified in 4.2.12 by ensuring that

- the effective aperture angle (EAA) of each emitting and each receiving element does not exceed the values given in Figure 6 and
- the axes of the optical beams are parallel and
- side lobes are minimized and
- the spacing between beam centre-lines is uniform and
- the value of detection capability is based on the complete obscuration of at least one beam for any and all positions of the test piece within the detection zone (see Figure 7).

It shall be verified that all beams meet the following limits.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020



AOPD Type	α limit values (degrees)			
	MP1	MP2	MP3	MP4
Type 2	5	10	19,3	27,7
Type 3	3,5	7	13,7	20,2
Type 4	2,5	5	10	14,7
MP = measuring point				

The effective aperture angle should be determined according to 5.2.1.2.4.

Measurements should be carried out at each of the measuring points MP1 to MP4 (or if minimum distance is greater than 3,0 m, at MP1 only).

NOTE The limit values for intermediate distances between MP1 and MP4 can be calculated using the formula:

$$\alpha = \tan^{-1}(d/L)$$

where

$$d = 262 \text{ (for type 2) or } d = 184 \text{ (for type 3) or } d = 131 \text{ (for type 4)}$$

and

L is the distance between emitter and receiver (or DUT and retro-reflector target).

For distances greater than 3,0 m, use the α limit for MP1.

For retro-reflector systems, the value of α is one-half of the value shown in the table above.

^a MP = measuring point

Figure 6 – Limit values for the effective aperture angle (EAA)

When GROD is used, the formula for determining minimum detection capability (d) is (see Figure 7):

$$d = P + \varnothing$$

where

d is the detection capability;

P is the beam centre-lines spacing;

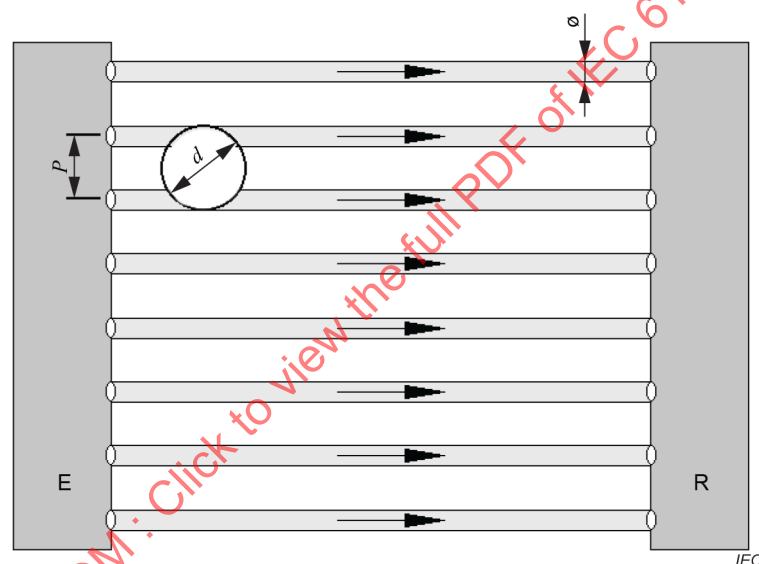
$\varnothing$ is the lens diameter.

EXAMPLE Lens diameter ($\varnothing$) = 6 mm and beam spacing (P) = 8 mm

$$d = P + \varnothing = 8 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$$

Therefore, in the above example, $d = 14 \text{ mm}$.

Where lens diameters are different, the largest diameter shall be used in the calculation.



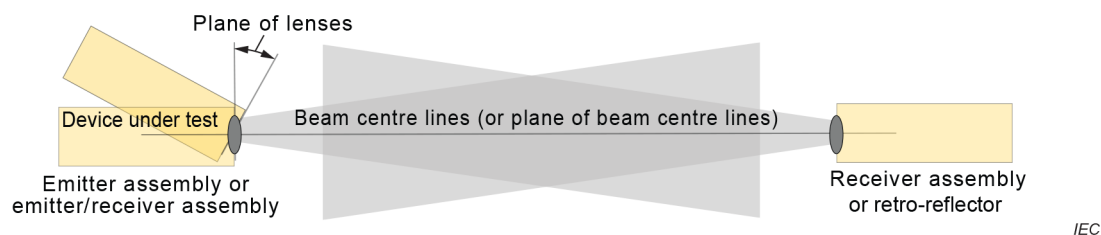
E = emitter; R = receiver

Figure 7 – Determination of the minimum detection capability

5.2.1.2.4 EAA test of GROD

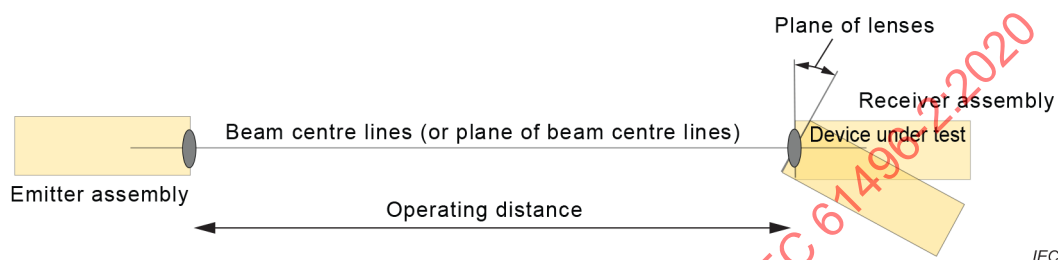
With an emitter assembly or an emitter/receiver assembly, fixed in optical alignment with a receiver assembly or a retro-reflector target, the angle of misalignment of the receiver assembly or the retro-reflector target shall be measured. With a receiver assembly or retro-reflector target fixed in optical alignment with an emitter assembly or an emitter/receiver assembly, the angle of misalignment of the emitting element or the emitter/receiver element shall be measured. These measurements shall be carried out at all the distances indicated in Figure 6 in the following manner.

The AOPD shall be optimally aligned as specified by the supplier. The AOPD should be mounted on a turntable. The tests shall be performed about the rotational axis indicated in Figure 8.



The rotation axis is defined by the intersection line of the plane of all front lenses and the plane of all beam centre-lines.

**a) Rotation of the emitter assembly or the emitter/receiver assembly
(receiver assembly or retro-reflector target fixed)**



b) Rotation of the receiver assembly with the emitter assembly fixed

For AOPDs employing retro-reflective techniques, the test should only be carried out on the emitter/receiver assembly with the retro-reflector target fixed.

Figure 8 – Measuring method for EAA (direction)

Switch the AOPD on and carry out the procedure as follows:

- a) The emitter or emitter/receiver unit shall be turned clockwise into the 90° position; the OSSD(s) shall go to the OFF-state.
- b) The supply voltages of the complete AOPD shall be switched off and then on again.

Based on the analysis of 5.2.1.2.2, it can be necessary to wait for some time (for example, settling time of gain control circuits) between steps a) and b), and possibly also between steps b) and c).

- c) The emitter or emitter/receiver unit shall be turned back towards the aligned position until the position is reached at which the OSSD(s) go to the ON-state. This value of the angle and distance shall be recorded. Continue turning the unit in the counter-clockwise direction until the opposite 90° position is reached and record the last position at which the OSSD(s) change from the ON-state to the OFF-state.
- d) The same procedure given in steps a) to c) shall be performed in the counter clockwise direction.
- e) The same procedure given in steps a) to d) shall be applied to the opposite unit (receiver or receiver/emitter).

In cases where the minimum operating distance specified exceeds 3 m, similar tests shall be performed to determine the EAA at the minimum operating distance (see Figure 6).

The test is passed when the angles recorded in step c) (EAA) are less than the values indicated in Figure 6.

For an AOPD specified by the manufacturer to operate over long distances, tests can be carried out using neutral density filters over shorter distances, when it can be shown that the results obtained will correspond with those results obtained at the specified operating distance.

Particular attention should be given to designs where the cross-section of the beam (for an emitter) or the cross-section of the cone of reception (for a receiver) is designed to be slightly oval, elliptical, oblong or otherwise elongated in a direction which is neither horizontal nor vertical.

5.2.1.2.5 Prism test for GROD

It shall be shown that each beam in a multi-beam device and light curtain systems meets the requirements of Figure 6. One method of verifying the characteristics of each beam is with the use of a wedge prism placed in front of individual beams. The precision wedge prism offsets the EAA of the beam under test so that its individual characteristics can be evaluated. Passing the wedge prism test satisfies items a) and b) of 4.2.12.

The basis of this method is to isolate each beam so that its individual characteristics can be verified (Figure 9).

For systems with different EAAs on the emitter and receiver, this procedure can be used as a guide to develop equivalent tests. However, different angle limits need to be determined as appropriate for the design of the system being evaluated.

The AOPD shall be optimally aligned (zero position) and should be mounted on a turntable unit. A wedge prism with a beam deviation angle in accordance with MP1 of Figure 6 shall be used for testing. The height (H , Figure 10) shall be large enough to cover at least one beam but shall not be more than the dimension of the detection capability. The test (referring to Figure 10) shall be made at 3 m, or as close to 3 m as possible within the working range of the device (when the test is made at a distance other than 3 m, the formulae of Figure 6 shall be used to calculate an appropriate deviation angle).

NOTE 1 Based on the analysis of 5.2.1.2.2, tests at other distances can be necessary.

The prism angle β can be calculated with the formulae given below Figure 10.

The test procedure shall be as follows:

Switch the AOPD on and carry out the following procedure.

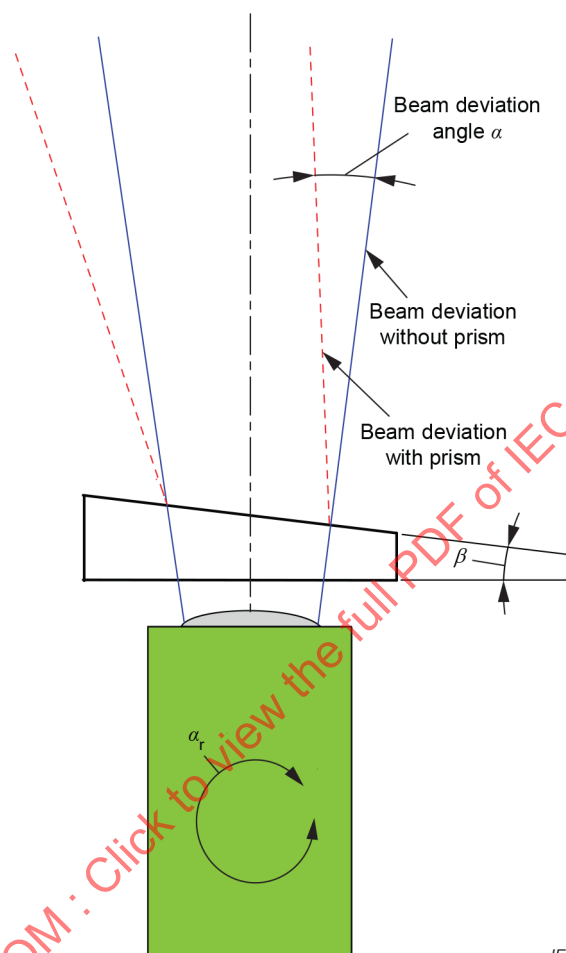
- a) The OSSD(s) shall be in the ON-state.
- b) Insert the prism centred in front of the receiving or emitting element to be tested.
- c) The OSSD(s) shall change to, and remain in, the OFF-state. If the OSSD(s) remain in the ON-state, rotate the turntable in the direction of the beam deviation until the OSSD(s) change(s) to the OFF-state. Remove the prism and verify that the OSSD(s) return to ON-state.
- d) Turn the prism 180° and insert the prism in front of the same beam to be tested. Verify that the OSSD(s) change(s) to, and remains in, the OFF-state. If the OSSD(s) remains in the ON-state, rotate the turntable in the direction of the beam deviation until the OSSD(s) change(s) to the OFF-state. Remove the prism and verify that the OSSD(s) return to the ON-state.
- e) Repeat steps c) and d), inserting the prism from opposite directions, until the OSSD(s) change(s) to the OFF-state as required without changing the position of the turntable. If such a position cannot be found, then the EAA of the beam being tested exceeds the required angle.

NOTE 2 The purpose of the above sequence of tests is to find a single position of the turntable where the OSSD(s) can be made to change to the OFF-state by inserting the prism from either direction. This will verify that the angle is the same in both directions.

- f) Bring the turntable to the zero position and then repeat steps a) to e) for each beam. While repositioning the prism, the OSSD(s) are allowed to change state.

The test procedure described shall be repeated on at least the first and last beam with the system under test rotated 90° and the prism inserted along the Y axis. The test shall be repeated for other positions if the analysis in accordance with 5.2.1.2.2 indicates that the other positions are critical.

The above test shall be carried out both in front of the emitter and in front of the receiver.



The prism should be located as close as possible in front of the optic.

To achieve very large deviation angles, it can be necessary to use a combination of prisms.

Figure 9 – Prism test to measure EAA of each beam

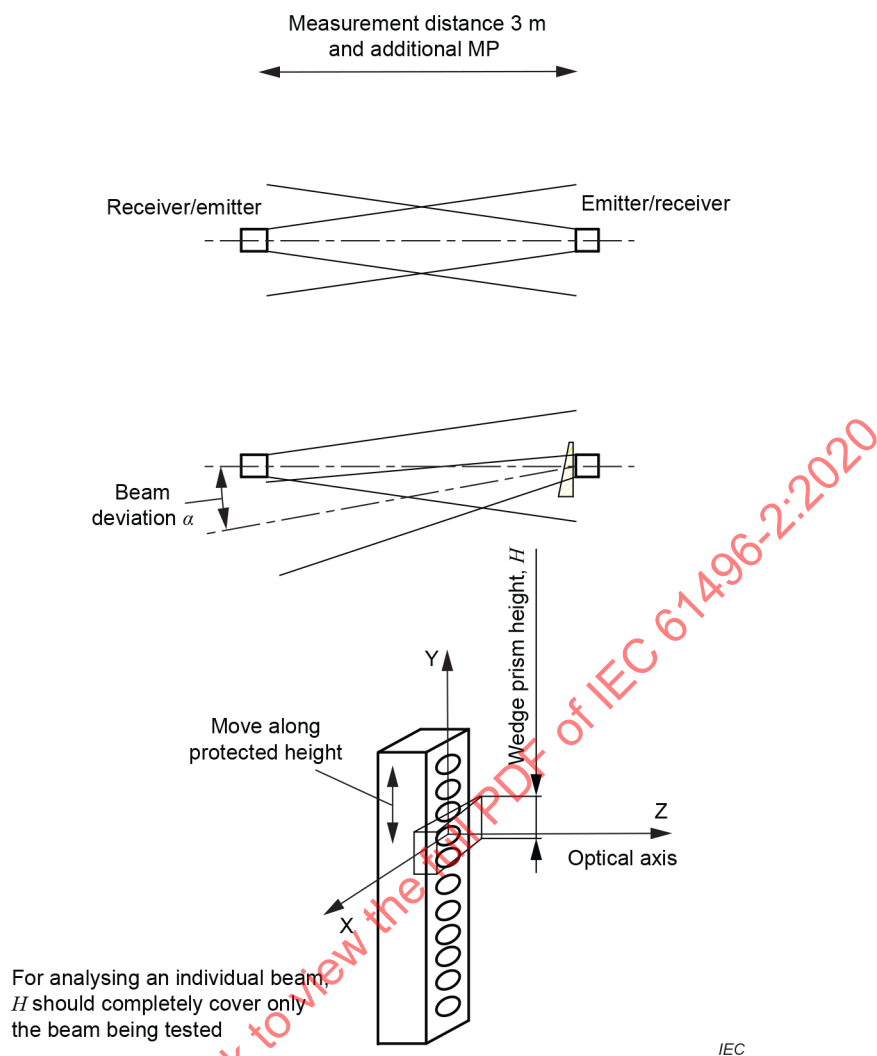


Figure 10 – EAA test using prism

Calculation of the wedge prism angle:

The wedge prism deviation angle depends on the mechanical angle of the prism used, the refraction number for the kind of glass used and on the wavelength of the light.

The angle can be calculated using the following relation:

$$\beta = \frac{\alpha}{n-1}$$

where

- β is the prism angle;
- α is the deviation angle;
- n is the refraction number.

Using a refraction number for the glass of 1,51 for 880 nm wavelength, the calculation for a deviation angle of 2,5° is:

$$\beta = \frac{2,5^\circ}{1,51-1} = 4,9^\circ$$

Deviation angles for different wavelengths and constant β : $\alpha = \beta (n - 1)$

Refraction (n)	at 400 nm	= 1,5	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,5 - 1)	= 2,45°
	at 880 nm	= 1,51	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,51 - 1)	= 2,5°
	at 1 500 nm	= 1,53	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,53 - 1)	= 2,6°

NOTE Measuring error caused by differing wavelengths for 400 nm is -0,05° and for 1 500 nm is +0,1°.

5.2.1.3 Verification of the electro-optical subsystem for technologies other than GROD

5.2.1.3.1 General

When an AOPD does not use a geometrically restricted optical design, fulfilment of the requirements of 4.1.2. and 4.2.12 shall be verified by a combination of model based simulation and tests in accordance with 5.2.1.3.2 through 5.2.1.3.7.

NOTE Since not all design techniques can be anticipated, it is possible that some of these test procedures are not suitable for a particular design technique and can require modification. Methods other than those described can be more appropriate depending on the design of the AOPD and can be used if they are shown to be equivalent.

5.2.1.3.2 Modelling and verification of optical subsystem model

The optical subsystem (see Figure 11) analysis starts with the creation of a simulation model of the emitting element and shall be extended to all optical effective elements which are used following up to and including the receiving element (for example aperture stops, beam shaping optical elements, front windows, electrical or mechanical components within the optical path).

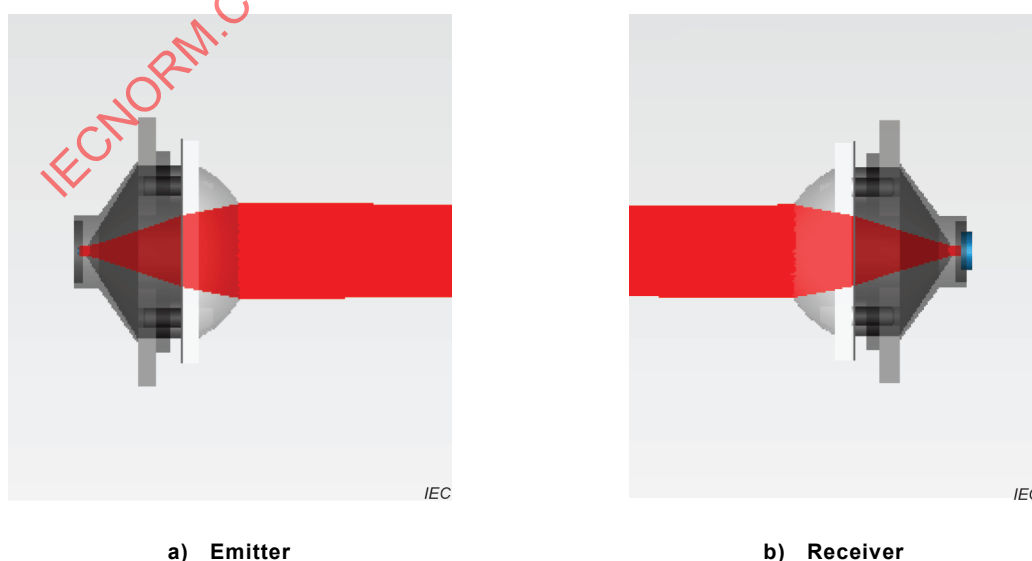


Figure 11 – Example of optical subsystem

The model of the emitting element (see Figure 12) shall prove the distribution of radiant intensity used in the optical subsystem. The data used in the simulation shall be verified by measurement of the intensity distribution (see Figure 13) on the emitting element.

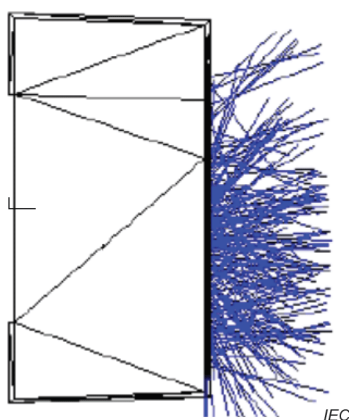


Figure 12 – Example of SMD LED Model

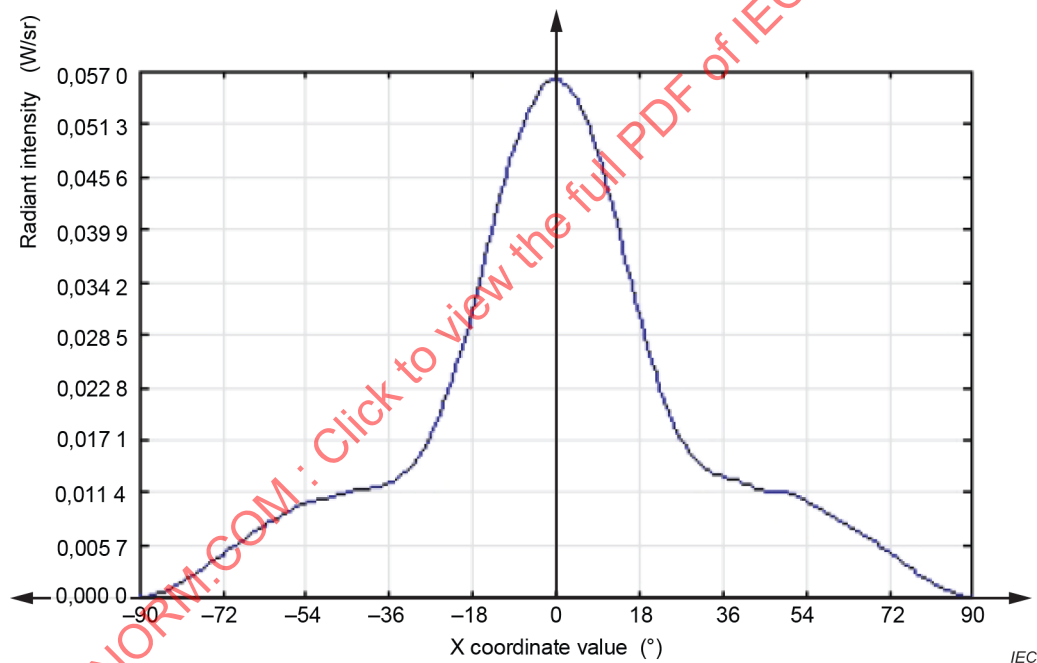


Figure 13 – Example of intensity distribution of emitting element

The model of the emitting element shall be extended with mechanical stops or aperture stops (see Figure 14), if applicable. Further optical beam shaping elements (for example lenses) shall be added and the resulting energy distribution over the aperture angle shall be demonstrated by simulation and verification measurement.

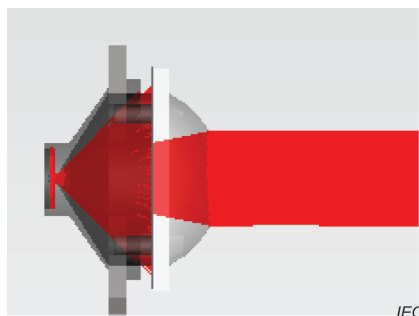


Figure 14 – Example of emitter model with beams internally blocked by aperture stop

The model of the receiving unit (for example consisting of beam shaping elements, mechanical or aperture stops and receiving element – see Figure 15) shall be verified to prove the modelling. The verification of the receiving unit shall be made by measurement of intensity distribution in the plane of the receiving element.

A calculation shall be made to compare the identified intensity/energy levels on the receiving element with the switching conditions of the sensing device.

The defined and verified model shall be able to analyse the intensity/energy distribution at any position of the optical subsystem. The model shall be modifiable to the limits of alignment and/or adjustment.

The modelling shall be made with tools that allow non-sequential ray tracing and with a number of rays that are suitable for the expected level of energy.

NOTE Only non-sequential ray tracing tools allow analysis of all beams including scattering of light and off axis bypassing.

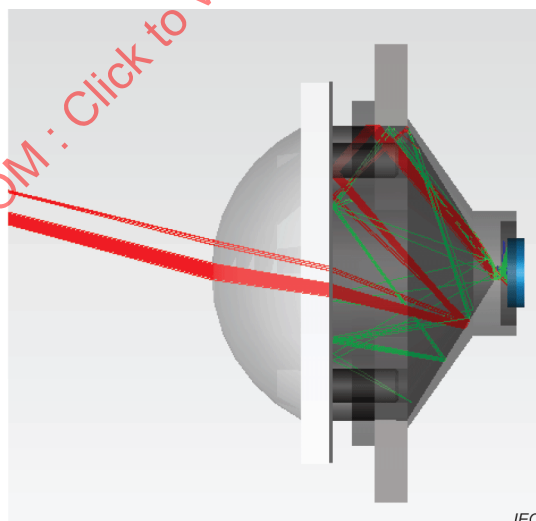


Figure 15 – Example of receiving unit with off axis beam portion reflected internally on mechanical elements

The number of analysed beams is related to the design of the ESPE. In the case of similar beam design, one beam can be sufficient if the tolerance conditions are well defined. If non-similar beam design is used, all combinations of beams necessary for analysis shall be considered.

5.2.1.3.3 Analysis of the detection capability by simulation

A test piece in accordance with the detection capability of the AOPD shall be implemented in the model of the optical subsystem (see Figure 16). A simulation for different object positions shall be made to prove that the detection capability can be achieved under worst-case design conditions. The simulation shall prove that no intensity/energy level can occur in the receiving plane that leads to failure to danger at any limits of alignment and/or adjustment over the entire operating distance.

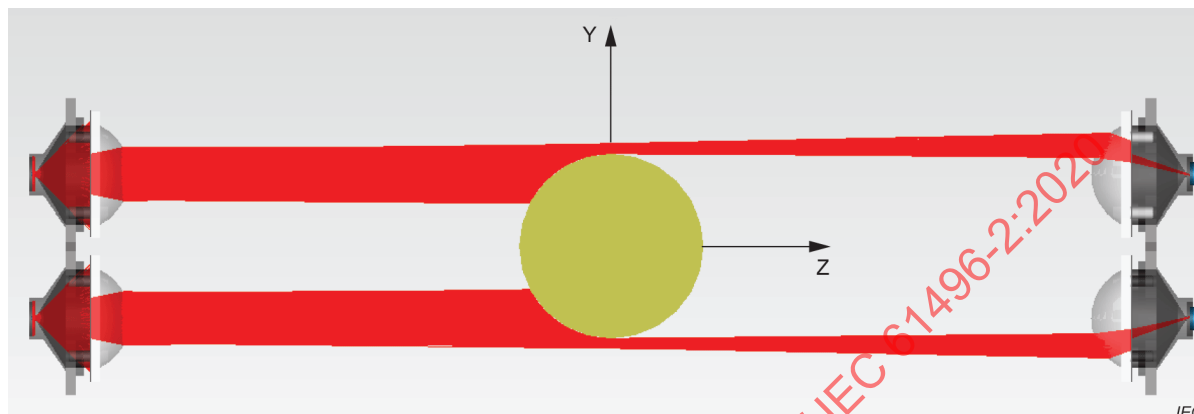


Figure 16 – Example of test piece inside model of optical subsystem with passing radiation on the receiver

NOTE The simulation in optical ray trace tools is valuable for a static condition of the test piece. Further calculations can be useful to show the influence of moving test piece.

In addition to the simulation, detection capability shall be verified by passing the tests of 5.2.1.1 and 5.2.1.3.4.

5.2.1.3.4 Additional tests of detection capability

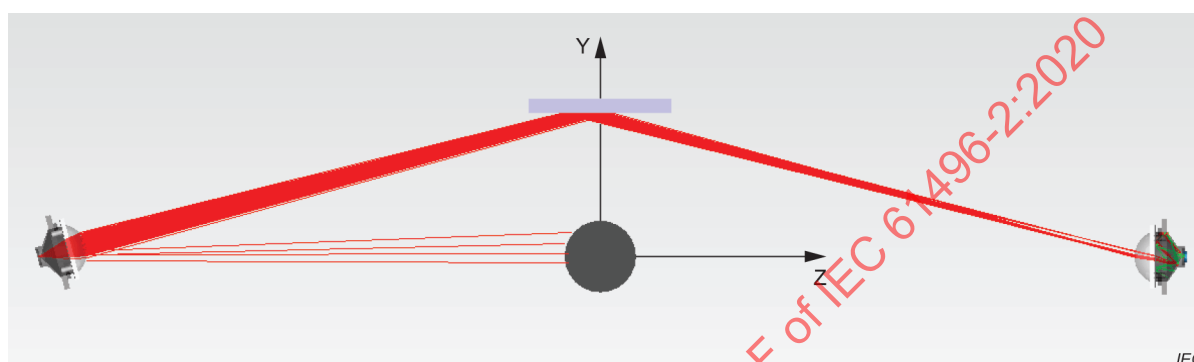
In cases where detection capability is achieved by means of technologies other than the EAA, at least the following additional detection capability test shall be carried out.

- a) Align the AOPD in accordance with the supplier's specifications.
- b) Place a neutral density filter with a transmittance of 30 % and with a dimension twice the size of the detection capability into the detection zone.
- c) Switch on AOPD and wait for 30 s (or longer, if necessary, on the basis of the analysis of 5.2.1.2.2). Verify that the OSSD(s) are in the ON-state. If the OSSD(s) are in the OFF-state, the operating distance shall be reduced and the test restarted.
- d) Insert the test piece in front of the filter. Verify that the OSSD(s) go to the OFF-state within the response time.
- e) Remove the filter and verify that the OSSD(s) continuously remain in the OFF-state.
- f) Repeat the test at several locations as determined by the analysis of 5.2.1.2.2.

The results of these tests and the systematic analysis of 5.2.1.2.2 shall be used to identify which tests in 5.4 require, in addition, a measurement of the response time.

5.2.1.3.5 Analysis of extraneous reflections

A test piece in accordance with the detection capability of the AOPD shall be implemented in the model of the optical subsystem in the presence of extraneous highly reflective surface (see Figure 17) as defined in 5.2.1.3.6. A simulation of different test piece positions and different positions of extraneous reflective surfaces at operating distances in accordance with 5.2.1.3.6 shall be made to prove that the requirements for object detection described in 5.2.1.1 are fulfilled. Any position outside the shaded limit area in accordance with Figure 1 shall be considered for extraneous highly reflective surfaces. The simulation shall prove that no intensity/energy level can occur in the receiving plane which leads to failure to danger in the presence of extraneous reflective surfaces within the limits of alignment and/or adjustment and for corresponding inclination angles of highly reflective surfaces.



NOTE The test piece is bypassed by a portion of the beam that reaches the receiving unit.

Figure 17 – Example of emitting unit adjusted at the limit

Based on the simulation, alignment positions of emitter and receiver unit and inclination angles of the highly reflective surface shall be identified which lead to maximum energy level on the receiving element. These worst-case alignment conditions shall be used in test 5.2.1.3.6.

5.2.1.3.6 Extraneous reflections test

With the AOPD aligned in worst-case alignment conditions based on analysis of 5.2.1.3.5, it shall be verified that the AOPD will not fail to danger when (a) high reflective surface(s) is(are) placed nearby. This shall apply for each beam, under all other conditions within the supplier's specification.

The test procedure shall be as follows.

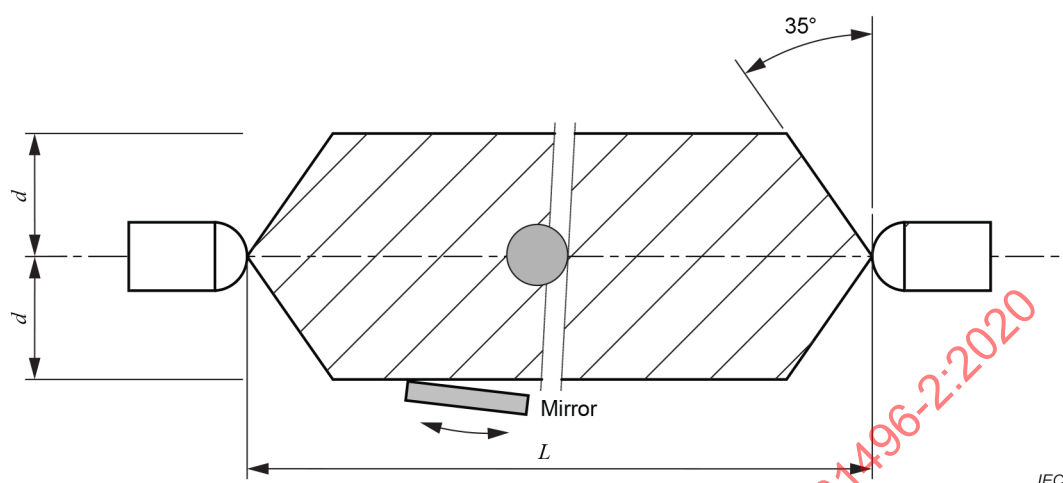
The test shall be carried out at each of the operating distances (0,5 m, 0,75 m, 1,5 m and 3,0 m) that are within the operating distance specified by the supplier. Where the minimum specified operating distance exceeds 3,0 m, the test shall be carried out at the minimum operating distance. The test shall be repeated for each beam centre-line.

After positioning the AOPD in the worst-case alignment position as identified in 5.2.1.3.5, power to the unit under test shall be switched off and then on again.

Before beginning the test, it can be necessary to wait some period of time (for example, settling time of gain control circuits) after switching power on.

With a mirror placed along the beam centre-line at a position and inclined to achieve the maximum intensity/energy level of light on the receiver as identified in 5.2.1.3.5, a C test shall be carried out with the test piece at the midpoint along the beam centre-line (see Figure 18). The mirror shall have a flat surface of at least 200 mm by 200 mm, having a minimum reflectance of 0,90 at the emitted wavelength.

When C tests are performed, the direct light path between the emitter and the receiver shall be fully obstructed by the test piece, but the indirect light path via the mirror shall not have any part of its cross-section obstructed.



For type 4: $d = 131$ mm, $L = 250$ mm to 3 000 mm

For type 3: $d = 184$ mm, $L = 375$ mm to 3 000 mm

For type 2: $d = 262$ mm, $L = 500$ mm to 3 000 mm

Figure 18 – Extraneous reflection test with mirror outside of limit area

5.2.1.3.7 Misalignment test

It shall be verified that the OSSD(s) remain(s) in the OFF-state for misalignments (see Figure 19) that are in excess of the angles shown in Table 2, Table 3 and Table 4, or as calculated with the formulae of Figure 19.

Table 2 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 2 ESPE depending on the dimensions of the light curtain

Operating range of the light curtain (longitudinal dimension) m	Distance between beam centre-lines of outermost beams (lateral dimension) mm									
	300	450	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 800
	Maximum permissible angle of misalignment (γ) degrees									
Up to 3,0	51,8	33,8	25,2	20,1	16,7	14,3	12,5	11,1	10,0	8,3
4,0	71,4	45,8	33,9	27,0	22,4	19,2	16,8	14,9	13,4	11,2
5,0	93,6	58,2	42,8	33,9	28,1	24,0	21,0	18,6	16,8	14,0
6,0	122,1	71,4	51,9	41,0	33,9	29,0	25,3	22,4	20,2	16,8

Table 3 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 3 ESPE depending on the dimensions of the light curtain

Operating range of the light curtain (longitudinal dimension) m	Distance between beam centre-lines of outermost beams (lateral dimension) mm									
	300	450	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 800
	Maximum permissible angle of misalignment (γ) degrees									
Up to 3,0	35,6	23,5	17,6	14,1	11,7	10	8,8	7,8	7	5,8
4,0	48,1	31,5	23,5	18,8	15,6	13,4	11,7	10,4	9,4	7,8
5,0	61,3	39,7	29,5	23,5	19,6	16,7	14,6	13	11,7	9,7
6,0	75,4	48,1	35,6	28,3	23,5	20,1	17,6	15,6	14,1	11,7

Table 4 – Maximum permissible angle of misalignment (in degrees) for a type 4 ESPE depending on the dimensions of the light curtain

Operating range of the light curtain (longitudinal dimension) m	Distance between beam centre-lines of outermost beams (lateral dimension) mm									
	300	450	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 800
	Maximum permissible angle of misalignment (γ) degrees									
Up to 3,0	25,2	16,7	12,5	10,0	8,3	7,2	6,3	5,6	5,0	4,2
4,0	33,8	22,4	16,7	13,4	11,1	9,5	8,3	7,4	6,7	5,6
5,0	42,7	28,1	21,0	16,7	13,9	11,9	10,4	9,3	8,3	7,0
6,0	51,8	33,8	25,2	20,1	16,7	14,3	12,5	11,1	10,0	8,3

The test procedure shall be as follows.

The AOPD shall be optically aligned in accordance with the supplier's instructions and the OSSDs shall be in the ON-state.

As shown in Figure 19, the angle of misalignment shall be increased from 0° to the angle at which the OSSD(s) go(es) to and remain(s) in the OFF-state. That shall occur at an angle not exceeding that given in Table 2, Table 3 or Table 4, as appropriate. The angle shall then be slowly increased to 180° during which time the OSSD(s) shall remain in the OFF-state. Where γ (see Figure 19) is greater than 160°, this test need not be carried out.

NOTE As a result of the analysis of 5.2.1.2.2, modifications to the above procedure, or additional testing can be required (for example, to allow for automatic gain control).

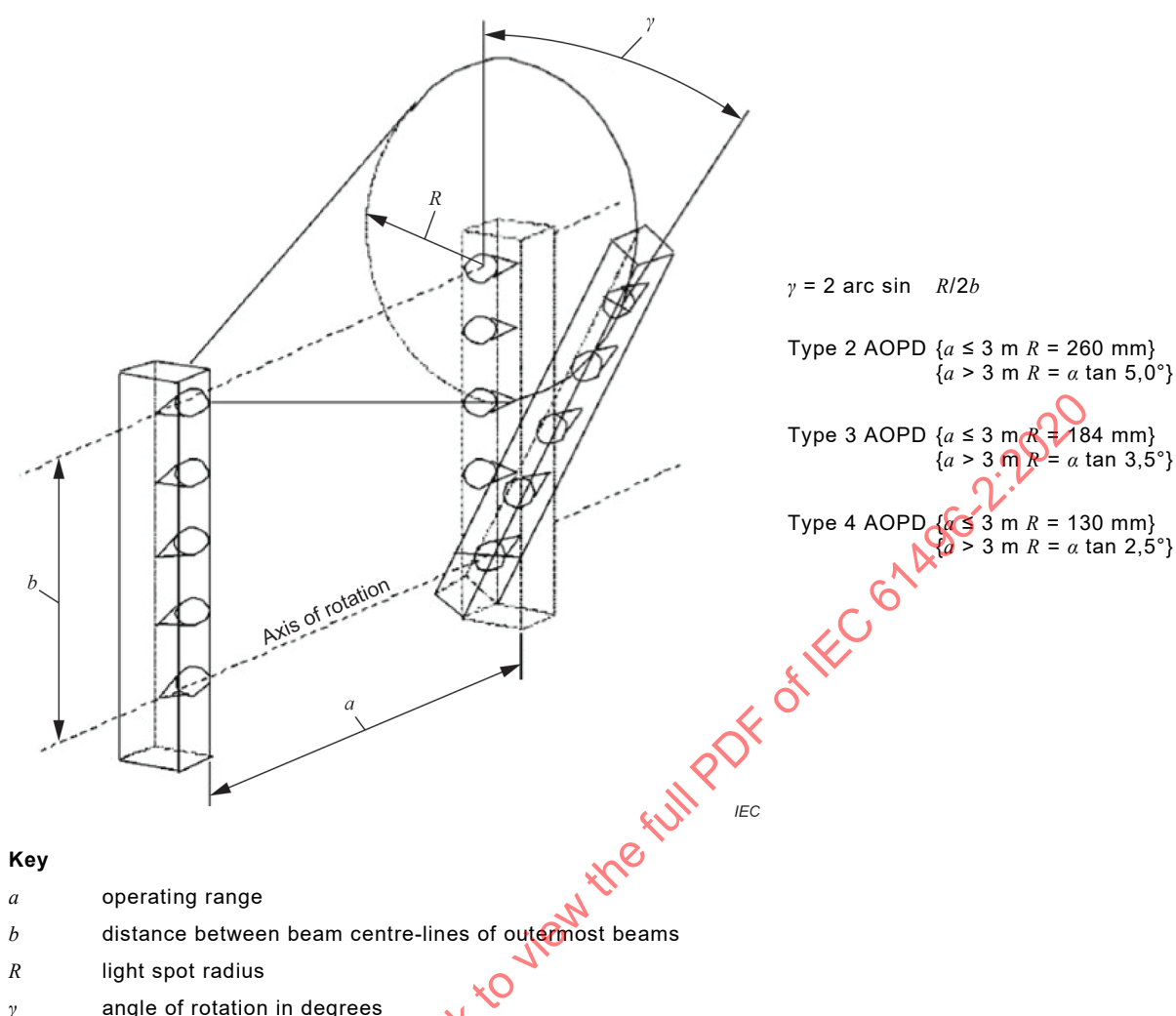


Figure 19 – AOPD misalignment test

5.2.1.4 Additional tests for AOPDs using retro-reflective techniques and for AOPDs using mixed emitters and receivers in the same assembly

The following tests shall be conducted at both the minimum operating distance or 0,5 m, whichever is the greater and maximum operating distance specified by the manufacturer.

It shall be verified that the OSSD(s) go(es) to the OFF-state when a test piece in accordance with 4.2.13 is placed in the detection zone and normal to the optical axes of the light beams. This test shall be conducted near the emitter/receiver elements, 200 mm in front of the retro-reflector target, midway along the beam and in any other position identified by the electro-optical analysis.

In the case of a type 3 or type 4 AOPD, it shall be verified that the OSSD(s) go(es) to the OFF-state when a reflective object of a size 200 mm × 200 mm is placed as close as practical in front of the sensing surface of the emitting/receiving element(s).

The reflective object shall consist of a flat reflective surface conforming to the requirements for separate performance retro-reflective material of ISO 20471.

NOTE Table 4 of ISO 20471:2013 defines the minimum coefficient of retro-reflection for separate performance retro-reflective material as $330 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$ with an entrance angle of 5° and an observation angle of $0,2^\circ$ ($12'$).

The analysis of the electro-optical subsystem described in 5.2.1.2.2 shall be used to determine if a reflective surface greater than 200 mm × 200 mm is needed.

Addition:

5.2.9 Wavelength

The emitted wavelength shall be verified either by inspection of the device data sheets or by measurement.

5.2.10 Radiation intensity

The radiation intensity shall be verified by measurement in accordance with IEC 60825-1 or IEC 62471 and by inspection of the technical documentation provided by the supplier.

NOTE Simplified testing methods for verification of this requirement are being developed.

5.4 Environmental tests

5.4.6 Light interference

5.4.6.1 General

Replacement:

Each test shall be carried out at an operating distance of 3 m (or the closest normal operating distance to 3 m as specified by the supplier) and under the stated conditions as a minimum requirement. Additional tests shall be carried out under different combinations of operating distances and environmental conditions when:

- the supplier states higher immunity levels, which shall be verified by testing at those levels with appropriate light sources; and/or
- the analysis of 5.2.1.2.2 shows such tests to be necessary.

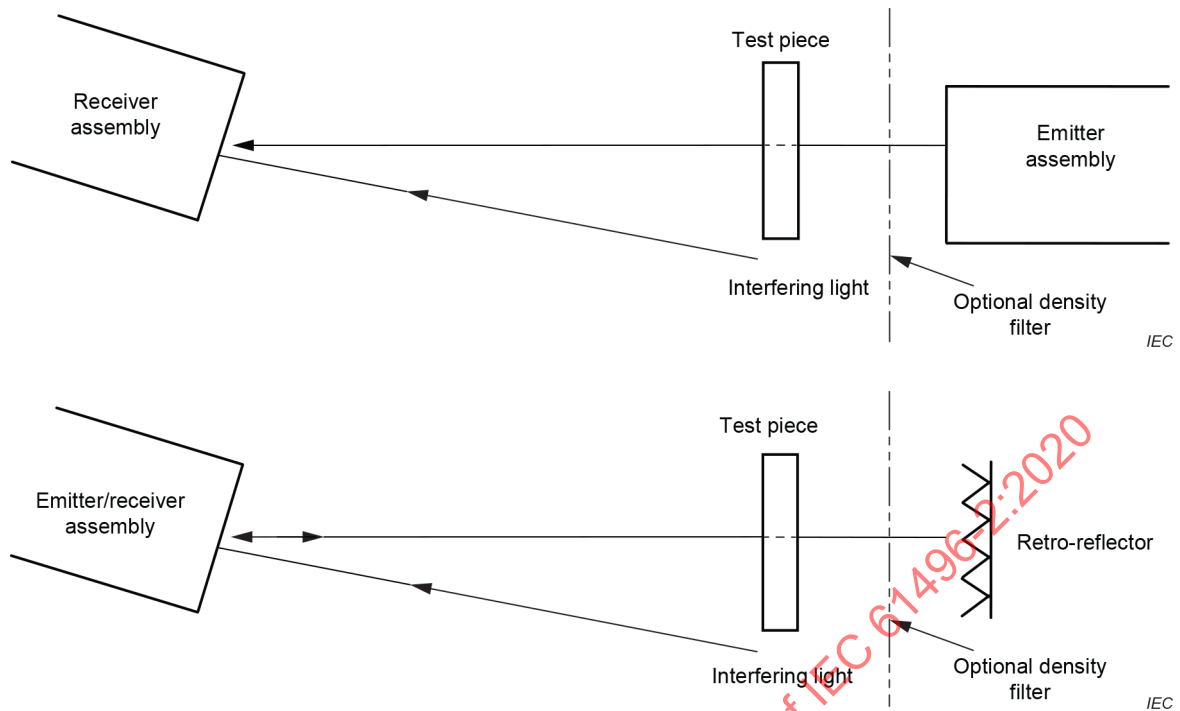
During B tests and C tests, the test piece shall be introduced into the detection zone in such a manner that the interfering light is not interrupted.

For the tests in 5.4.6.4, the system shall be optimally aligned in accordance with the manufacturer's instructions. The tests in 5.4.6.5, 5.4.6.6 and 5.4.6.7 require that the interfering light be directed along the optical axis (or as close as practical) of a receiving element(s) and with the emitting element(s) at maximum angular misalignment at which normal operation continues (worst-case alignment). The test arrangement used shall be compatible with the characteristics of the AOPD under test, as determined by the analysis and tests of 5.2.1.2.2 and 5.2.1.2.4, and any further analysis and characterization which proves to be necessary (see Figure 20, Figure 21, Figure 22 and Figure 23 for examples).

NOTE As a result of the diversity of designs, no single test arrangement is suitable for all types of AOPD. An example of a test configuration is illustrated in Figure 20.

During the tests, long-range operation can be simulated by density filters, as illustrated in Figure 20, providing that results are not affected. If a density filter is used, then all tests should be performed after the filter is installed.

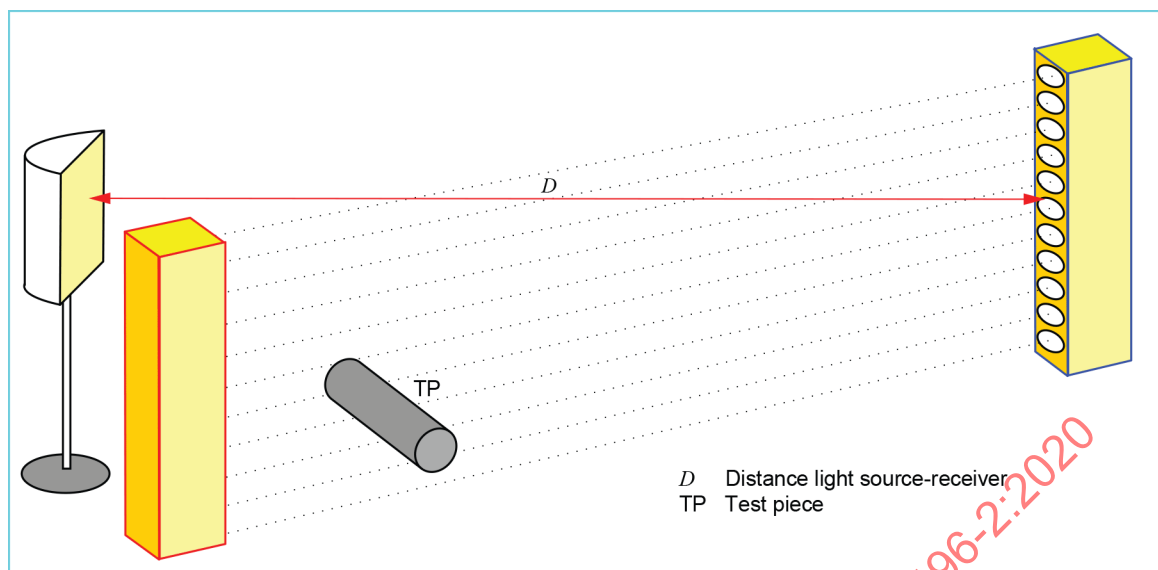
The test arrangement shall not modify the characteristics of the light reaching the receiving elements of the AOPD in any way that affects the operation of the AOPD. Where reflectors, mirrors, filters, beam splitters, windows, etc. are employed, it shall be verified that any alteration of the characteristics of the light (for example spectral distribution or polarization) is without significant effect.



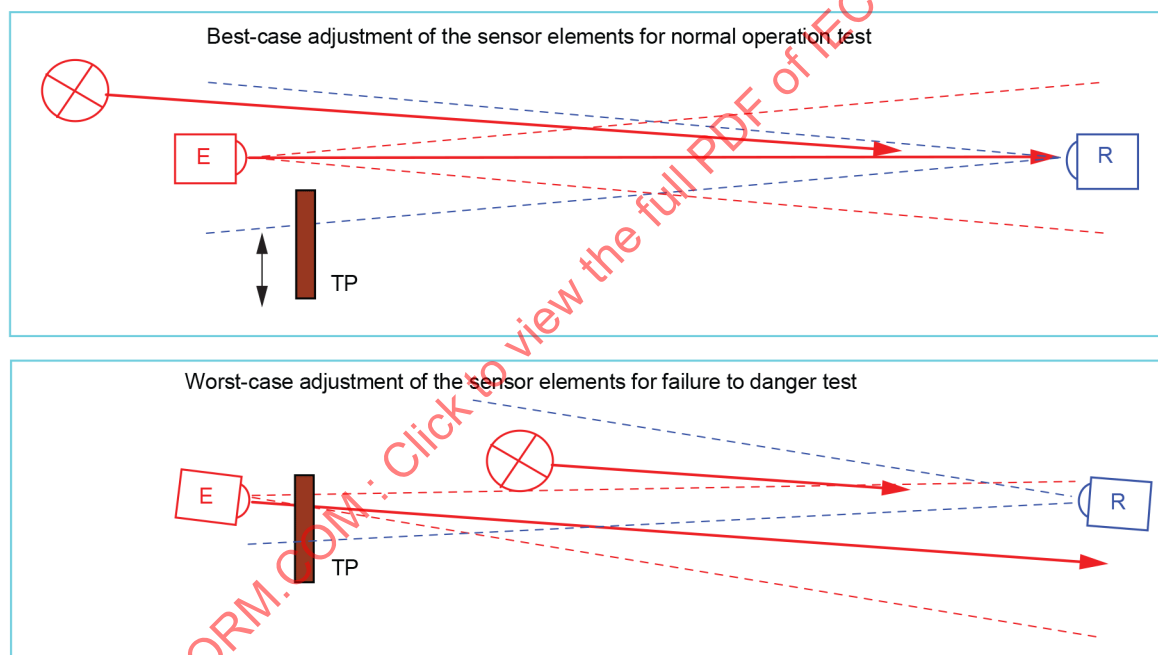
NOTE 1 Receiver or emitter/receiver assemblies are operated at maximum possible misalignment for fail to danger tests.

NOTE 2 Density filters can affect polarization.

Figure 20 – Light interference test – Direct method



The distance between emitter and receiver is 3 m
 For the distance D between receiver and light source, see the table below



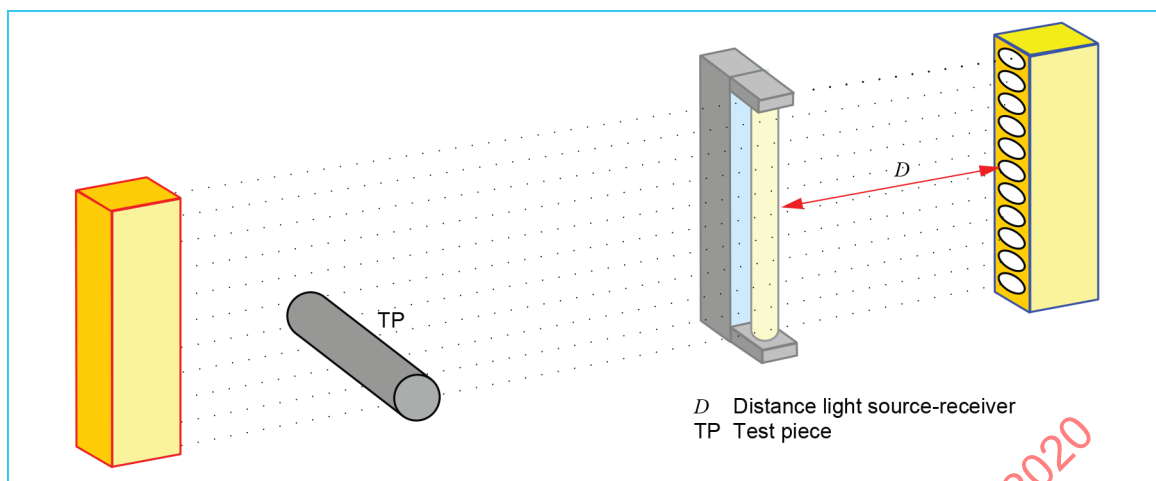
IEC

Test parameters

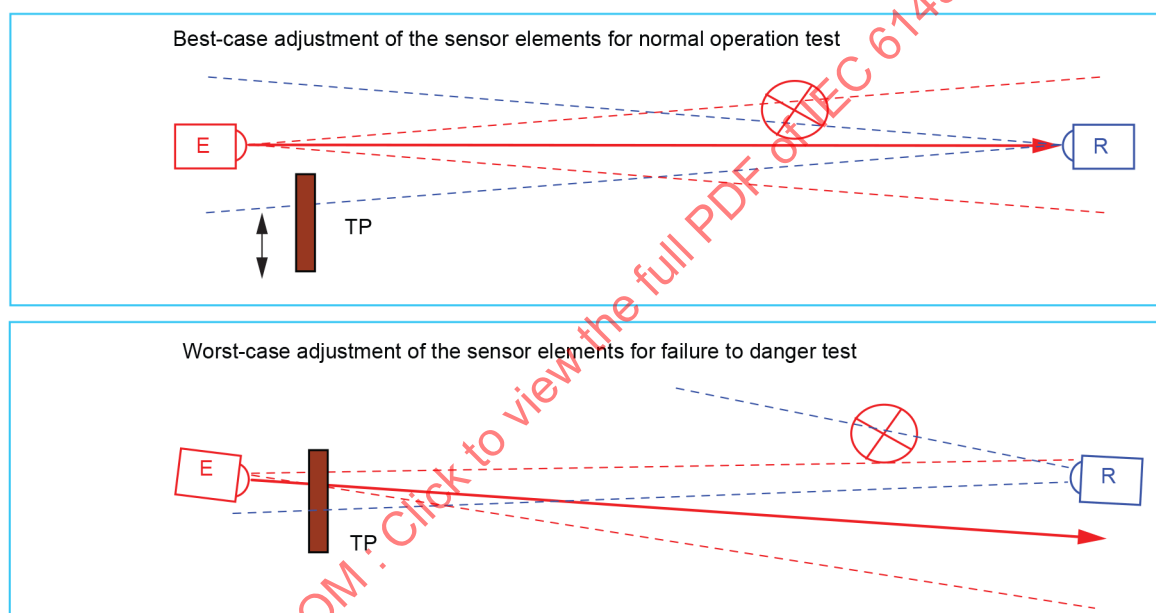
Distance (D)	Lux	Description
2 m ^a	3 000	Distance for fail to danger test
3 m ^a	1 500	Distance for normal operation test
^a The exact distances depend on the lamp type.		

E = emitter; R = receiver

Figure 21 – Light interference test – Test set-up with incandescent light source



The distance between emitter and receiver is 3 m
For the distance D between receiver and light source, see the table below



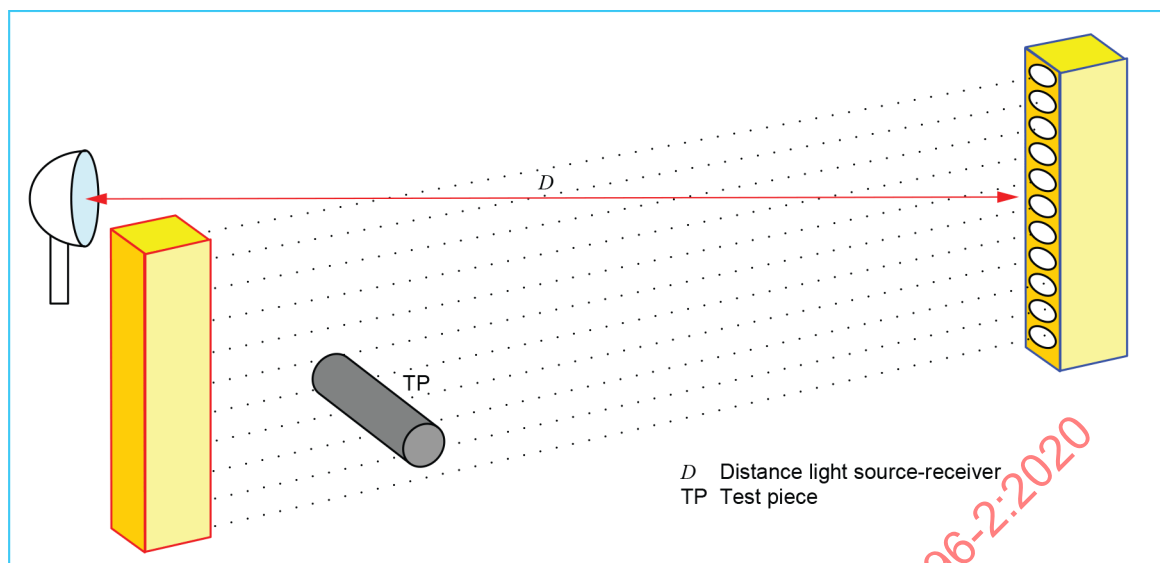
IEC

Test parameters

Distance (D)	Lux	Description
12 cm ^a	3 000	Distance for fail to danger test
21 cm ^a	1 500	Distance for normal operation test
^a The exact distances depend on the lamp type.		

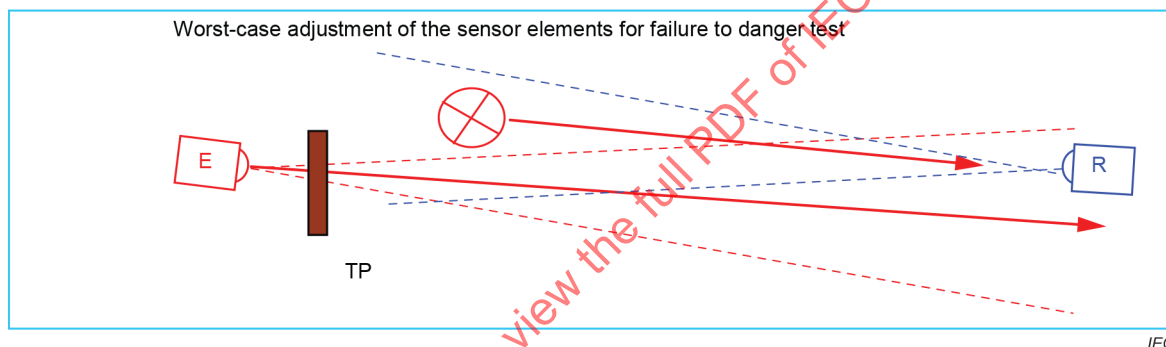
E = emitter; R = receiver

Figure 22 – Light interference test – Test set-up with fluorescent light source



The distance between emitter and receiver is 3 m

For the distance D between receiver and light source, see the table below



Test parameters

Distance (D)	Description
1,0 m	Distance for fail to danger test

E = emitter; R = receiver

Figure 23 – Light interference test – Test set-up with flashing beaconlight source

Addition:

5.4.6.4 Normal operation (best alignment)

The ESPE shall continue in normal operation throughout test sequence 1 in 5.4.6.3 using each of the following types of interfering light, directed along the optical axis of one or more receiving elements:

- the incandescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity of 1 500 lux measured at the plane of the receiving element(s) (Figure 21);
- the fluorescent light source of 5.4.6.2 producing an intensity of 1 500 lux at the plane of the receiving element(s) (Figure 22). This test shall be performed with three variations, using light from the centre and light from each end (anode and cathode areas) of the tube.

NOTE One objective of the test using the fluorescent light source is to check the susceptibility of the AOPD to high-frequency modulated optical radiation.

5.4.6.5 Failure to danger – Incandescent light (3 000 lux and worst-case alignment)

There shall be no failure to danger during test sequence 2 of 5.4.6.3 using the incandescent light source of 5.4.6.2 directed along the optical axis of one or more receiving elements, producing a light intensity of 3 000 lux $\pm$ 300 lux, measured at the plane of the receiving elements (Figure 21).

5.4.6.6 Failure to danger – Flashing beacon (worst-case alignment)

There shall be no failure to danger during test sequence 3 of 5.4.6.3 using the flashing beacon light source of 5.4.6.2 directed along the optical axis of one or more receiving elements (Figure 23).

5.4.6.7 Failure to danger – Fluorescent light (3 000 lux and worst-case alignment)

There shall be no failure to danger with the radiation of the fluorescent light source of 5.4.6.2 producing an intensity of 3 000 lux at the plane of the receiving element(s) (Figure 22). This test shall be performed with three variations, using light from the centre and light from each end (anode and cathode areas) of the tube. Test sequence 2 of 5.4.6.3 shall be used.

5.4.6.8 Failure to danger – Interfering light from an emitting element of identical design

There shall be no failure to danger of a type 3 or type 4 ESPE when the radiation from the emitting elements of an AOPD of identical design is directed towards the receiving elements of the AOPD under test, either directly or via the retro-reflector target if used. A minimum of six positions shall be selected, representative of worst-case conditions as determined by the analysis of 5.2.1.2.2. The AOPD shall operate at the maximum working distance specified by the supplier. Test sequence 3 of 5.4.6.3 shall be used. Either the test piece shall be detected or the OSSD(s) shall go to the OFF-state.

Where different codes are required to prevent interference, these codes should be used in accordance with the manufacturer's instructions during the performance of these tests.

Based on the analysis, the most critical combination can require that tests are performed on AOPDs of different size and detection capability.

6 Marking for identification and safe use

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

6.1 General

Addition:

Add to b):

- When separate parts of the AOPD have different detection capabilities, those parts and their detection capabilities shall be marked on the outside of the AOPD. When that is not practicable (for example, due to lack of space), the information shall be included in the accompanying documents.
- The minimum and maximum operating distances shall be marked.
- Should the OSSD be able to go to the ON-state when the receiving elements and the emitting elements are incorrectly mounted, i.e. 180° misalignment, the AOPD shall be marked so that the correct mounting position relative to each other is clearly identified.
- For light curtains, the limits of the detection zone shall be clearly marked.
- Marking shall be provided to indicate the beam centre-line(s).

NOTE The beam centre-line(s) is one of the factors used to determine the position of the AOPD.

7 Accompanying documents

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition to f):

When different parts of the AOPD have different detection capabilities, the size of the test piece for each different part together with the different detection capabilities shall be given together with the corresponding procedure for checking the detection capabilities and the operation of the visual indicator(s). Information about the size of an object that will never be detected should also be provided.

Addition to i):

The details of any precautions to be taken when installing the AOPD shall be given, including the EAA(s) of the specified device(s), together with any other relevant installation drawings giving details on how the AOPD detection capability may be affected by any reflective surfaces on or near the machine or on the material being worked.

Addition to v):

Details of the penetration of the test piece into the detection zone that is necessary to ensure actuation of the sensing device, for all possible directions of approach, in relation to an identifiable datum on the AOPD (for example beam centre-line(s)) shall be given.

The maximum speed of movement of the test piece, or equivalent up to which the detection capability is maintained, shall be given.

When the AOPD is provided with means for adjustment of the spatial position of the light curtain, the range of adjustments and the corresponding position of the detection zone shall be shown in diagrammatic form in the accompanying documents. For a light curtain, clearly legible drawings shall be provided to ensure that emitting elements and receiving elements are correctly mounted with respect to each other, particularly to avoid 180° misalignment.

Addition to ff):

If a particular form of light radiation is known to interfere with the AOPD, a statement similar to the following shall be included: "Additional measures may be necessary to ensure that the AOPD does not fail to danger when this form of light radiation is present in a particular application (for example, use of cableless control devices on cranes, radiation from weld spatter or effects from stroboscopic lights)."

Additions:

- nn) information on how to calculate the minimum distances in accordance with ISO 13855 when blanking or reduced resolution is implemented. Explain that when blanking is used, the minimum distance should always relate to the minimum (worst-case) object detection capability.
- oo) information can be found in IEC 62046 describing additional means that may be required to prevent access to the hazard zone through the blanked areas of the detection zone (including effects of reflective surfaces).
- pp) recommendation that a responsible person verifies the detection zone using an appropriate test piece after its configuration.
- qq) appropriate instruction on how to minimize light interference from an emitting element of identical design.
- rr) information about procedures for permanent fixing of retro-reflector targets as part of the AOPD.

Annex A (normative)

Optional functions of the ESPE

Annex A of Part 1 applies except as follows.

A.1 General

Addition to the list of optional functions:

- blanking (see Clause A.10);
- reduced resolution (see Clause A.11);
- selection of pre-defined reduced resolution configurations (see Clause A.12);

Addition:

A.10 Blanking

A.10.1 General

Blanking is an optional feature provided for AOPDs, which allows masking of one or more areas, each of a defined size, either locally fixed (fixed blanking) or movable (floating blanking) in the detection zone. In this way, attached objects or machine parts can be masked and not be detected by the AOPD. The stated optical resolution and the detection capability outside the blanked areas shall remain unchanged.

A.10.2 Functional requirements

Blanked beams shall be monitored for continued interruption of light.

NOTE 1 This is to ensure that the blanked areas of the detection zone remain obstructed to the extent possible by mechanical means.

NOTE 2 It is possible that the position of mechanical guards and machine parts can slightly shift due to machine vibration or other influences and therewith affect the number of beams being blanked. This implies that the stated detection capability at the borders of the blanked areas could be reduced by one or more beams.

NOTE 3 During normal operation (while a beam is blanked), it is sometimes not possible to detect the failure of the beam.

Configuration and setup of blanked areas (teach-in) shall be carried out by authorized persons only. This shall be assured by the use of key, keyword or tool. During the configuration, the OSSD(s) shall be in the OFF-state.

A.10.3 Verification

Verify by inspection and test, that:

- the OSSD(s) go to and remain in the OFF-state, when one or more of the blanked beams are unblocked (i.e. verify monitoring);
- the stated detection capability of the AOPD is maintained outside the blanked areas, with the exception of a possible reduced detection capability at the borders of the blanked areas;
- configuration of blanking areas is not possible without the use of key, keyword or tool;
- the OSSD(s) are in the OFF-state during configuration.

A.11 Reduced resolution

A.11.1 General

Reduced resolution (also referred to as unmonitored blanking) changes the detection capability of the AOPD. It shall ensure that objects in the detection zone (cables, tubes, etc.) of a diameter up to a certain size smaller than the detection capability are ignored. Any object equal to or larger than the detection capability shall be detected.

NOTE 1 For example, a contiguous group of one or more beams can be specified as "don't care" (i.e. the state of these beams is ignored and is not monitored). Interrupting these beams will not cause the OSSDs to go to the OFF-state.

Reduced resolution can be effective over the entire detection zone or partly within defined fixed or moving zones only.

NOTE 2 When calculating the positioning of the AOPD according to ISO 13855, the selected reduced resolution is used.

A.11.2 Functional requirements

Selection and activation of a reduced resolution other than the stated basic optical resolution of the AOPD shall not be possible without the use of a key, keyword or tool.

During configuration of the detection capability the OSSDs shall remain in the OFF-state.

The detection capability of the selected reduced resolution shall be verified with an appropriate test piece. Test pieces for any selectable optical resolution up to 40 mm shall be provided by the supplier.

A.11.3 Verification

Verify by inspection and test, that:

- selection and activation of a reduced optical resolution is not possible without the use of a key, keyword or tool;
- the detection capability of any selectable optical resolution is as configured throughout the specified detection field and can be verified with the appropriate test pieces.

A.12 Selection of pre-defined blanking or reduced resolution configurations

A.12.1 General

A.12.2 to A.12.5 do not apply if safety distances are calculated in all cases according to the maximum selectable value of resolution. In this case the manufacturer shall give appropriate information in the accompanying documents. The detection capability as marked on the enclosure (see IEC 61496-1:2020, 6.1 c)) shall state only the maximum selectable value of resolution. These requirements shall be verified by inspection.

NOTE 1 The automatic selection of a blanking/reduced resolution configuration(s) is not a muting function (as described in Clause A.7 of IEC 61496-1:2020).

NOTE 2 When using different blanking configurations, an unintended change caused by a failure can be detected intrinsically by the monitoring function.

A.12.2 Functional requirements for a type 2 AOPD

If an AOPD has more than one blanking/reduced resolution configuration, a single fault shall not lead to an unintended change from one blanking/reduced resolution configuration to another or such a failure shall result in a lock-out condition as a result of a periodic test.

Where the input selection signals are derived from device(s) external to the AOPD, this device(s) should meet the relevant requirements of other appropriate standards (for example ISO 13849-1, IEC 62061).

Single faults that prevent an intended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another shall cause the AOPD to go to a lock-out condition when a demand requires an activation of another blanking/reduced resolution configuration or an activation of an additional blanking/reduced resolution configuration or as a result of a periodic test. The specified response time(s) shall be maintained in this case or the AOPD shall go to a lock-out condition as a result of a periodic test.

NOTE It is possible that each blanking/reduced resolution configuration has a different response time as specified by the manufacturer.

A.12.3 Functional requirements for a type 3 or type 4 AOPD

If an AOPD has more than one blanking/reduced resolution configuration, a single fault shall not lead to an unintended change from one blanking/reduced resolution configuration to another. In cases where a single fault which does not cause a failure to danger of the AOPD is not detected, the occurrence of further faults internal to the AOPD shall not cause a failure to danger.

Where the input selection signals are derived from device(s) external to the AOPD, this device(s) should meet the relevant requirements of other appropriate standards (for example ISO 13849-1, IEC 62061).

Single faults that prevent an intended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another shall cause the AOPD to go to a lock-out condition when a demand requires an activation of another blanking/reduced resolution configuration or an activation of an additional blanking/reduced resolution configuration. The specified response time(s) shall be maintained in this case.

NOTE It is possible that each blanking/reduced resolution configuration has a different response time as specified by the manufacturer.

A.12.4 Verification for a type 2 AOPD

The functional requirements for the selection of blanking/reduced resolution configurations shall be verified as follows:

- verification that a single fault does not lead to an unintended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another or the failure results in a lock-out condition as a result of a periodic test;
- verification that a single fault does not prevent an intended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another or the failure results in a lock-out condition as a result of a periodic test;
- verification that common cause failures cannot lead to a deactivation or variation of the blanking/reduced resolution configurations;
- verification that the specified response time of the AOPD is maintained in the case of switching between different blanking/reduced resolution configurations or the AOPD goes to a lock-out condition as a result of a periodic test.

It is necessary to consider that persons may already be within the detection zone at the moment of switching between different blanking/reduced resolution configurations.

A.12.5 Verification for a type 3 or type 4 AOPD

The functional requirements for the selection of blanking/reduced resolution configurations shall be verified as follows:

- verification that a single fault does not lead to an unintended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another;
- verification that a single fault does not prevent an intended change from one selected blanking/reduced resolution configuration to another;
- for type 3 – verification that further faults will not lead to a failure to danger shall be carried out in accordance with 5.3.4;
- for type 4 – verification that further faults will not lead to a failure to danger shall be carried out in accordance with 5.3.5;
- verification that common cause failures cannot lead to a deactivation or modification of the blanking/reduced resolution configurations;
- verification that the specified response time of the AOPD is maintained in the case of switching between different blanking/reduced resolution configurations.

It is necessary to consider that persons may already be within the detection zone at the moment of switching between different blanking/reduced resolution configurations.

Addition:

Annex AA (informative)

Type 2 AOPD periodic test configurations

AA.1 Externally initiated and evaluated periodic test

The test is externally initiated and the safety related performance is externally evaluated.



Figure AA.1 – Single beam sensing device

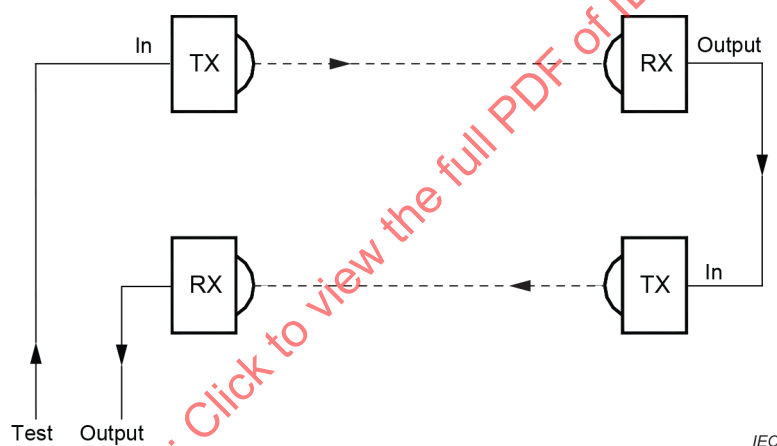


Figure AA.2 – Series connection of single beam sensing devices

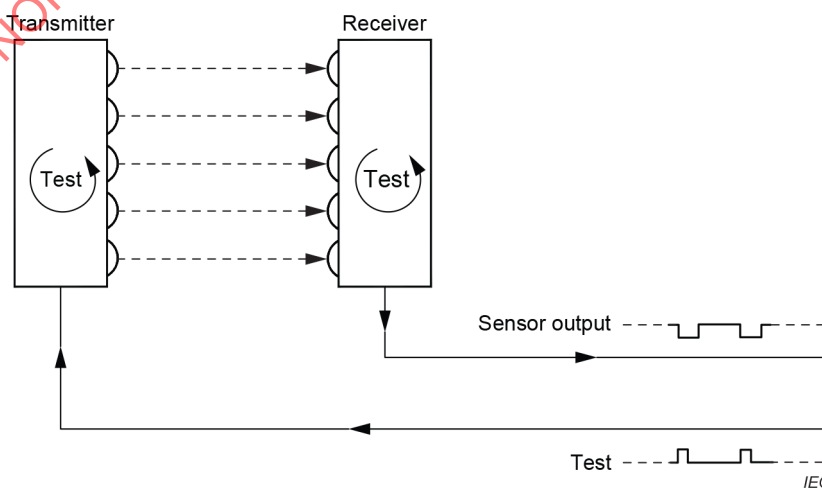


Figure AA.3 – Assembly of multiple beams tested individually

AA.2 Internally initiated and evaluated periodic test

The test is internally initiated and the safety related performance is internally evaluated.
See Figure AA.4.

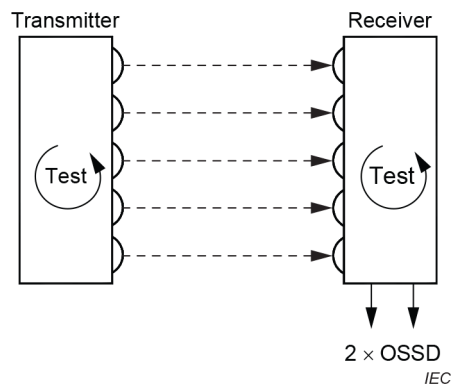


Figure AA.4 – Example of type 2 AOPD with internal test

NOTE Other configurations are possible.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
INTRODUCTION.....	52
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Exigences de fonctionnement, de conception et d'environnement.....	55
5 Essais	60
6 Marquage d'identification et de sécurité.....	87
7 Documents d'accompagnement	88
Annexe A (normative) Fonctions facultatives de l'ESPE	90
Annexe AA (informative) Configurations des essais périodiques de l'AOPD de type 2.....	94
Figure 1 – Région limite pour la protection contre le risque de court-circuit des faisceaux	58
Figure 2 – Limite du désalignement vertical et horizontal	59
Figure 3 – Éprouvette inclinée à 45°	65
Figure 4 – Éprouvette inclinée à 90°	65
Figure 5 – Vérification de la fonction de détection par déplacement de l'éprouvette (TP) à travers la zone de détection à proximité de l'émetteur, à proximité de la cible du récepteur/rétroreflecteur et au point médian.....	66
Figure 6 – Valeurs limites de l'angle d'ouverture efficace (EAA).....	68
Figure 7 – Détermination de la capacité de détection minimale	69
Figure 8 – Méthode de mesure de l'EAA (direction)	70
Figure 9 – Essai du prisme pour mesurer l'EAA de chaque faisceau	72
Figure 10 – Essai de l'EAA à l'aide du prisme	73
Figure 11 – Exemple de sous-système optique	74
Figure 12 – Exemple de modèle de LED CMS.....	75
Figure 13 – Exemple de distribution d'intensité d'un émetteur	75
Figure 14 – Exemple de modèle d'émetteur avec faisceaux verrouillés en interne par diaphragme.....	76
Figure 15 – Exemple d'unité de réception avec une partie du faisceau en dehors de l'axe réfléchi à l'intérieur sur les éléments mécaniques	76
Figure 16 – Exemple d'éprouvette dans le modèle du sous-système optique avec un rayonnement traversant sur le récepteur.....	77
Figure 17 – Exemple d'émetteur réglé sur la limite.....	78
Figure 18 – Essai des réflexions parasites avec le miroir en dehors de la zone limite	79
Figure 19 – Essai de désalignement de l'AOPD	81
Figure 20 – Essais d'interférence lumineuse – Méthode directe	83
Figure 21 – Essais d'interférence lumineuse – Configuration d'essai avec une source de lumière incandescente	84
Figure 22 – Essais d'interférence lumineuse – Configuration d'essai avec une source de lumière fluorescente.....	85
Figure 23 – Essais d'interférence lumineuse – Configuration d'essai avec une source de lumière à feu clignotant.....	86

Figure AA.1 – Dispositif de détection à simple faisceau	94
Figure AA.2 – Montage en série des dispositifs de détection à simple faisceau	94
Figure AA.3 – Ensemble de faisceaux multiples soumis à l'essai individuellement	94
Figure AA.4 – Exemple d'AOPD de type 2 avec essai interne	95
Tableau 1 – Correspondances entre les exigences/essais et les conceptions de l'AOPD.....	61
Tableau 2 – Angle maximal de désalignement admissible (en degrés) pour un ESPE de type 2 en fonction des dimensions de la barrière immatérielle.....	79
Tableau 3 – Angle maximal de désalignement admissible (en degrés) pour un ESPE de type 3 en fonction des dimensions de la barrière immatérielle.....	80
Tableau 4 – Angle maximal de désalignement admissible (en degrés) pour un ESPE de type 4 en fonction des dimensions de la barrière immatérielle.....	80

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLES –

Partie 2: Exigences particulières pour un équipement utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61496-2 a été établie par le comité d'études 44 de l'IEC, Sécurité des machines – Aspects électrotechniques, en collaboration avec le comité technique 44X du CENELEC: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Les exigences et procédures d'essai de la Partie 2 qui se sont révélées être communes à tous les ESPE ont été déplacées vers la Partie 1. Les procédures d'essai qui dépendent de la technologie de détection restent dans la Partie 2.

La présente version bilingue (2021-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-07.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

La présente norme a le statut de norme de famille de produits et peut être utilisée comme référence normative dans une norme de produits spécifique concernant la sécurité des machines.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61496-1:2020.

La présente partie complète ou modifie les articles correspondants de l'IEC 61496-1:2020.

Lorsqu'un article ou paragraphe particulier de l'IEC 61496-1:2020 n'est pas mentionné dans la présente Partie 2, cet article ou ce paragraphe s'applique pour autant que cela soit raisonnable. Lorsque la présente partie spécifie "*Addition*", "*Modification*" ou "*Remplacement*", le texte correspondant de l'IEC 61496-1:2020 est adapté en conséquence.

Les articles et paragraphes complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés dans l'ordre, à partir du dernier numéro disponible dans la Partie 1. Les entrées terminologiques (Article 3) qui sont complémentaires à celles de la Partie 1 sont numérotées à partir de 3.201. Les annexes supplémentaires commencent par AA, etc.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61496, publiées sous le titre général *Sécurité des machines – Équipements de protection électrosensibles*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de 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.

INTRODUCTION

Les équipements de protection électrosensibles (ESPE – *electro-sensitive protective equipment*) sont utilisés sur des machines présentant un risque d'accident pour les personnes. Ils assurent à ces personnes une protection en mettant la machine dans des conditions de sécurité avant qu'une personne puisse se trouver dans une situation dangereuse.

Le présent document fournit des exigences particulières relatives à la conception, à la fabrication et aux essais des ESPE pour la protection des machines, qui utilisent des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD – *active opto-electronic protective device*) pour la fonction de détection.

Chaque type de machine présente ses propres dangers et le présent document n'a pas pour objet de recommander la méthode d'application de l'ESPE à une quelconque machine particulière. Il convient que l'application de l'ESPE relève d'un accord entre le fournisseur de l'équipement, l'utilisateur de la machine et l'organisme de sécurité. Dans ce contexte, l'attention est attirée sur les recommandations internationales pertinentes, par exemple, l'ISO 12100.

En raison de la complexité de la technologie des ESPE, de nombreux problèmes dépendent fortement de l'analyse et de l'expertise en matière de techniques d'essai et de mesure spécifiques. En vue d'assurer un niveau de confiance élevé, il est recommandé de faire effectuer un examen indépendant par une expertise adéquate.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLES –

Partie 2: Exigences particulières pour un équipement utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)

1 Domaine d'application

L'article correspondant de la Partie 1 est remplacé par ce qui suit:

La présente partie de l'IEC 61496 définit les exigences de conception, de construction et d'essai d'équipements de protection électrosensibles (ESPE) conçus spécialement pour détecter des personnes, comme partie d'un système relatif à la sécurité, utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD) pour la fonction de détection. Une attention particulière est portée sur les caractéristiques assurant qu'une performance relative à la sécurité appropriée est atteinte. Un ESPE peut comporter des fonctions de sécurité facultatives. Les exigences pour ces fonctions sont données à l'Annexe A de l'IEC 61496-1:2020 et du présent document.

Le présent document ne spécifie ni les dimensions et configurations de la zone de détection, ni sa disposition par rapport aux parties dangereuses dans une application particulière, ni ce qui constitue un état dangereux pour toute machine donnée. Il se limite au fonctionnement de l'ESPE et à son interface avec la machine.

Le présent document ne traite pas des AOPD qui utilisent des longueurs d'ondes hors de la plage de 400 nm à 1 500 nm.

Le présent document peut être pertinent pour des applications autres que la protection des personnes, par exemple la protection des machines ou des produits contre des dommages mécaniques. Dans ces applications, des exigences complémentaires peuvent être nécessaires, par exemple lorsque les matériaux qui doivent être reconnus par le dispositif de détection ont des caractéristiques différentes de celles des personnes.

Le présent document ne traite pas des exigences CEM (compatibilité électromagnétique) relatives aux émissions électromagnétiques.

2 Références normatives

L'article correspondant de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

Addition:

IEC 60825-1, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 61496-1:2020, *Sécurité des machines – Équipements de protection électrosensibles – Partie 1: Exigences générales et essais*¹

IEC 62471, *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

¹ Publication à venir.

ISO 13855, *Sécurité des machines – Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 20471, *Vêtements à haute visibilité – Méthodes d'essai et exigences*

3 Termes et définitions

L'article correspondant de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

Addition:

3.201

dispositif protecteur optoélectronique actif

AOPD

dispositif dont la fonction de détection est accomplie par des émetteurs et récepteurs optoélectroniques qui détectent l'interruption de tout rayonnement optique généré, à l'intérieur du dispositif, par un objet opaque présent dans la zone spécifique de détection (ou, pour un dispositif à faisceau lumineux, sur l'axe du faisceau lumineux)

Note 1 à l'article: L'abréviation "AOPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "active opto-electronic protective device".

3.202

axe du faisceau

faisceau optique joignant le centre optique d'un émetteur au centre optique du récepteur correspondant, conçu pour réagir à la lumière provenant de cet émetteur en marche normale

Note 1 à l'article: L'axe optique d'un faisceau lumineux n'est pas toujours sur l'axe du faisceau.

Note 2 à l'article: Un déplacement physique de l'axe du faisceau peut se produire comme conséquence d'une utilisation normale (par exemple par l'emploi d'un réflecteur commandé par un moteur).

Note 3 à l'article: Pour un AOPD qui fonctionne avec une technique de rétro réflexion, le faisceau optique est défini par la cible du rétro réflecteur avec les émetteurs et les récepteurs.

3.203

angle d'ouverture efficace

EAA

angle maximal d'écart par rapport à l'alignement optique du ou des émetteurs et du ou des récepteurs, au sein duquel l'AOPD continue de fonctionner normalement

Note 1 à l'article: L'abréviation "EAA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "effective aperture angle".

3.204

dispositif à faisceaux lumineux

AOPD comprenant un ou plusieurs émetteurs et du ou des récepteurs correspondants et dont la zone de détection n'est pas précisée par le fournisseur

3.205

barrière immatérielle

AOPD comprenant un ensemble intégré d'un ou de plusieurs émetteurs et d'un ou de plusieurs récepteurs formant une zone de détection et présentant une capacité de détection spécifiée par le fournisseur

Note 1 à l'article: Une barrière immatérielle présentant une grande capacité de détection est quelquefois désignée comme une grille lumineuse.

3.206

éprouvette

élément cylindrique opaque destiné à vérifier la capacité de détection de l'AOPD

3.207**conception optique à géométrie restreinte****GROD**

AOPD utilisant une conception optique où

- l'angle d'ouverture efficace (EAA) de chaque émetteur et de chaque récepteur n'excède pas les valeurs indiquées à la Figure 6 et
- les axes des faisceaux optiques sont parallèles et
- les lobes latéraux sont réduits le plus possible et
- l'espacement entre les axes du faisceau est uniforme et
- la valeur de la capacité de détection est fondée sur l'obscurisation totale d'au moins un faisceau dans toutes les positions de l'éprouvette à l'intérieur de la zone de détection (voir la Figure 7)

Note 1 à l'article: L'abréviation "GROD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "*geometrically restricted optical design*".

Remplacement:

3.3**capacité de détection**

dimension représentant le diamètre de l'éprouvette qui:

- pour une barrière immatérielle, déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans la zone de détection;
- pour un dispositif à faisceau lumineux unique, déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans l'axe du faisceau;
- pour un dispositif à faisceaux lumineux multiples, déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans un axe de faisceau

Note 1 à l'article: Le terme "capacité de détection" peut aussi signifier l'aptitude à la détection d'une éprouvette d'un diamètre spécifié.

4 Exigences de fonctionnement, de conception et d'environnement

L'article correspondant de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

4.1 Exigences de fonctionnement**4.1.2 Fonction de détection**

Remplacement:

4.1.2.1 Exigences générales

La fonction de détection doit être effective sur l'ensemble de la zone de détection spécifiée par le fournisseur. Aucun ajustement de la zone de détection, de la capacité de détection ou de la fonction blanking ne doit être possible sans l'emploi d'une clé, d'un mot de passe ou d'un outil.

Le dispositif de détection d'une barrière immatérielle doit être activé et le ou les dispositifs de commutation du signal de sortie (OSSD – *output signal switching device*) doivent passer et rester à l'état INACTIF lorsqu'une éprouvette conforme à 4.2.13 se trouve à l'intérieur de la zone de détection en statique (sous n'importe quel angle) ou en dynamique (l'axe du cylindre étant perpendiculaire au plan de la zone de détection), à des vitesses comprises entre 0 m/s et 1,6 m/s.

Le dispositif de détection d'un dispositif à faisceau lumineux doit être activé et l'OSSD ou les OSSD doivent passer et rester à l'état INACTIF lorsqu'une éprouvette conforme à 4.2.13 se trouve dans l'axe du faisceau, en tout point à l'intérieur de la distance de fonctionnement, l'axe du cylindre étant perpendiculaire à l'axe du faisceau.

Lorsque le fournisseur indique qu'un AOPD peut être utilisé pour la détection d'objets se déplaçant à des vitesses supérieures à celles spécifiées ci-dessus, les exigences doivent être satisfaites pour toute vitesse inférieure ou égale à la ou aux vitesses maximales indiquées.

4.1.2.2 Exigences complémentaires pour un AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion et pour un AOPD utilisant des émetteurs et récepteurs combinés dans le même ensemble

4.1.2.2.1 Généralités

Un AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion dans lesquelles le faisceau lumineux traverse la zone de détection plus d'une fois (sur le même trajet) et un AOPD utilisant des émetteurs et récepteurs combinés dans le même ensemble ne doivent pas provoquer de défaillance dangereuse si un objet réfléchissant (par exemple, des vêtements réfléchissants) est situé dans une position quelconque dans la zone de détection.

NOTE L'utilisation de miroirs pour renvoyer le faisceau lumineux n'est pas considérée comme une technique de rétro réflexion.

4.1.2.2.2 Fonction de détection

L'OSSD ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF lorsqu'un objet réfléchissant de taille supérieure ou égale au diamètre et à la longueur de l'éprouvette (voir 4.2.13) est situé dans la zone de détection dans une position quelconque comme cela est spécifié en 5.2.1.4.

Pour un AOPD de type 3 ou un AOPD de type 4, dans des conditions normales de fonctionnement, l'OSSD ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF lorsqu'un objet réfléchissant (comme cela est spécifié en 5.2.1.4) est situé aussi près que possible devant la surface de détection des émetteurs/récepteurs.

4.1.3 Types d'ESPE

Remplacement:

Dans le présent document, seuls les ESPE de types 2, 3 et 4 sont pris en considération. Les performances des différents types d'ESPE varient en présence de défauts et sous l'influence des conditions d'environnement. L'IEC 61496-1:2020 prend en considération les effets des défauts électriques et électromécaniques (ces défauts sont répertoriés dans l'Annexe B de l'IEC 61496-1:2020).

NOTE Le fournisseur de la machine et/ou l'utilisateur détermine(nt) le type exigé pour une application particulière.

Pour un ESPE de type 2, en fonctionnement normal, le circuit de sortie d'au moins un OSSD doit passer à l'état INACTIF lorsque la fonction de détection est activée ou lorsque l'alimentation de l'ESPE est coupée.

Un ESPE de type 2 doit satisfaire aux exigences de détection des défauts de 4.2.2.3.

Un ESPE de type 3 doit satisfaire aux exigences de détection des défauts de 4.2.2.4.

Un ESPE de type 4 doit satisfaire aux exigences de détection des défauts de 4.2.2.5.

Pour un ESPE de type 3 ou de type 4, en fonctionnement normal, le circuit de sortie d'au moins deux OSSD doit passer à l'état INACTIF lorsque la fonction de détection est activée ou lorsque l'alimentation de l'ESPE est coupée.

Lorsqu'une seule interface de données relatives à la sécurité est utilisée pour accomplir les fonctions de l'OSSD ou des OSSD, l'interface de données et l'interface de communication relative à la sécurité associée doivent satisfaire aux exigences données en 4.2.4.4 de l'IEC 61496-1:2020. Dans ce cas, une seule interface de données relatives à la sécurité peut remplacer deux OSSD dans un ESPE de type 3 ou de type 4.

4.2 Exigences de conception

4.2.2 Exigences de détection des défauts

4.2.2.3 Exigences particulières pour un ESPE de type 2

Addition:

L'essai périodique doit vérifier que chaque faisceau lumineux fonctionne conformément aux spécifications du fournisseur.

Différentes configurations sont considérées qui diffèrent dans la façon dont les essais de performance liée à la sécurité sont effectués.

La Figure AA.1, la Figure AA.2 et la Figure AA.3 de l'Annexe AA sont des exemples d'appareils protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD) de type 2 où l'essai périodique est initié à l'extérieur et les résultats sont évalués à l'extérieur. La Figure AA.4 de l'Annexe AA est un exemple d'un AOPD de type 2 où l'essai périodique est automatiquement lancé et évalué à l'intérieur.

Remplacement:

4.2.12 Intégrité de la capacité de détection de l'AOPD

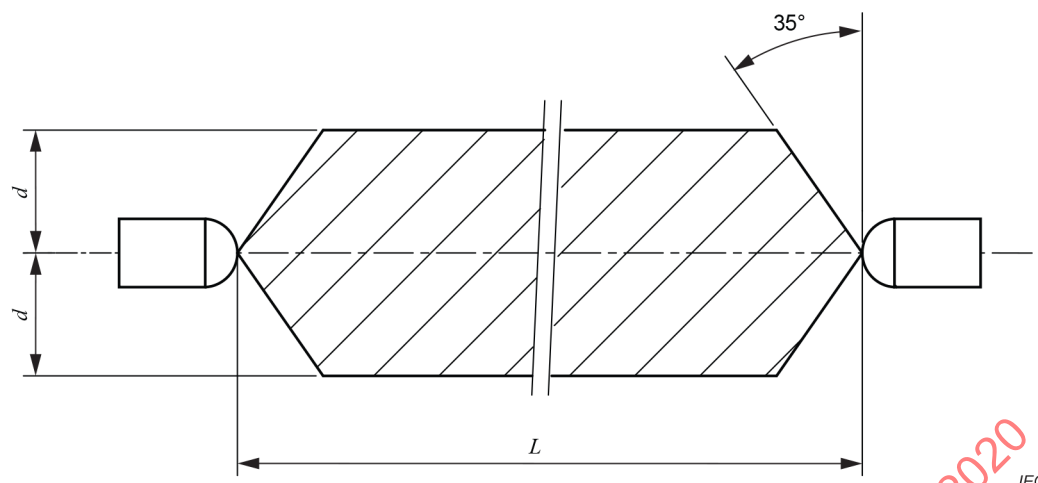
La conception de l'AOPD doit être telle que la capacité de détection de l'AOPD reste la même que la valeur spécifiée par le fournisseur lorsque l'AOPD fonctionne dans l'une quelconque des conditions suivantes et toutes leurs combinaisons:

- toutes conditions spécifiées par le fournisseur;
- les conditions d'environnement spécifiées en 4.3;
- les limites d'alignement et/ou d'ajustement;
- sur toute la zone de détection.

Si un défaut unique (voir l'Annexe B de l'IEC 61496-1:2020), qui dans des conditions normales de fonctionnement (voir 5.1.2.1), n'entraînerait pas de perte de capacité de détection de l'AOPD mais qui, associé à une combinaison des conditions citées ci-dessus, entraînerait une telle perte, alors ce défaut associé à ces conditions doit être considéré comme un défaut unique et l'AOPD doit y répondre conformément aux exigences de 4.2.2.

L'AOPD doit être conçu et construit de manière à:

- a) limiter la possibilité de défaillances dangereuses résultant de réflexions parasites (pour une plage de fonctionnement jusqu'à 3 m, voir la Figure 1);
- b) limiter le désalignement auquel le fonctionnement normal est possible.
Pour une plage de fonctionnement de 3 m, les limites de la Figure 2 doivent être respectées;
- c) limiter la possibilité de dysfonctionnement pendant l'exposition à une lumière parasite dans la plage comprise entre 400 nm et 1 500 nm.



Pour le type 4: $d = 131 \text{ mm}$, $L = 250 \text{ mm}$ à $3\,000 \text{ mm}$

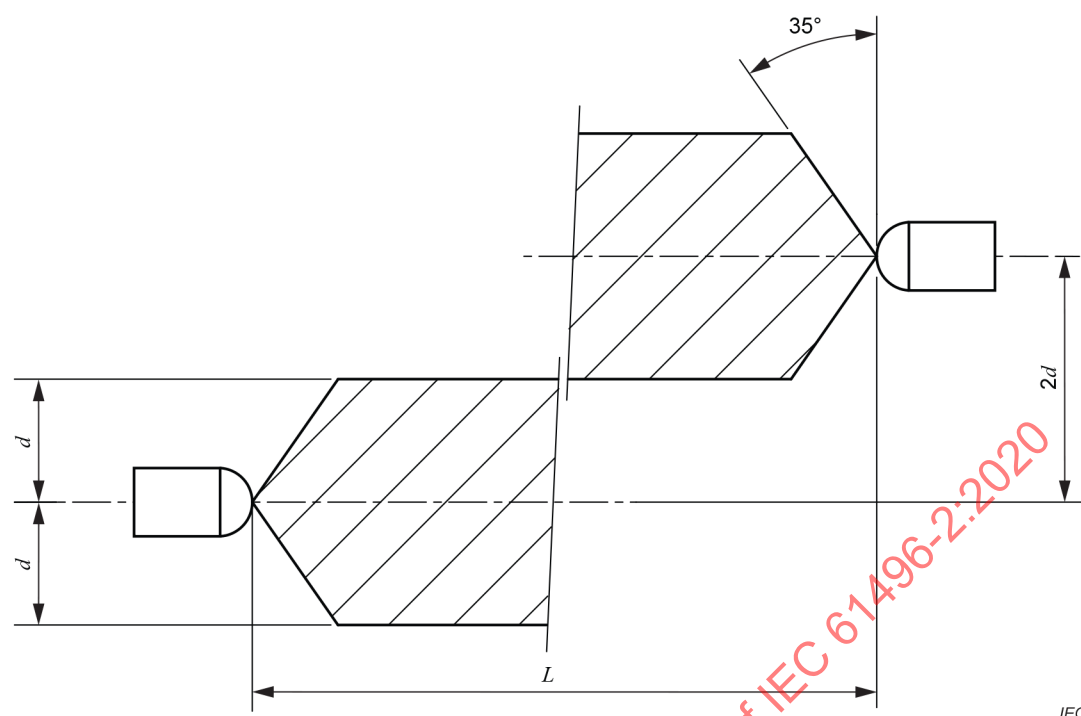
Pour le type 3: $d = 184 \text{ mm}$, $L = 375 \text{ mm}$ à $3\,000 \text{ mm}$

Pour le type 2: $d = 262 \text{ mm}$, $L = 500 \text{ mm}$ à $3\,000 \text{ mm}$

NOTE Dans cette figure, les réflexions parasites résultant de surfaces situées en dehors de la zone ombrée n'entraînent pas de défaillance dangereuse. Pour les plages courtes (250 mm pour le type 4, 375 mm pour le type 3 et 500 mm pour le type 2), l'angle de 35° correspond à une limite choisie par le groupe de travail à partir de conceptions d'AOPD connues.

Figure 1 – Région limite pour la protection contre le risque de court-circuit des faisceaux

Si l'AOPD est destiné à fournir une protection lorsque qu'il est monté à proximité immédiate d'une surface réfléchissante (c'est-à-dire à l'intérieur de la zone ombrée de la Figure 1), l'AOPD doit être conçu de façon qu'aucun contournement optique ne puisse survenir sur les surfaces réfléchissantes. Pour un tel dispositif, un EAA très inférieur à $2,5^\circ$ (par exemple moins de $0,1^\circ$) peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, la Figure 1 ne s'applique pas et les tolérances pour la protection contre le contournement optique doivent être telles que spécifiées par le fabricant.



Pour le type 4: $2d = 262 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

Pour le type 3: $2d = 368 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

Pour le type 2: $2d = 524 \text{ mm}$, $L = 3\,000 \text{ mm}$

Figure 2 – Limite du désalignement vertical et horizontal

4.2.13 Éprouvette

L'éprouvette doit être cylindrique et opaque, et d'une longueur efficace minimale de 150 mm. Le diamètre de l'éprouvette ne doit pas dépasser la capacité de détection de l'AOPD spécifiée par le fournisseur.

Pour un AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion et pour un AOPD utilisant des émetteurs/récepteurs combinés dans le même ensemble (voir 4.1.2.2), la surface de l'éprouvette opaque doit être:

- un matériau rétro réfléchissant satisfaisant aux exigences des matériaux rétro réfléchissants aux performances distinctes de l'ISO 20471;

NOTE Le Tableau 4 de l'ISO 20471:2013 définit le coefficient minimal de rétro réflexion pour les matériaux rétro réfléchissants aux performances distinctes comme $330 \text{ cd lx}^{-1} \text{ m}^{-2}$ avec un angle d'attaque de 5° et un angle d'observation de $0,2^\circ$ ($12'$).

- une surface réfléchissante de type miroir ayant un facteur de réflexion supérieur ou égal à 90 % aux longueurs d'ondes de fonctionnement, par exemple recouverte de chrome poli ou en aluminium poli;
- une surface réfléchissante diffuse, blanche avec un coefficient de réflexion diffuse compris entre 80 % et 90 % à la longueur d'onde de l'émetteur. Le papier blanc est un exemple de matériau adapté.

Pour une capacité de détection de l'AOPD inférieure à 40 mm, l'éprouvette pour une barrière immatérielle doit être fournie par le fournisseur et doit porter les indications suivantes:

- le diamètre en millimètres;
- la référence du type et l'indication de l'AOPD avec lequel l'éprouvette est destinée à être utilisée.

Lorsque plus d'une capacité de détection peut être configurée sur l'AOPD, le fournisseur doit fournir une éprouvette pour chaque capacité de détection.

La vérification doit être effectuée par inspection.

Addition:

4.2.14 Longueur d'onde

Les AOPD doivent fonctionner à une longueur d'onde comprise entre 400 nm et 1 500 nm.

4.2.15 Intensité du rayonnement

Si le dispositif émetteur utilise la technologie LED, l'intensité du rayonnement générée et émise par l'AOPD doit satisfaire aux exigences du groupe sans risque conformément à l'IEC 62471.

NOTE 1 Le groupe sans risque équivaut au groupe de risque zéro (IEC 62471).

Si le dispositif émetteur utilise la technologie laser, l'intensité du rayonnement générée et émise par l'AOPD ne doit en aucun cas dépasser la puissance maximale ou les niveaux d'énergie pour un laser de classe 1M selon l'IEC 60825-1.

NOTE 2 Les dispositifs de classe 2 peuvent être utilisés pour l'alignement ou l'ajustement.

5 Essais

L'article correspondant de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

5.1 Généralités

Addition:

Dans les essais suivants, il doit être vérifié que, lorsque l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF, ils restent à l'état INACTIF pendant que l'éprouvette se trouve dans la zone de détection (ou le faisceau lumineux). Si l'AOPD comporte un verrouillage de redémarrage, le verrouillage de redémarrage doit être désactivé pendant les essais de l'Article 5.

Un AOPD peut être conçu de plusieurs manières. Le Tableau 1 indique les différentes conceptions, les exigences correspondantes et les essais comme cela est décrit dans le présent document.

Tableau 1 – Correspondances entre les exigences/essais et les conceptions de l'AOPD

Paragraphe	Exigences et essais	Différentes conceptions d'AOPD					
		AOPD utilisant uniquement des émetteurs ou uniquement des récepteurs dans le même ensemble		AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion		AOPD utilisant des émetteurs et des récepteurs dans le même ensemble	
		GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte
4.1	Exigences de fonctionnement	X	X	X	X	X	X
4.1.2	Fonction de détection	X	X	X	X	X	X
4.1.2.2	Exigences complémentaires pour un AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion et pour un AOPD utilisant des émetteurs et récepteurs combinés dans le même ensemble			X	X	X	X
4.2	Exigences de conception	X	X	X	X	X	X
4.2.2	Exigences de détection des défauts	X	X	X	X	X	X
4.2.12	Intégrité de la capacité de détection de l'AOPD	X	X	X	X	X	X
4.2.13	Éprouvette	X	X	X	X	X	X
4.2.14	Longueur d'onde	X	X	X	X	X	X
4.2.15	Intensité du rayonnement	X	X	X	X	X	X
4.3	Exigences d'environnement	X	X	X	X	X	X
4.3.5	Interférence lumineuse	X	X	X	X	X	X
5	Essai	X	X	X	X	X	X
5.1	Généralités	X	X	X	X	X	X
5.1.1	Essais de type	X	X	X	X	X	X
5.1.1.2	Conditions de fonctionnement	X	X	X	X	X	X
5.1.2	Conditions d'essai	X	X	X	X	X	X
5.1.2.2	Exactitude de mesure	X	X	X	X	X	X
5.2	Essais de fonctionnement	X	X	X	X	X	X
5.2.1	Fonction de détection	X	X	X	X	X	X
5.2.1.2.2	Analyse du sous-système électro-optique	X	X	X	X	X	X

Paragraphe	Exigences et essais	Différentes conceptions d'AOPD					
		AOPD utilisant uniquement des émetteurs ou uniquement des récepteurs dans le même ensemble		AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion		AOPD utilisant des émetteurs et des récepteurs dans le même ensemble	
		GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte
5.2.1.2.3	Vérification du sous-système électro-optique pour la GROD	X	X	X	X	X	X
5.2.1.2.4	Essai de l'EAA de la GROD	X		X		X	
5.2.1.2.5	Essai de prisme pour la GROD	X		X		X	
5.2.1.3	Vérification du sous-système électro-optique pour les technologies autres que la GROD		X		X		X
5.2.1.3.2	Modélisation et vérification du modèle de sous-système optique		X		X		X
5.2.1.3.3	Analyse de capacité de détection par simulation		X		X		X
5.2.1.3.4	Essais complémentaires de capacité de détection		X		X		X
5.2.1.3.5	Analyse des réflexions parasites		X		X		X
5.2.1.3.6	Essais des réflexions parasites		X		X		X
5.2.1.3.7	Essai de désalignement		X		X		X
5.2.1.4	Essais complémentaires pour un AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion et pour un AOPD utilisant des émetteurs/récepteurs combinés dans le même ensemble			X	X	X	X
5.4	Essais d'environnement	X	X	X	X	X	X
5.4.6	Interférence lumineuse	X	X	X	X	X	X
5.4.6.1	Généralités	X	X	X	X	X	X
5.4.6.2	Sources de lumière	X	X	X	X	X	X

Paragraphe	Exigences et essais	Différentes conceptions d'AOPD					
		AOPD utilisant uniquement des émetteurs ou uniquement des récepteurs dans le même ensemble		AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion		AOPD utilisant des émetteurs et des récepteurs dans le même ensemble	
		GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte	GROD	Conception optique non restreinte
5.4.6.3	Séquences d'essais	X	X	X	X	X	X
5.4.6.4	Fonctionnement normal (alignement le plus favorable)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.5	Défaillance dangereuse – Lumière incandescente (3 000 lux et alignement le plus défavorable)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.6	Défaillance dangereuse – Lumière à feu clignotant (alignement le plus défavorable)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.7	Défaillance dangereuse – Lumière fluorescente (3 000 lux et alignement le plus défavorable)	X	X	X	X	X	X
5.4.6.8	Défaillance dangereuse – Lumière interférente provenant d'un émetteur de même modèle	X	X	X	X	X	X

5.1.1 Essais de type

5.1.1.2 Conditions de fonctionnement

Addition:

Pour les besoins de ces essais, le plan de la zone de détection de la barrière immatérielle peut être vertical ou horizontal, comme cela est déterminé de manière préférentielle selon l'essai.

S'il peut être démontré que les résultats seront les mêmes, les essais à de longues distances de fonctionnement peuvent être simulés par l'utilisation de filtres de densité neutre.

5.2 Essais de fonctionnement

5.2.1 Fonction de détection

Remplacement:

5.2.1.1 Généralités

Il doit être vérifié que le dispositif de détection est activé continuellement et, selon les cas, que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF, en prenant en compte le principe de fonctionnement de l'AOPD et, en particulier, les techniques utilisées pour fournir une tolérance aux influences de l'environnement.

Pour une barrière immatérielle:

- en déplaçant lentement l'éprouvette dans la zone de détection à travers les faisceaux à un angle de 45° et à un angle de 90° (voir la Figure 3 et la Figure 4) à chacune des extrémités de la zone de détection [aussi près que possible de l'émetteur et du récepteur (ou du rétro réflecteur)] et à mi-chemin entre celles-ci (voir la Figure 5);
- en plaçant l'éprouvette dans la zone de détection, à l'état stationnaire, dans n'importe quelle position et/ou angle considérés comme critiques par suite de l'analyse selon 5.2.1.2.2
- en déplaçant l'éprouvette dans la zone de détection, à travers les faisceaux à la vitesse maximale dans la plage spécifiée en 4.1.2.1, et à toute autre vitesse, dans cette plage, considérée comme critique par suite de l'analyse selon 5.2.1.2.2;
- en déplaçant l'éprouvette (ayant une longueur de 150 mm) à travers la zone de détection à une vitesse de 1,6 m/s, de telle sorte que la direction du mouvement et l'axe de l'éprouvette soient perpendiculaires au plan de détection, aux extrémités de la zone de détection (par exemple, à chaque coin de cette zone) et en toute autre position considérée comme critique par suite de l'analyse selon 5.2.1.2.2.

Pour un dispositif à faisceau lumineux:

- en plaçant l'éprouvette dans le faisceau à chaque extrémité de celui-ci et à mi-chemin sur son axe de façon à ce que l'axe de l'éprouvette soit perpendiculaire à l'axe du faisceau;
- en déplaçant l'éprouvette (ayant une longueur de 150 mm) à travers le faisceau à une vitesse de 1,6 m/s, de telle sorte que la direction du mouvement et l'axe de l'éprouvette soient perpendiculaires à l'axe du faisceau, à chacune des extrémités du faisceau, au milieu du faisceau et en tout point à l'intérieur de la distance de fonctionnement considéré comme critique par suite de l'analyse selon 5.2.1.2.2.

Les essais ci-dessus doivent être accomplis avec l'AOPD fonctionnant à la distance de fonctionnement minimale spécifiée ou à 0,5 m, selon la valeur la plus grande, et à la distance de fonctionnement maximale spécifiée.

Zone de détection d'une barrière
immatérielle avec les faisceaux lumineux
perpendiculaires à la page

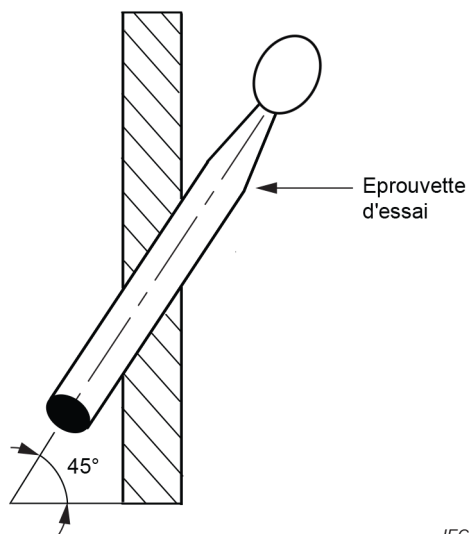


Figure 3 – Épreuve inclinée à 45°

Zone de détection d'une barrière
immatérielle avec les faisceaux
lumineux perpendiculaires à la page

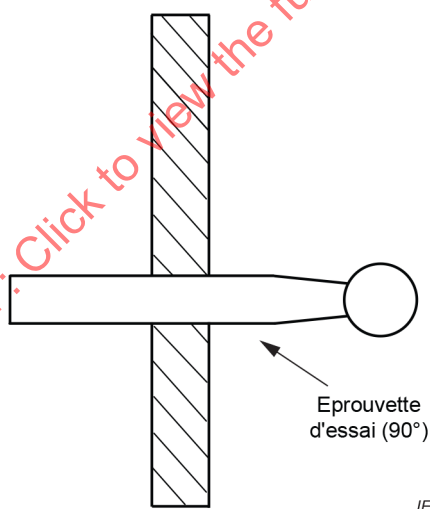


Figure 4 – Épreuve inclinée à 90°

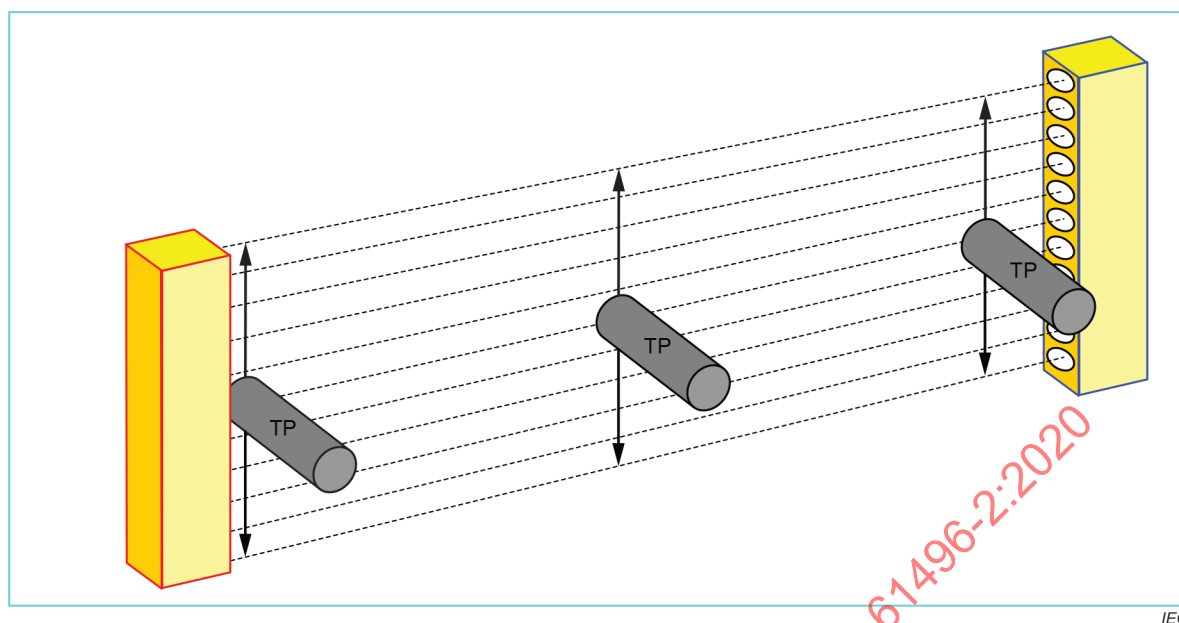


Figure 5 – Vérification de la fonction de détection par déplacement de l'éprouvette (TP) à travers la zone de détection à proximité de l'émetteur, à proximité de la cible du récepteur/rétroreflecteur et au point médian

5.2.1.2 Vérification de l'intégrité de la capacité de détection

5.2.1.2.1 Généralités

Il doit être vérifié que la capacité de détection de l'AOPD est maintenue continuellement ou que l'ESPE ne présente pas de défaillance dangereuse, par une analyse systématique de la conception de l'AOPD, en utilisant des essais si besoin est, en prenant en compte toutes les combinaisons de conditions spécifiées en 4.1.2 et en 4.2.12, ainsi que les défauts spécifiés en 5.3 de l'IEC 61496-1:2020.

5.2.1.2.2 Analyse du sous-système électro-optique

Une analyse systématique du sous-système électro-optique doit être effectuée pour déterminer:

- l'axe du faisceau et les axes optiques des émetteurs et des récepteurs;
- l'espacement entre les axes du faisceau;
- les caractéristiques des ensembles optiques (par exemple, le diamètre de la lentille, la longueur focale, la position et la dimension des butées, la forme du porte-lentille, les miroirs, le rétroreflecteur);
- l'intensité/la sensibilité relative des faisceaux dans les dispositifs multifaisceaux;
- la direction et l'orientation du faisceau entre des éléments semblables (c'est-à-dire entre un ensemble émetteur et un autre, ou entre un ensemble récepteur et un autre);
- les critères utilisés pour déterminer le statut de la fonction de détection.

Les résultats de cette analyse doivent être utilisés pour déterminer la méthode appropriée pour la vérification du sous-système électro-optique et pour la vérification de l'intégrité de la capacité de détection.

Si l'analyse indique que tous les critères de 5.2.1.2.3 sont satisfaits, alors 5.2.1.2.3, 5.2.1.2.4 et 5.2.1.2.5 doivent être utilisés.

Dans tous les autres cas ou si l'analyse indique qu'un ou plusieurs critères de 5.2.1.2.3 ne sont pas satisfaits, alors 5.2.1.3 (soit 5.2.1.3.1 à 5.2.1.3.7) doit être utilisé.

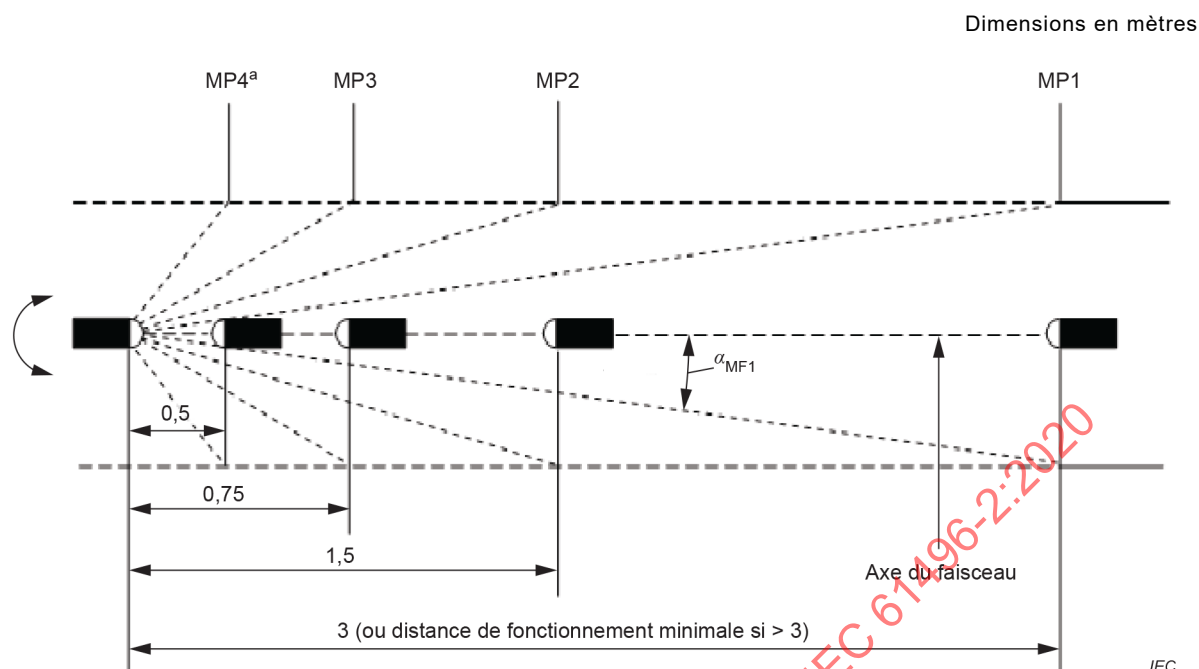
5.2.1.2.3 Vérification du sous-système électro-optique pour la GROD

La GROD satisfait aux exigences spécifiées en 4.2.12 en garantissant que:

- l'angle d'ouverture efficace (EAA) de chaque émetteur et de chaque récepteur n'excède pas les valeurs indiquées à la Figure 6 et
- les axes des faisceaux optiques sont parallèles et
- les lobes latéraux sont réduits le plus possible et
- l'espacement entre les axes du faisceau est uniforme et
- la valeur de la capacité de détection est fondée sur l'obscurité totale d'au moins un faisceau dans toutes les positions de l'éprouvette à l'intérieur de la zone de détection (voir la Figure 7).

Il doit être vérifié que tous les faisceaux satisfont aux limites suivantes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61496-2:2020



Type d'AOPD Type	α valeurs limites (degrés)			
	MP1	MP2	MP3	MP4
Type 2	5	10	19,3	27,7
Type 3	3,5	7	13,7	20,2
Type 4	2,5	5	10	14,7

MP = *measuring point* (point de mesure)

Il convient de déterminer l'angle d'ouverture efficace conformément à 5.2.1.2.4.

Il convient d'effectuer des mesurages pour chacun des points de mesure MP1 à MP4 (ou si la distance minimale est supérieure à 3,0 m, à MP1 uniquement).

NOTE Les valeurs limites des distances intermédiaires comprises entre MP1 et MP4 peuvent être calculées à l'aide de la formule:

$$\alpha = \tan^{-1}(d/L)$$

où

$$d = 262 \text{ (pour type 2) ou } d = 184 \text{ (pour type 3) ou } d = 131 \text{ (pour type 4)}$$

et

L est la distance entre l'émetteur et le récepteur (ou entre le dispositif en essai et la cible du rétroreflecteur).

Pour les distances supérieures à 3,0 m, utiliser la limite α pour MP1.

Pour les systèmes à rétroreflecteurs, la valeur de α représente la moitié de la valeur présentée dans le tableau ci-dessus.

^a MP = point de mesure

Figure 6 – Valeurs limites de l'angle d'ouverture efficace (EAA)

Lorsque la GROD est utilisée, la formule pour la détermination de la capacité de détection minimale (d) est (voir la Figure 7):

$$d = P + \varnothing$$

où

d est la capacité de détection;

P est l'espacement entre les axes du faisceau;

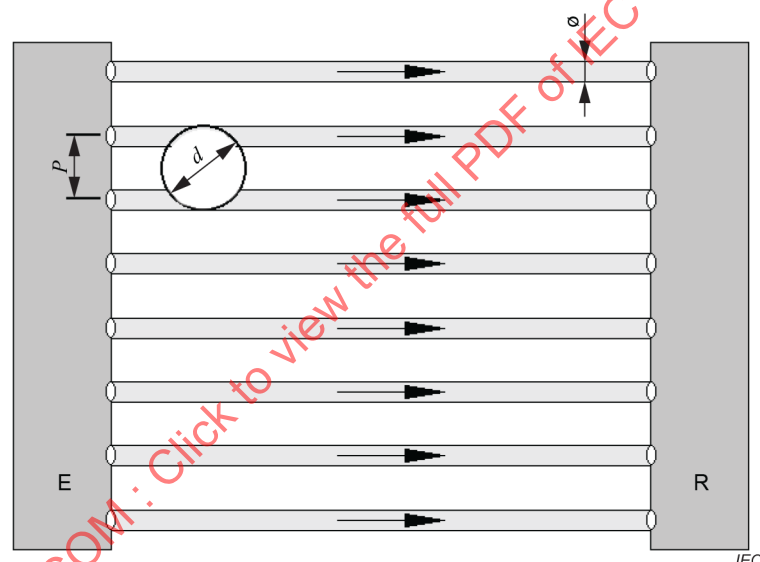
$\varnothing$ est le diamètre de la lentille.

EXEMPLE Diamètre de la lentille ($\varnothing$) = 6 mm et espacement de faisceau (P) = 8 mm

$$d = P + \varnothing = 8 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 14 \text{ mm}$$

Par conséquent, dans l'exemple ci-dessus, $d = 14 \text{ mm}$.

Lorsque les diamètres de lentille sont différents, le diamètre le plus grand doit être utilisé dans le calcul.



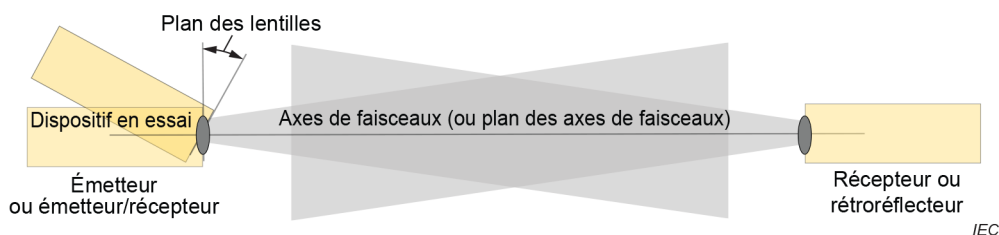
E = émetteur; R = récepteur

Figure 7 – Détermination de la capacité de détection minimale

5.2.1.2.4 Essai de l'EAA de la GROD

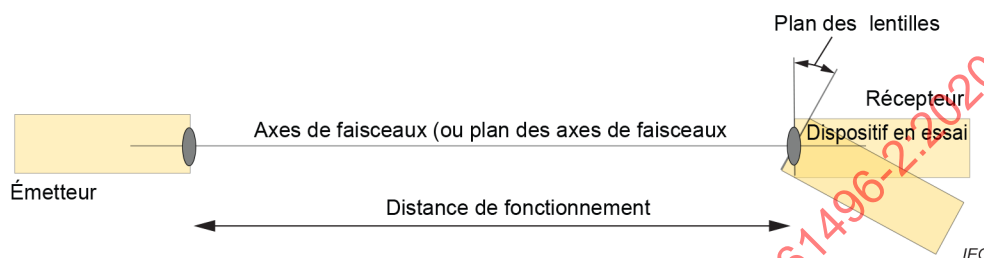
Avec un émetteur ou un émetteur/récepteur, en alignement optique avec un récepteur ou avec une cible de rétrorefléteur, l'angle de désalignement du récepteur ou de la cible du rétrorefléteur doit être mesuré. Avec un récepteur ou une cible de rétrorefléteur, en alignement optique avec un émetteur ou un émetteur/récepteur, l'angle de désalignement de l'émetteur ou de l'émetteur/récepteur doit être mesuré. Ces mesurages doivent être effectués à toutes les distances indiquées à la Figure 6 de la façon suivante.

L'AOPD doit être aligné de façon optimale comme cela est spécifié par le fournisseur. Il convient que l'AOPD soit monté sur une table tournante avec une échelle d'angle. Les essais doivent être accomplis sur l'axe de rotation indiqué à la Figure 8.



L'axe de rotation est défini par la ligne d'intersection du plan de toutes les lentilles et du plan de tous les faisceaux

a) Rotation de l'émetteur ou de l'émetteur/récepteur (Récepteur ou rétro réflecteur fixe)



b) Rotation du récepteur avec l'émetteur fixe

Pour les AOPD utilisant des techniques de rétro réflexion, il convient d'effectuer l'essai uniquement sur l'émetteur/récepteur avec cible de rétro réflecteur fixe.

Figure 8 – Méthode de mesure de l'EAA (direction)

Mettre l'AOPD sous tension et effectuer la procédure comme suit:

- L'émetteur ou l'émetteur/récepteur doit être tourné dans le sens des aiguilles d'une montre dans la position à 90°. L'OSSD ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF.
- Les tensions d'alimentation de l'AOPD complet doivent être coupées, puis rétablies à nouveau.

En se fondant sur l'analyse de 5.2.1.2.2, il peut s'avérer nécessaire d'attendre un certain temps (par exemple, le temps d'établissement des circuits de commande de gain) entre l'étape a) et l'étape b), et aussi éventuellement entre l'étape b) et l'étape c).

- L'émetteur ou l'émetteur/récepteur doit être tourné à nouveau vers la position d'alignement jusqu'à ce que cette position soit atteinte et que l'OSSD ou les OSSD repassent à l'état ACTIF. Les valeurs de l'angle et de la distance doivent être enregistrées. Continuer à tourner l'élément dans le sens inverse des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que la position à 90° opposée soit atteinte, puis enregistrer la dernière position à laquelle l'OSSD ou les OSSD passent de l'état ACTIF à l'état INACTIF.
- La même procédure donnée aux étapes de a) à c) doit être accomplie dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- La même procédure donnée aux étapes de a) à d) doit être appliquée à l'élément opposé (récepteur ou récepteur-émetteur).

Dans les cas où la distance de fonctionnement minimale spécifiée est supérieure à 3 m, des essais similaires doivent être accomplis pour déterminer l'EAA à la distance de fonctionnement minimale (voir la Figure 6).

L'essai est concluant lorsque les angles enregistrés à l'étape c) (EAA) sont inférieurs aux valeurs indiquées à la Figure 6.

Pour un AOPD spécifié par le fabricant pour fonctionner à de grandes distances, des essais peuvent être effectués avec des filtres de densité neutre sur de courtes distances, lorsqu'il peut être démontré que les résultats obtenus correspondront à ceux qui seraient obtenus à la distance de fonctionnement spécifiée.

Il convient de porter une attention particulière aux modèles pour lesquels la section du faisceau (pour un émetteur) ou la section du cône de réception (pour un récepteur) est conçue pour être de forme légèrement ovale, elliptique, oblongue ou de toute autre forme allongée dans un axe qui n'est ni horizontal ni vertical.

5.2.1.2.5 Essai de prisme pour la GROD

Il doit être démontré que chaque faisceau d'un dispositif à faisceaux lumineux multiples et que les systèmes de barrières immatérielles satisfont aux exigences de la Figure 6. Une méthode permettant de vérifier les caractéristiques de chaque faisceau consiste à utiliser un prisme placé devant des faisceaux individuels. Le prisme de précision décale l'EAA du faisceau en essai, de telle sorte que ses caractéristiques individuelles peuvent être évaluées. Le fait de satisfaire à l'essai du prisme signifie satisfaire aux points a) et b) de 4.2.12.

La base de cette méthode consiste à isoler chaque faisceau, de telle sorte que ses caractéristiques individuelles puissent être vérifiées (voir la Figure 9).

Pour les systèmes avec des EAA différents sur l'émetteur et le récepteur, cette procédure peut être utilisée comme un guide pour développer des essais équivalents. Cependant, il est nécessaire que des limites d'angles différentes soient déterminées en fonction de la conception du système évalué.

L'AOPD doit être aligné de façon optimale (position zéro) et il convient qu'il soit monté sur une table tournante. Un prisme avec un angle d'écart de faisceau conforme à MP1 de la Figure 6 doit être utilisé pour les essais. La hauteur (H , Figure 10) doit être suffisamment importante pour couvrir au moins un faisceau, mais ne doit pas être supérieure à la dimension de la capacité de détection. L'essai (faisant référence à la Figure 10) doit être réalisé à 3 m, ou aussi près que possible de 3 m, dans la plage de fonctionnement du dispositif (lorsque l'essai est effectué à une distance différente de 3 m, les formules de la Figure 6 doivent être utilisées pour calculer un angle d'écart approprié).

NOTE 1 Sur la base de l'analyse de 5.2.1.2.2, des essais à d'autres distances peuvent se révéler nécessaires.

L'angle de prisme β peut être calculé avec les formules présentées après la Figure 10.

La procédure d'essai doit être comme suit:

Mettre l'AOPD sous tension et réaliser la procédure suivante.

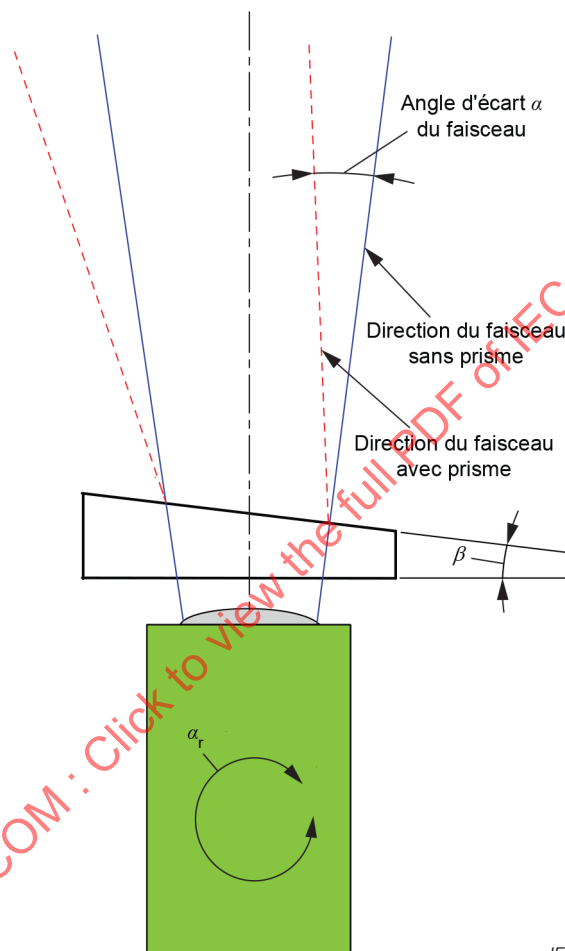
- a) L'OSSD ou les OSSD doivent être à l'état ACTIF.
- b) Insérer le prisme centré devant le récepteur ou l'émetteur à soumettre aux essais.
- c) L'OSSD ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF et y rester. Si l'OSSD ou les OSSD restent à l'état ACTIF, faire tourner la table tournante dans la direction de l'écart du faisceau jusqu'à ce que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF. Retirer le prisme, et vérifier que l'OSSD ou les OSSD repassent à l'état ACTIF.
- d) Tourner le prisme de 180° et insérer le prisme devant le même faisceau à soumettre aux essais. Vérifier que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF et y restent. Si l'OSSD ou les OSSD restent à l'état ACTIF, faire tourner la table tournante dans la direction de l'écart du faisceau jusqu'à ce que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF. Retirer le prisme, puis vérifier que l'OSSD ou les OSSD repassent à l'état ACTIF.
- e) Répéter les étapes c) et d), en insérant le prisme à partir de directions opposées, jusqu'à ce que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF, comme cela est exigé sans modifier la position de la table tournante. Si une telle position ne peut pas être trouvée, l'EAA du faisceau soumis aux essais dépasse alors l'angle exigé.

NOTE 2 L'objet de la séquence d'essais ci-dessus est de trouver une position unique de la table tournante dans laquelle l'OSSD ou les OSSD peuvent être conçus pour passer à l'état INACTIF en insérant le prisme à partir de l'une ou l'autre direction. Cela vérifie que l'angle est le même dans les deux directions.

- f) Porter la table tournante à la position zéro, puis répéter les étapes a) à e) pour chaque faisceau. En repositionnant le prisme, cela permet à l'OSSD ou aux OSSD de changer d'état.

La procédure d'essai décrite doit être répétée au moins sur le premier et le dernier faisceau, avec le système en essai tourné de 90° et le prisme inséré le long de l'axe Y. L'essai doit être répété pour d'autres positions, si l'analyse conformément à 5.2.1.2.2 indique que les autres positions sont critiques.

L'essai ci-dessus doit être effectué à la fois devant l'émetteur et devant le récepteur.



IEC

Il convient de placer le prisme aussi près que possible devant l'optique.

Pour obtenir des angles d'écart très grands, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser une combinaison de prismes.

Figure 9 – Essai du prisme pour mesurer l'EAA de chaque faisceau

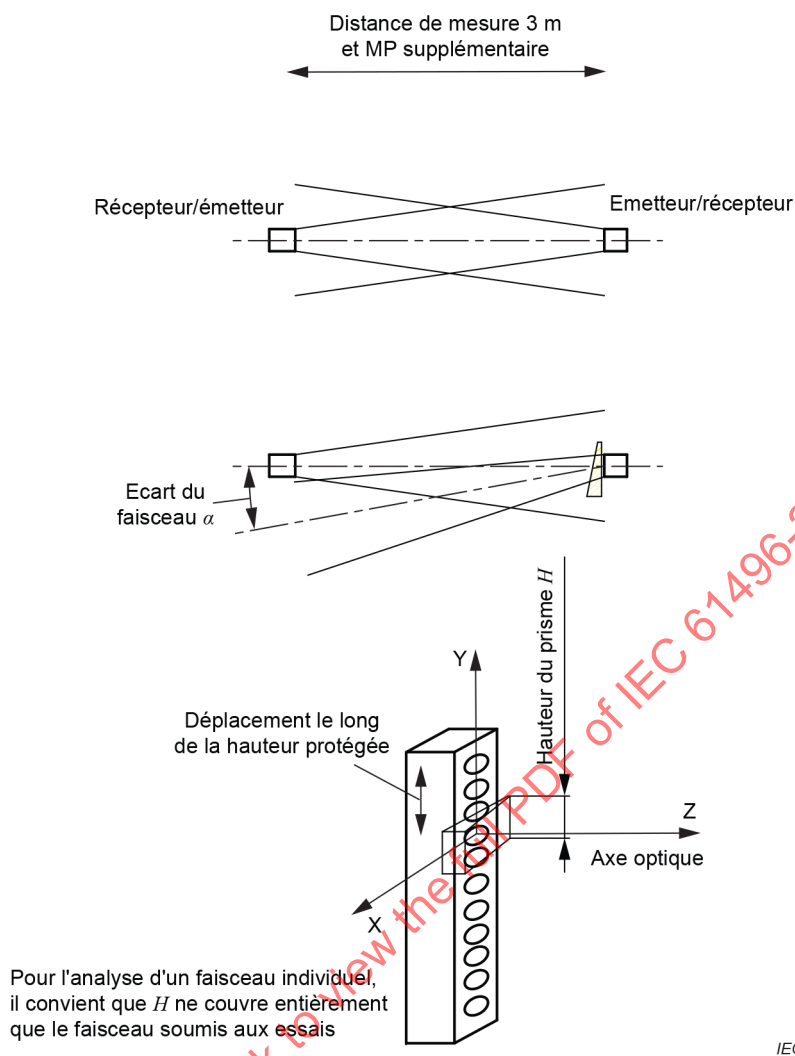


Figure 10 – Essai de l'EAA à l'aide du prisme

Calcul de l'angle de prisme:

L'angle d'écart du prisme dépend de l'angle mécanique du prisme utilisé, du nombre de réfraction pour le type de verre utilisé et de la longueur d'onde de la lumière.

L'angle peut être calculé à l'aide de la relation suivante:

$$\beta = \frac{\alpha}{n-1}$$

où

β est l'angle de prisme;

α est l'angle d'écart;

n est le nombre de réfraction.

En utilisant un nombre de réfraction pour le verre de 1,51 pour une longueur d'onde de 880 nm, le calcul pour un angle d'écart de 2,5° est le suivant:

$$\beta = \frac{2,5^\circ}{1,51-1} = 4,9^\circ$$

Angles d'écart pour différentes longueurs d'ondes et la constante β : $\alpha = \beta (n - 1)$

Réfraction (n)	à 400 nm	= 1,5	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,5 - 1)	= 2,45°
	à 880 nm	= 1,51	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,51 - 1)	= 2,5°
	à 1 500 nm	= 1,53	$\alpha = \beta (n - 1)$	= 4,9(1,53 - 1)	= 2,6°

NOTE L'erreur de mesure provoquée par des longueurs d'ondes divergentes est de $\pm 0,05^\circ$ pour 400 nm et de $\pm 0,1^\circ$ pour 1 500 nm.

5.2.1.3 Vérification du sous-système électro-optique pour les technologies autres que la GROD

5.2.1.3.1 Généralités

Lorsqu'un AOPD n'utilise pas de conception optique à géométrie restreinte, la satisfaction aux exigences de 4.1.2. et de 4.2.12 doit être vérifiée par une association de simulations et d'essais fondés sur les modèles conformément aux paragraphes 5.2.1.3.2 à 5.2.1.3.7.

NOTE Étant donné que toutes les techniques de conception ne peuvent pas être anticipées, il est possible que certaines de ces procédures d'essai ne soient pas adaptées à une technique de conception particulière et peuvent exiger une modification. Des méthodes autres que celles décrites peuvent s'avérer plus appropriées selon la conception de l'AOPD et peuvent ainsi être utilisées pour autant que leur équivalence soit démontrée.

5.2.1.3.2 Modélisation et vérification du modèle de sous-système optique

L'analyse du sous-système optique (voir la Figure 11) commence par la création d'un modèle de simulation de l'émetteur et doit être étendue à tous les éléments optiques efficaces qui sont utilisés par la suite jusqu'au récepteur inclus (par exemple, les diaphragmes, les éléments optiques de mise en forme du faisceau, les fenêtres avant, les composants électriques ou mécaniques du faisceau optique).

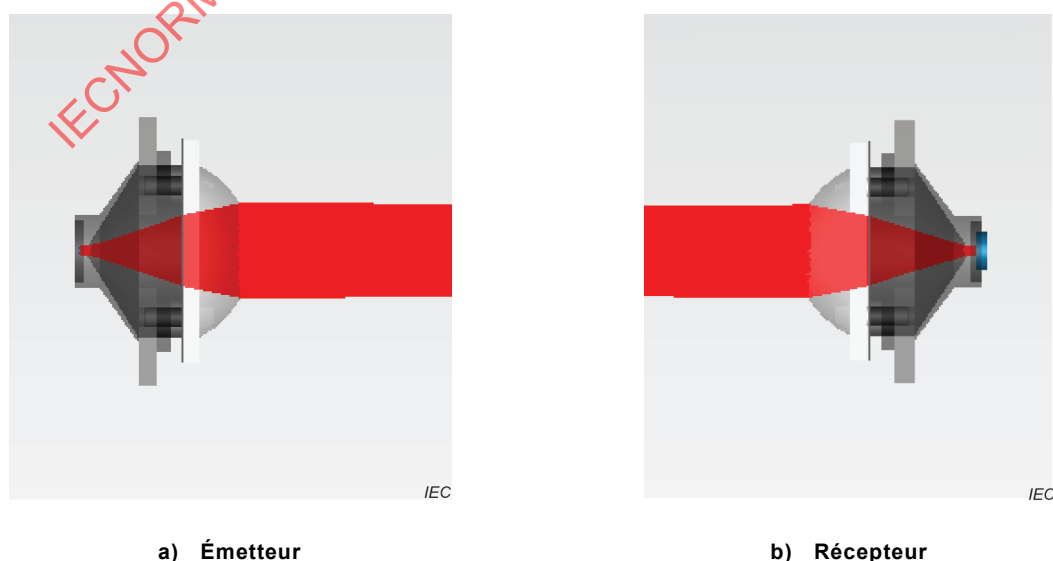


Figure 11 – Exemple de sous-système optique

Le modèle de l'émetteur (voir la Figure 12) doit prouver la distribution de l'intensité rayonnante utilisée dans le sous-système optique. Les données utilisées dans la simulation doivent être vérifiées par le mesurage de la distribution d'intensité (voir la Figure 13) de l'émetteur.

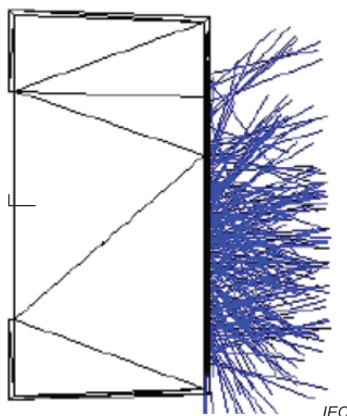


Figure 12 – Exemple de modèle de LED CMS

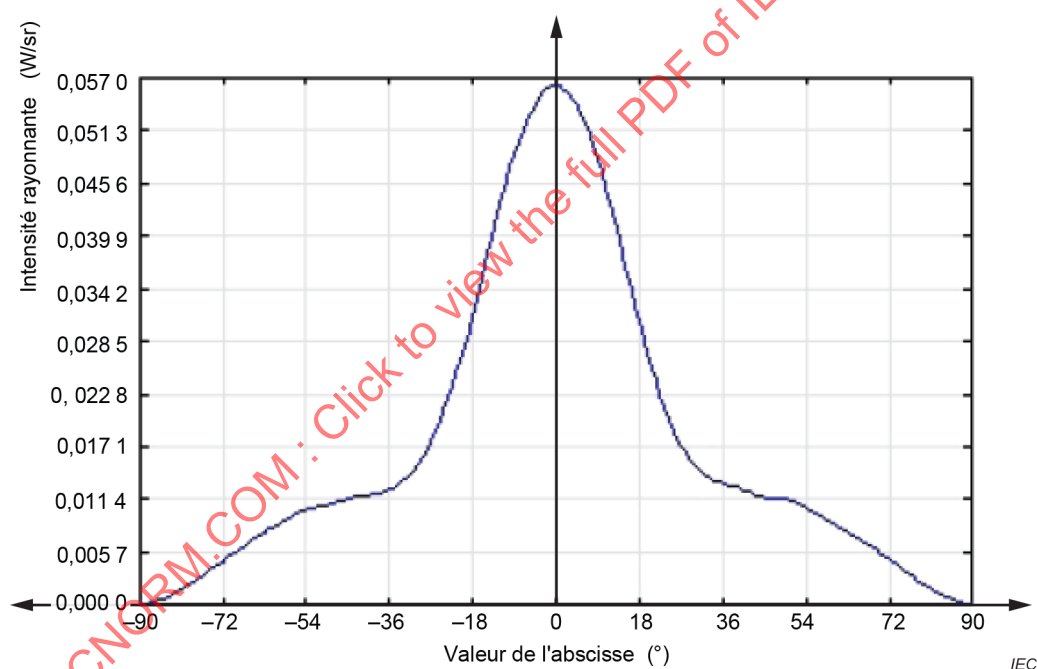


Figure 13 – Exemple de distribution d'intensité d'un émetteur

Le modèle de l'émetteur utilisé doit être étendu avec des butées mécaniques ou des diaphragmes (voir la Figure 14), le cas échéant. D'autres éléments optiques de mise en forme du faisceau (par exemple, les lentilles) doivent être ajoutés, et la distribution d'énergie qui en résulte sur l'angle d'ouverture doit être démontrée par des simulations et des mesurages de vérification.

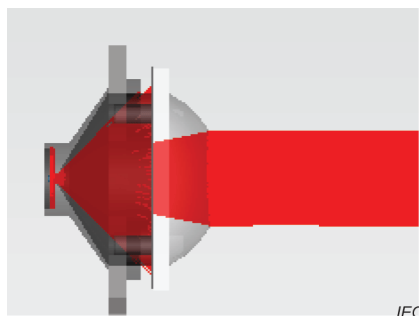


Figure 14 – Exemple de modèle d'émetteur avec faisceaux verrouillés en interne par diaphragme

Le modèle de l'unité de réception (comprenant, par exemple, des éléments de mise en forme du faisceau, des butées mécaniques ou des diaphragmes et un récepteur – voir la Figure 15) doit être vérifié pour prouver la modélisation. La vérification de l'unité de réception doit être réalisée par le mesurage de la distribution d'intensité dans le plan du récepteur.

Un calcul doit être effectué pour comparer les niveaux d'intensité/énergie identifiés sur le récepteur avec les conditions de commutation du dispositif de détection.

Le modèle défini et vérifié doit pouvoir analyser la distribution d'intensité/énergie quelle que soit la position du sous-système optique. Le modèle doit être modifiable dans les limites d'alignement et/ou d'ajustement.

La modélisation doit être réalisée avec des outils permettant le tracé de rayons non séquentiel, avec un nombre de rayons adapté au niveau d'énergie prévu.

NOTE Seuls les outils de tracé de rayons non séquentiel permettent de réaliser l'analyse de tous les faisceaux, notamment la diffusion de lumière et le contournement en dehors de l'axe.

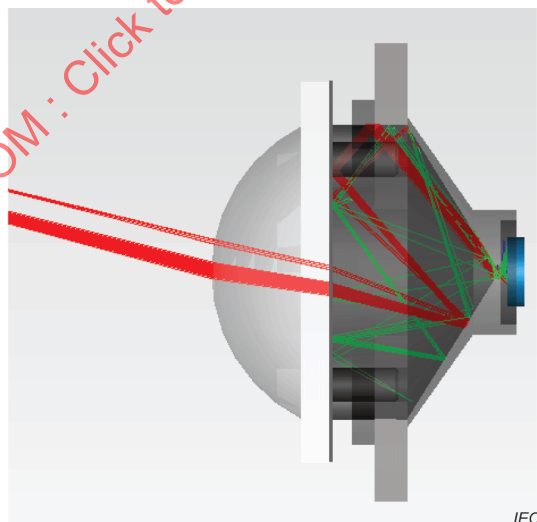


Figure 15 – Exemple d'unité de réception avec une partie du faisceau en dehors de l'axe réfléchi à l'intérieur sur les éléments mécaniques

Le nombre de faisceaux analysés est relatif à la conception de l'ESPE. En cas de conception de faisceau similaire, un faisceau peut suffire, si les conditions de tolérance sont correctement définies. Si une conception de faisceau différente est utilisée, toutes les combinaisons de faisceaux nécessaires à l'analyse doivent être prises en considération.

5.2.1.3.3 Analyse de capacité de détection par simulation

Une éprouvette conforme à la capacité de détection de l'AOPD doit être utilisée dans le modèle du sous-système optique (voir la Figure 16). Une simulation pour des positions d'objet différentes doit être réalisée pour vérifier que la capacité de détection peut être atteinte dans les conditions de conception les plus défavorables. La simulation doit prouver qu'aucun niveau d'intensité/énergie menant à une défaillance dangereuse ne peut être atteint dans le plan récepteur, quelle que soit la limite d'alignement et/ou d'ajustement sur toute la distance de fonctionnement.

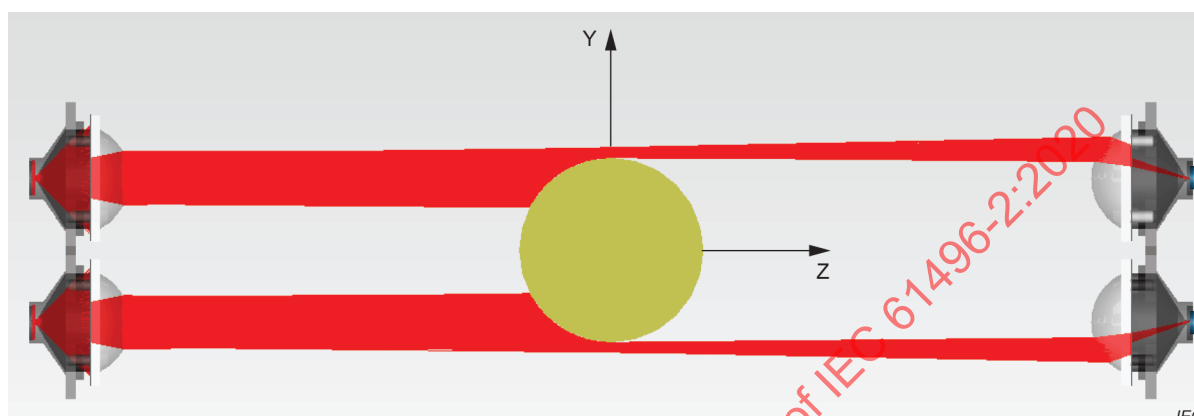


Figure 16 – Exemple d'éprouvette dans le modèle du sous-système optique avec un rayonnement traversant sur le récepteur

NOTE La simulation dans les outils de tracé de rayons optiques est utile lorsque l'éprouvette se trouve dans des conditions statiques. D'autres calculs peuvent être utiles pour démontrer l'influence de l'éprouvette mobile.

En complément de la simulation, la capacité de détection doit être vérifiée en satisfaisant aux essais de 5.2.1.1 et de 5.2.1.3.4.

5.2.1.3.4 Essais complémentaires de capacité de détection

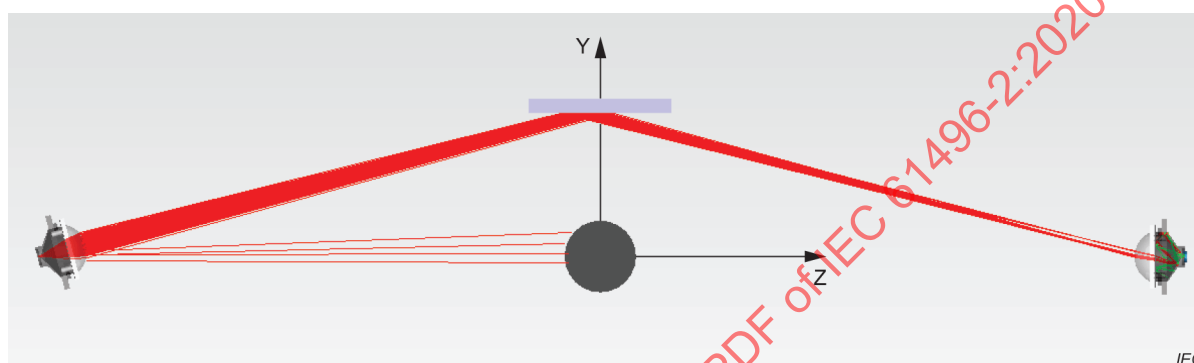
Dans les cas où la capacité de détection est atteinte grâce aux technologies autres que l'EAA, au moins l'essai complémentaire de capacité de détection suivant doit être effectué:

- Aligner l'AOPD conformément aux spécifications du fournisseur.
- Placer dans la zone de détection un filtre de densité neutre avec un facteur de transmission de 30 % et de dimension égale à deux fois la dimension de la capacité de détection.
- Mettre l'AOPD sous tension et attendre 30 s (ou plus longtemps si nécessaire en se fondant sur l'analyse de 5.2.1.2.2). Vérifier que l'OSSD ou les OSSD sont à l'état ACTIF. Si l'OSSD ou les OSSD sont à l'état INACTIF, la distance de fonctionnement doit être réduite et l'essai doit être recommencé.
- Insérer l'éprouvette devant le filtre. Vérifier que l'OSSD ou les OSSD passent à l'état INACTIF dans le temps de réponse.
- Retirer le filtre et vérifier que l'OSSD ou les OSSD restent continuellement à l'état INACTIF.
- Répéter l'essai en plusieurs endroits, selon ce qui a été défini par l'analyse de 5.2.1.2.2.

Les résultats de ces essais et de l'analyse systématique de 5.2.1.2.2 doivent être utilisés pour identifier quels essais de 5.4 exigent, en complément, un mesurage du temps de réponse.

5.2.1.3.5 Analyse des réflexions parasites

Une éprouvette conformément à la capacité de détection de l'AOPD doit être utilisée dans le modèle du sous-système optique en cas de surface hautement réfléchissante parasite (voir la Figure 17) comme cela est défini en 5.2.1.3.6. Une simulation pour plusieurs positions d'éprouvette et plusieurs positions de surfaces réfléchissantes parasites, à des distances de fonctionnement conformes à 5.2.1.3.6, doit être réalisée pour prouver que les exigences de détection d'objet décrites en 5.2.1.1 sont satisfaites. Toute position en dehors de la zone limite ombrée selon la Figure 1 doit être prise en considération pour les surfaces hautement réfléchissantes parasites. La simulation doit prouver qu'aucun niveau d'intensité/énergie menant à une défaillance dangereuse en présence de surfaces réfléchissantes parasites ne peut être atteint dans le plan récepteur, dans les limites d'alignement et/ou d'ajustement et pour les angles d'inclinaison correspondants des surfaces hautement réfléchissantes.



NOTE L'éprouvette est contournée par une partie du faisceau qui atteint l'unité de réception.

Figure 17 – Exemple d'émission réglée sur la limite

Sur la base de la simulation, les positions d'alignement de l'émetteur et du récepteur et les angles d'inclinaison de la surface hautement réfléchissante qui mènent à un niveau d'énergie maximal sur le récepteur doivent être identifiés. Ces conditions d'alignement les plus défavorables doivent être utilisées dans l'essai 5.2.1.3.6.

5.2.1.3.6 Essai des réflexions parasites

Avec l'AOPD aligné dans les conditions d'alignement les plus défavorables sur la base de l'analyse de 5.2.1.3.5, il doit être vérifié qu'il ne présente pas de défaillance dangereuse lorsqu'une ou plusieurs surfaces hautement réfléchissantes sont placées à proximité. Cela doit s'appliquer pour chaque faisceau, dans toutes les autres conditions spécifiées par le fournisseur.

La procédure d'essai doit être comme suit.

L'essai doit être effectué à chacune des distances de fonctionnement (0,5 m, 0,75 m, 1,5 m et 3,0 m), qui sont dans la plage de distance de fonctionnement spécifiée par le fournisseur. Lorsque la distance de fonctionnement minimale spécifiée dépasse 3,0 m, l'essai doit être effectué à la distance de fonctionnement minimale. L'essai doit être répété pour chaque axe de faisceau.

Après avoir positionné l'AOPD dans la position d'alignement la plus défavorable comme cela est indiqué en 5.2.1.3.5, l'alimentation vers l'élément en essai doit être coupée, puis remise.

Avant de commencer l'essai, il peut s'avérer nécessaire d'attendre un certain temps (par exemple, le temps d'établissement des circuits de commande de gain) après la mise en fonction de l'alimentation.