

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61496-2

Première édition
First edition
1997-11

**Sécurité des machines –
Équipement de protection électrosensible –**

**Partie 2:
Prescriptions particulières à un équipement
utilisant des dispositifs protecteurs
optoélectroniques actifs (AOPD)**

**Safety of machinery –
Electro-sensitive protective equipment –**

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61496-2: 1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61496-2

Première édition
First edition
1997-11

**Sécurité des machines –
Équipement de protection électrosensible –**

**Partie 2:
Prescriptions particulières à un équipement
utilisant des dispositifs protecteurs
optoélectroniques actifs (AOPD)**

**Safety of machinery –
Electro-sensitive protective equipment –**

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

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

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	8
4 Prescriptions de fonctionnement, de conception et d'environnement	12
4.1 Prescriptions de fonctionnement	12
4.2 Prescriptions de conception	14
4.3 Prescriptions relatives aux conditions ambiantes	18
5 Essais	20
5.1 Généralités	20
5.2 Essais de fonctionnement	20
5.4 Essais d'environnement	30
6 Marquage d'identification et de sécurité	36
6.1 Généralités	36
7 Documents d'accompagnement	36
 Figures	
1 Réflexions parasites	40
2 Désalignement de l'AOPD	42
3 Analyse et essais des AOPD – Organigramme	44
4 Epreuve d'essai inclinée à 45°	46
5 Epreuve d'essai inclinée à 90°	46
6 Mesure de l'angle d'ouverture efficace (EAA)	48
7 Méthode de mesure de l'EAA (inclinaison)	50
8 Méthode de mesure de l'EAA (direction)	52
9 Essai d'interférence lumineuse – Méthode directe	54
10 Essai d'interférence lumineuse – Méthode de division du faisceau	56
11 Essai d'interférence lumineuse – Méthode miroir et masque	58
 Index	 60

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	9
4 Functional, design and environmental requirements	13
4.1 Functional requirements	13
4.2 Design requirements	15
4.3 Environmental requirements	19
5 Testing	21
5.1 General	21
5.2 Functional tests	21
5.4 Environmental tests	31
6 Marking for identification and safe use	37
6.1 General	37
7 Accompanying documents	37
 Figures	
1 Extraneous reflection	41
2 AOPD misalignment	43
3 Analysis and tests of AOPDs – Flow chart	45
4 Test piece at 45°	47
5 Test piece at 90°	47
6 Measurement of the effective aperture angle (EAA)	49
7 Measuring method for EAA (tilt)	51
8 Measuring method for EAA (direction)	53
9 Light interference test – Direct method	55
10 Light interference test – Beam splitter method	57
11 Light interference test – Mirror and masking method	59
 Index	 61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLE –

Partie 2: Prescriptions particulières à un équipement utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
44/208/FDIS	44/212/RVD

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

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 IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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

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

FDIS	Report on voting
44/208/FDIS	44/212/RVD

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

INTRODUCTION

Un système de protection électrosensible (ESPE) est utilisé sur les machines présentant des risques d'accident pour les personnes. Il fournit une protection en mettant la machine en un état sûr avant qu'une personne puisse se trouver dans une situation dangereuse.

La présente partie de la Norme internationale CEI 61496 fournit les prescriptions générales de conception et de performance des ESPE utilisés pour une large gamme d'applications. Les caractéristiques essentielles des équipements satisfaisant aux prescriptions de la présente norme sont le niveau approprié de sécurité intrinsèque et les vérifications/auto-contrôles de fonctionnement périodiques et intégrés qui sont prescrits afin de s'assurer que ce niveau de sécurité est maintenu.

Cette partie complète ou modifie les articles correspondants de la CEI 61496-1.

Lorsqu'un article ou paragraphe particulier de la partie 1 n'est pas mentionné dans la présente partie, 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 la partie 1 doit être adapté en conséquence.

Cette norme a le statut de norme de famille de produits et peut être utilisée comme référence normative pour une norme de produit concernant la sécurité des machines.

Chaque type de machine présente ses propres risques (phénomènes dangereux) et l'objectif de la présente norme n'est pas de recommander la méthode d'application de l'ESPE à une machine particulière. Il convient que l'application de l'ESPE fasse l'objet 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 textes internationaux concernés, par exemple, l'ISO/TR 12100.

INTRODUCTION

An 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 part of International Standard IEC 61496 provides general design and performance requirements of ESPEs for use over a broad range of applications. Essential features of equipment meeting the requirements of this standard are the appropriate level of safety-related performance provided and the built-in periodic functional checks/self-checks that are specified to ensure that this level of performance is maintained.

This part supplements or modifies the corresponding clause in IEC 61496-1.

Where a particular clause or subclause of part 1 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 part 1 is to be adapted accordingly.

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

Each type of machine presents its own particular hazards and it is not the purpose of this standard 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/TR 12100.

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENT DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLE –

Partie 2: Prescriptions particulières à 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 la CEI 61496 définit les prescriptions de conception, de construction et d'essai d'équipements de protection électrosensibles (ESPE) pour la sécurité des machines, utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD) pour la fonction de détection. Une attention particulière est portée sur les éléments assurant qu'une performance appropriée relative à la sécurité est atteinte. Un ESPE peut comporter des fonctions optionnelles relatives à la sécurité; les prescriptions pour ces fonctions sont énumérées en annexe A de la partie 1.

Cette partie ne définit ni les dimensions ni la configuration de la zone de détection, ni son emplacement par rapport aux parties dangereuses dans une application quelconque, ni, enfin, ce qui constitue un état dangereux pour une machine donnée. Elle se limite au fonctionnement de l'ESPE, et à son interface avec la machine.

Cette partie n'inclut pas les AOPD utilisant des longueurs d'ondes hors de la plage de 400 nm à 1 500 nm.

Cette partie peut être applicable à 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 prescriptions supplémentaires 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.

Cette partie n'englobe pas les prescriptions relatives à l'émission concernant la compatibilité électromagnétique.

2 Références normatives

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

Référence supplémentaire:

CEI 60825-1: 1993, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur*

3 Définitions

NOTE – L'index à la fin de la présente norme énumère, par ordre alphabétique, les termes et les sigles définis à l'article 3, et indique où ils sont utilisés dans le texte.

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

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) for the safeguarding of machinery, employing active opto-electronic protective devices (AOPDs) for the sensing function. Special attention is directed to features that ensure an appropriate safety-related performance is achieved. An ESPE may include optional safety-related functions, the requirements for which are given in annex A of part 1.

This part 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 part are AOPDs employing radiation at wavelengths outside the range 400 nm to 1 500 nm.

This part may 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 may be necessary, for example when the materials that are to be recognized by the sensing function have different properties from those of persons.

This part does not deal with EMC emission requirements.

2 Normative references

This clause of part 1 is applicable except as follows:

Additional reference:

IEC 60825-1: 1993, *Safety of laser products – Part 1 – Equipment classification, requirements and user's guide*

3 Definitions

NOTE – The index at the end of this standard lists, in alphabetical order, the terms and acronyms defined in clause 3 and indicates where they are used in the text.

This clause of part 1 is applicable except as follows:

Définitions supplémentaires:

3.201 dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD): Dispositif dont la fonction de détection est effectuée par des émetteurs et récepteurs optoélectroniques détectant l'interruption de tout rayonnement optique générée, à l'intérieur du dispositif, par un objet opaque présent dans la zone spécifique de détection.

NOTE – Les AOPD opèrent soit en technique «barrage», où le faisceau lumineux traverse la zone de détection une seule fois, soit en technique «reflex», où le faisceau lumineux traverse deux fois la zone de détection.

3.202 capacité de détection d'un AOPD: Dans un dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD), dimension représentant le diamètre du cylindre opaque qui

- pour une barrière immatérielle, déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans la zone de détection,
- pour une cellule monofaisceau, déclenche le dispositif de détection lorsqu'il est placé dans le faisceau, dans l'axe du faisceau.

3.203 axe du faisceau: Dans un dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD), faisceau optique joignant le centre optique d'un émetteur au centre optique d'un récepteur, conçu pour réagir à la lumière provenant de cet émetteur en marche normale.

NOTES

- 1 L'axe optique d'une cellule monofaisceau n'est pas toujours sur l'axe du faisceau.
- 2 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).

3.204 angle d'ouverture efficace (EAA): Angle maximal de déviation par rapport à l'alignement optique du ou des émetteurs et du ou des récepteurs, au sein duquel le dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) continue de fonctionner normalement.

3.205 cellule monofaisceau: Dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) comprenant un émetteur et un récepteur, dont la zone de détection n'est pas précisée par le fournisseur.

NOTE – Un AOPD peut comprendre un ensemble de plusieurs cellules monofaisceaux.

3.206 barrière immatérielle: Dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) comprenant un ensemble intégré d'un ou plusieurs émetteurs et d'un ou plusieurs récepteurs formant une zone de détection ayant une capacité de détection, les deux étant spécifiées par le fournisseur.

3.207 éprouvette d'essai: Élément cylindrique opaque destiné à vérifier la capacité de détection de l'AOPD.

3.208 dispositif de protection: Dispositif qui déclenche l'arrêt d'une machine ou de certains de ses éléments (ou assure un retour en position sûre) quand une personne ou une partie d'une personne est détectée par le système de détection.

3.209 éprouvette d'essai du dispositif de protection: Eprouvette d'essai employée pour vérifier la capacité de détection d'un AOPD utilisé comme dispositif de protection.

Additional definitions:

3.201 active opto-electronic protective device (AOPD): A 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.

NOTE – AOPDs operate either on a through beam principle, where the light beam traverses the detection zone once, or on a retro-reflective principle, where the light beam traverses the detection zone twice.

3.202 AOPD detection capability: In an active opto-electronic protective device (AOPD), the dimension representing the diameter of the opaque cylinder which

- for a light curtain, will actuate the sensing device when placed in the detection zone,
- for a light beam device, will actuate the sensing device when placed in the beam on the axis of the beam.

3.203 beam centre-line: In an active opto-electronic protective device (AOPD), the optical path joining the optical centre of an emitting element to the optical centre of the receiving element, that is intended to respond to light from that emitting element during normal operation.

NOTES

- 1 The optical axis of a light beam is not always on the beam centre-line
- 2 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).

3.204 effective aperture angle (EAA): The maximum angle of deviation from the optical alignment of the emitting element(s) and the receiving element(s) within which the active opto-electronic protective device (AOPD) continues in normal operation.

3.205 light beam device: An active opto-electronic protective device (AOPD) comprising one emitting element and one receiving element, where a detection zone is not specified by the supplier.

NOTE – An AOPD can comprise an arrangement of more than one light beam device.

3.206 light curtain: An active opto-electronic protective device (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, both specified by the supplier.

3.207 test piece: An opaque cylindrical element used to verify the detection capability of the active opto-electronic device (AOPD).

3.208 trip device: A device which causes a machine or machine elements to stop (or ensures an otherwise non-hazardous condition) when a person or a part of a person is detected by the sensing function.

3.209 trip device test piece: A test piece used to verify the detection capability of an active opto-electronic protective device (AOPD) used as a trip device.

4 Prescriptions de fonctionnement, de conception et d'environnement

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

4.1 Prescriptions de fonctionnement

4.1.2 Fonction de détection

Remplacement:

4.1.2.1 Généralités

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

La fonction de détection d'une barrière immatérielle doit être activée lorsqu'une éprouvette conforme à 4.2.13 est placée dans la zone de détection, n'importe où, sous n'importe quel angle, en statique ou en dynamique, à des vitesses comprises entre

- 0 m/s et 2,5 m/s pour une capacité de détection de l'AOPD inférieure ou égale 40 mm,
- 0 m/s et 1,6 m/s pour une capacité de détection de l'AOPD supérieure à 40 mm.

Lorsque le fournisseur spécifie qu'une barrière immatérielle peut être employée comme dispositif de protection, le dispositif de détection doit être activé et les OSSD doivent passer à l'état INACTIF pendant au moins 100 ms, lorsqu'une éprouvette d'essai du dispositif de protection, d'un diamètre égal à la capacité de détection de l'AOPD spécifiée et d'une longueur de 150 mm, traverse la zone de détection à une vitesse de 1,6 m/s, de façon que la direction du mouvement suive l'axe du cylindre, perpendiculairement à la zone et n'importe où dans cette zone.

La fonction de détection d'une cellule monofaisceau doit être activée lorsqu'une éprouvette d'essai conforme à 4.2.13 est placée dans le faisceau, à n'importe quel point de la distance de fonctionnement, de façon que l'axe du cylindre soit perpendiculaire à l'axe du faisceau.

Lorsque le fournisseur spécifie qu'un dispositif de cellule monofaisceau peut être employé comme dispositif de protection, la fonction de détection doit être activée, et les OSSD doivent passer à l'état INACTIF pendant au moins 100 ms, lorsqu'une éprouvette d'essai du dispositif de protection, d'un diamètre égal à la capacité de détection de l'AOPD spécifiée et d'une longueur de 150 mm, traverse le faisceau à une vitesse de 1,6 m/s, de façon que la direction du mouvement suive l'axe du cylindre, perpendiculairement à l'axe du faisceau en tout point de la distance de fonctionnement.

Lorsque le fournisseur spécifie qu'un AOPD peut être employé pour détecter des objets se déplaçant à des vitesses supérieures à celles spécifiées ci-dessus, les prescriptions précédentes doivent être respectées à toutes les vitesses inférieures ou égales à la ou aux vitesses maximales spécifiées.

4.1.2.2 Prescriptions supplémentaires pour un AOPD utilisant des techniques «reflex»

Une cellule monofaisceau utilisant des techniques «reflex» doit surveiller la distance de fonctionnement entre le ou les émetteurs-récepteurs et le ou les réflecteurs avec une précision de $\pm 0,5$ m. Lorsque la distance de fonctionnement prévue est modifiée de plus de $\pm 0,5$ m, les OSSD doivent passer à l'état INACTIF et y rester.

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

The sensing function shall be effective over the detection zone or the defined signal range specified by the supplier. No adjustment of the detection zone or defined signal range shall be possible without the use of a key, key-word or tool.

The sensing device of a light curtain shall be actuated when a test piece in accordance with 4.2.13 is placed anywhere within the detection zone at any angle, either static or moving, at any speed between:

- 0 m/s and 2,5 m/s for an AOPD detection capability less than or equal to 40 mm,
- 0 m/s and 1,6 m/s for an AOPD detection capability greater than 40 mm.

Where the supplier states that a light curtain can be used as a trip device, the sensing device shall be actuated, and the OSSDs shall go to the OFF-state for at least 100 ms, when a trip device test piece, with a diameter equal to the stated AOPD detection capability and with a length of 150 mm, moves through the detection zone at a speed of 1,6 m/s, such that the direction of motion is along the axis of the cylinder and is normal to the detection zone, anywhere within the detection zone.

The sensing device of a light beam device shall be actuated when a test piece in accordance with 4.2.13 is in the beam, at any point throughout the operating distance, such that the axis of the cylinder is normal to the axis of the beam.

Where the supplier states that a light beam device can be used as a trip device, the sensing device shall be actuated, and the OSSDs shall go to the OFF-state for at least 100 ms, when a trip device test piece, with a diameter equal to the stated AOPD detection capability and with a length of 150 mm, moves through the beam at a speed of 1,6 m/s, such that the direction of movement is along the axis of the cylinder and is normal to the axis of the beam, at any point throughout the operating distance.

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 an AOPD using retro-reflective techniques

A light beam device using retro-reflective techniques shall monitor the operating distance between the emitting/receiving element(s) and the reflective element(s) to an accuracy of $\pm 0,5$ m. When the prescribed operating distance is changed by more than $\pm 0,5$ m the OSSDs shall go to and remain in the OFF-state.

La fonction de détection de la cellule monofaisceau doit être activée lorsqu'un objet réfléchissant plan d'une taille égale au diamètre et à la longueur de l'éprouvette d'essai (voir 4.2.13) est placé dans le faisceau à une distance du réflecteur supérieure à 0,5 m.

Dans des conditions normales d'utilisation, les OSSD d'un ESPE de type 4 employant un AOPD utilisant des techniques «reflex» doivent passer à l'état INACTIF et y rester lorsqu'un réflecteur identique est placé en contact avec la surface de détection du ou des émetteurs-récepteurs.

Le dispositif de détection de l'AOPD doit être activé

- lorsqu'un élément cylindrique hautement réfléchissant de taille et de forme identiques à celles de l'éprouvette d'essai est placé n'importe où dans la zone de détection, et
- lorsqu'un élément plan hautement réfléchissant d'une taille égale au diamètre et à la longueur de l'éprouvette d'essai est placé perpendiculairement à l'axe ou aux axes optiques, n'importe où dans la zone de détection.

Les surfaces hautement réfléchissantes considérées doivent être constituées d'un réflecteur de type miroir ayant un facteur de réflexion supérieur ou égal à 90 % aux longueurs d'ondes de fonctionnement, par exemple surface chromée polie ou aluminium poli.

4.2 Prescriptions de conception

4.2.2 Prescriptions de détection des défauts

4.2.2.3 Exigences particulières pour un ESPE de type 2

Remplacement du premier paragraphe:

Un ESPE de type 2 doit disposer d'un moyen de contrôle périodique afin de révéler une défaillance dangereuse (par exemple perte de la capacité de détection d'AOPD du dispositif de détection, temps de réponse dépassant le temps spécifié). Le signal d'essai doit simuler la manoeuvre du dispositif de détection, et la durée de l'essai périodique ne doit pas dépasser 150 ms. L'essai doit vérifier que chaque faisceau fonctionne conformément aux spécifications du fournisseur. Lorsque le contrôle périodique est lancé par un système externe (par exemple machine), relatif à la sécurité, l'ESPE doit être muni de dispositifs appropriés d'entrée de signal (par exemple des bornes).

Prescriptions de conception supplémentaires:

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 demeure inférieure ou égale à la valeur spécifiée par le fournisseur lorsque l'AOPD fonctionne dans l'une quelconque des conditions suivantes ou leurs combinaisons:

- conditions spécifiées par le fournisseur;
- conditions d'environnement spécifiées en 4.3 (parties 1 et 2);
- limites d'alignement et/ou d'ajustement.

Si un défaut unique (suivant l'annexe B de la partie 1), qui dans des conditions normales d'utilisation (voir 5.1.2.1 de la partie 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 à 4.2.2.

The sensing device of the light beam device shall be actuated when a retro-reflective plane object of a size equal to the diameter and length of the test piece (see 4.2.13) is placed in the beam at any position greater than 0,5 m from the reflective element.

Under normal operating conditions the OSSDs of a type 4 ESPE employing an AOPD using retro-reflective techniques shall go to and remain in the OFF-state when an identical reflector is placed in contact with the sensing surface of the emitting/receiving element(s).

The sensing device of the AOPD shall be actuated

- when a highly reflective cylindrical object of a size and shape equal to those of the test piece is placed anywhere within the detection zone, and
- when a highly reflective plane object of a size equal to the diameter and length of the test piece is placed normal to the optical axis(es) anywhere within the detection zone.

The highly reflective surfaces considered shall consist of 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.

4.2 Design requirements

4.2.2 Fault detection requirements

4.2.2.3 Particular requirements for a type 2 ESPE

Replacement of first paragraph:

A type 2 ESPE shall have a means of periodic test to reveal a failure to danger (for example loss of sensing unit detection capability, response time exceeding that specified). The test signal shall simulate the actuation of the sensing device, and the duration of the periodic test shall not exceed 150 ms. The test shall verify that each light beam operates in the manner specified by the supplier. Where the periodic test is intended to be initiated by an external (for example machine) safety-related control system, the ESPE shall be provided with suitable input facilities (for example terminals).

Additional design requirements:

4.2.12 Integrity of the AOPD detection capability

The design of the AOPD shall be such that the AOPD detection capability remains less than or equal to 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;
- environmental conditions specified in 4.3 (parts 1 and 2);
- at the limits of alignment and/or adjustment.

If a single fault (as specified in annex B of part 1), which under normal operating conditions (see 5.1.2.1 of part 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.

4.2.13 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai doit être cylindrique et opaque, et d'une longueur efficace minimale de 200 mm. Le diamètre de l'éprouvette d'essai ne doit pas dépasser la capacité de détection de l'AOPD spécifiée par le fournisseur.

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

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

La vérification se fera par inspection.

4.2.14 Réflexions parasites et désalignement

4.2.14.1 Réflexions parasites

Lorsque l'ESPE est aligné conformément aux spécifications du fournisseur, l'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse lorsqu'une ou des surfaces réfléchissantes se trouvent placées dans une des positions détaillées à la figure 1. Cette prescription doit s'appliquer à chaque faisceau, dans toutes les autres conditions spécifiées par le fournisseur.

NOTE – Cette prescription est destinée à éviter qu'un système présente une défaillance dangereuse en présence de surfaces réfléchissantes adjacentes à la zone de détection ou dues à un désalignement pendant l'installation.

4.2.14.2 Désalignement

Le ou les OSSD doivent être à l'état INACTIF lorsque les désalignements sont supérieurs aux angles décrits à la figure 2 et indiqués au tableau 1 pour un ESPE de type 2, et au tableau 2 pour un ESPE de type 4.

Tableau 1 – Angle maximal de désalignement autorisé (en degrés) pour un ESPE de type 2 en fonction des dimensions de la barrière immatérielle

Plage de fonctionnement de la barrière immatérielle (dimension longitudinale) m	Distance entre les axes des faisceaux extrêmes (dimension latérale) mm									
	300	450	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 800
	Angle maximal de désalignement autorisé degrés									
Jusqu'à 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

4.2.13 Test piece

The test piece shall be cylindrical and opaque, with a minimum effective length of 200 mm. The diameter of the test piece shall not exceed the AOPD detection capability stated by the supplier.

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.

Verification shall be by inspection.

4.2.14 Extraneous reflections and misalignment

4.2.14.1 Extraneous reflections

With the ESPE aligned in accordance with the supplier's specification, the ESPE shall not fail to danger when a reflective surface(s) is placed in any of the positions detailed in figure 1. This requirement shall apply for each beam, under all other conditions within the supplier's specification.

NOTE – This requirement is intended to prevent systems failing to danger in the presence of reflective surfaces adjacent to the detection zone or due to misalignment during installation.

4.2.14.2 Misalignment

The OSSD(s) shall be in the OFF-state for misalignments that are in excess of the angles shown in figure 2 and given in table 1 for a type 2 ESPE and in table 2 for a type 4 ESPE.

Table 1 – 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 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

Tableau 2 – Angle maximal de désalignement autorisé (en degrés) pour un ESPE de type 4 en fonction des dimensions de la barrière immatérielle

Plage de fonctionnement de la barrière immatérielle (dimension longitudinale) m	Distance entre les axes des faisceaux extrêmes (dimension latérale) mm									
	300	450	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500	1 800
	Angle maximal de désalignement autorisé degrés									
Jusqu'à 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

4.2.14.3 Vérification

Ces prescriptions doivent être vérifiées en satisfaisant soit aux prescriptions et essais de 5.2.9.2, soit aux essais de 5.2.9.3 et 5.2.9.4, en utilisant la procédure de sélection donnée à la figure 3.

4.2.15 Longueur d'onde

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

4.2.16 Intensité du rayonnement

L'intensité du rayonnement généré et émis par l'AOPD ne doit jamais dépasser les niveaux maximaux de puissance ou d'énergie d'un laser de classe 1 conformément à 9.3, 9.4 et au tableau 1 de la CEI 60825-1.

4.3 Prescriptions relatives aux conditions ambiantes

Addition:

4.3.5 Interférence lumineuse

L'ESPE doit continuer à fonctionner normalement lorsqu'il est soumis à

- une lumière incandescente,
- une lumière fluorescente à alimentation électronique de haute fréquence.

L'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse lorsqu'il est soumis à

- une lumière incandescente de haute intensité (lampe à quartz simulant la lumière du jour),
- une lumière stroboscopique,
- pour un ESPE de type 4, des rayonnements provenant d'un émetteur de conception identique.

Table 2 – 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 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

4.2.14.3 Verification

These requirements shall be verified using the selection procedure given in figure 3, i.e. by satisfying either the requirements and tests in 5.2.9.2, or the tests in accordance with 5.2.9.3 and 5.2.9.4.

4.2.15 Wavelength

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

4.2.16 Radiation intensity

The radiation intensity generated and emitted by the AOPD shall at no time exceed the maximum power or energy levels for a class 1 laser in accordance with 9.3, 9.4 and table 1 of IEC 60825-1.

4.3 Environmental requirements

Addition:

4.3.5 Light interference

The ESPE shall continue in normal operation when subjected to

- incandescent light,
- fluorescent light operated with high-frequency electronic power supply.

The ESPE shall not fail to danger when subjected to

- high-intensity incandescent light (simulated daylight using a quartz lamp),
- stroboscopic light,
- for a type 4 ESPE, radiation from an emitting element of identical design.

Ces prescriptions doivent être satisfaites quand l'ESPE est conforme aux essais de 5.4.6.

NOTES

- 1 Aucune prescription n'est incluse concernant les effets du rayonnement provenant de dispositifs de commande à distance à infrarouge, par exemple ceux utilisés pour les commande de grues.
- 2 Des mesures de sécurité supplémentaires peuvent être nécessaires pour d'autres formes de rayonnement lumineux pouvant se présenter dans une application particulière, afin de garantir que le système ne présente pas de défaillance dangereuse, par exemple rayonnements provenant d'éclats de soudure.

5 Essais

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

5.1 Généralités

5.1.1 Essais de type

5.1.1.2 Condition de fonctionnement

Addition:

Pour ces essais, le plan de la zone de détection de la barrière immatérielle peut être préféré soit vertical soit horizontal, selon l'essai.

5.1.2 Conditions d'essai

5.1.2.2 Précision de mesure

Addition au premier paragraphe:

- pour la précision angulaire: $\pm 0,1^\circ$

5.2 Essais de fonctionnement

5.2.1 Fonction de détection et capacité de détection

Remplacement.

5.2.1.1 Fonction de détection

Il faut vérifier que le dispositif de détection est activé et, selon les cas, que le ou les OSSD passent à l'état INACTIF, comme décrit ci-dessous, 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 d'essai dans la zone de détection à travers les faisceaux à un angle de 45° et à un angle de 90° (voir figures 4 et 5) à chacune des extrémités de la zone de détection et à mi-chemin entre celles-ci;
- en plaçant l'éprouvette d'essai 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;

These requirements shall be met when the ESPE conforms to the tests in 5.4.6.

NOTES

- 1 No requirements are included for the effects of radiation from infrared remote control devices, for example those used on crane controls.
- 2 Additional safety measures may be necessary for other forms of light radiation which may be present in a particular application to ensure that the system does not fail to danger, for example radiation from weld spatter.

5 Testing

This clause of part 1 is applicable except as follows:

5.1 General

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.

5.1.2 Test conditions

5.1.2.2 Measurement accuracy

Addition to first paragraph:

- for angular measurement: $\pm 0,1^\circ$.

5.2 Functional tests

5.2.1 Sensing function and detection capability

Replacement:

5.2.1.1 Sensing function

It shall be verified that the sensing device is actuated and, where appropriate, that the OSSD(s) go to the OFF-state as described below, 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 figures 4 and 5) at each end of the detection zone and midway between the ends;
- by placing the test piece in the detection zone, stationary, at any positions and/or angles considered critical as a result of the analysis in 5.2.1.2;

- en déplaçant l'éprouvette d'essai dans la zone de détection, à travers les faisceaux à la vitesse maximale dans les limites spécifiées en 4.1.2.1, et à toute autre vitesse, dans ces limites, considérée comme critique par suite de l'analyse selon 5.2.1.2;
- lorsque le fournisseur spécifie que la barrière immatérielle peut être utilisée comme dispositif de protection, en déplaçant l'éprouvette d'essai du dispositif de protection à travers la zone de détection à 1,6 m/s de façon que la direction du mouvement et l'axe de l'éprouvette soient perpendiculaires au plan de détection, à chaque coin de la zone de détection et en toute autre position considérée comme critique par suite de l'analyse selon 5.2.1.2.

Pour une cellule monofaisceau:

- en plaçant l'éprouvette d'essai dans le faisceau à chaque extrémité de celui-ci et à mi-chemin sur son axe de façon que l'axe de l'éprouvette d'essai soit perpendiculaire à l'axe du faisceau;
- lorsque le fournisseur spécifie que la cellule monofaisceau peut être utilisée comme dispositif de protection, en déplaçant l'éprouvette d'essai du dispositif de protection à travers le faisceau à une vitesse de 1,6 m/s de façon que la direction du mouvement et l'axe de l'éprouvette d'essai 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.

Les essais ci-dessus doivent être effectués avec l'AOPD fonctionnant à la distance de fonctionnement minimale spécifiée ou à 0,5 m, si de minimum est inférieur à 0,5 m, et à la distance de fonctionnement maximale spécifiée.

5.2.1.2 Intégrité de la capacité de détection de l'AOPD

On doit vérifier que la capacité de détection de l'AOPD est maintenue ou que l'ESPE ne subit 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 4.2.12 ainsi que les défauts spécifiés en 5.3.

NOTE – Dans les cas où il est établi que la capacité de détection de l'AOPD est réalisée par une géométrie optique basée sur la coupure d'au moins un faisceau lumineux n'importe où dans la zone de détection, une analyse et des essais plus poussés peuvent être inutiles.

Les résultats de l'analyse systématique doivent identifier quels essais de 5.4 nécessitent, en complément, une mesure du temps de réponse.

5.2.1.3 Essais supplémentaires pour un AOPD utilisant des techniques «reflex»

Pour une cellule monofaisceau utilisant des techniques «reflex», le ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF lorsque le réflecteur est déplacé depuis sa position normale d'une distance inférieure ou égale à 0,5 m suivant l'axe optique dans l'une ou l'autre direction, et doivent y rester même si le déplacement se poursuit.

La manœuvre du dispositif de détection doit être vérifiée lorsqu'un réflecteur plan de taille égale au diamètre et à la longueur de l'éprouvette d'essai est placé sur l'axe optique de la cellule monofaisceau, perpendiculairement à cet axe optique et à une distance de 0,55 m du réflecteur.

Pour une barrière immatérielle utilisant des techniques «reflex», le ou les OSSDs d'un ESPE de type 4 doivent passer à l'état INACTIF lorsqu'un réflecteur identique est placé en contact avec la surface de détection de l'émetteur-récepteur ou des émetteurs-récepteurs.

- 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;
- where the supplier states that the light curtain can be used as a trip device, by moving the trip device test piece through the detection zone at 1,6 m/s such that the direction of movement and the axis of the trip device 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.

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;
- where the supplier states that the light beam device can be used as a trip device, by moving the trip device test piece through the beam at 1,6 m/s such that the direction of movement and the axis of the trip device 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.

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.

5.2.1.2 *Integrity of the AOPD detection capability*

It shall be verified that the AOPD detection capability is 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 and 4.2.12, and the faults specified in 5.3.

NOTE – In cases where it is established that the AOPD detection capability is achieved by optical geometry based on the complete obscuration of at least one light beam anywhere within the detection zone, further analysis and testing may not be necessary.

The results of the systematic analysis shall identify which tests in 5.4 require, in addition, a measurement of the response time.

5.2.1.3 *Additional tests for an AOPD using retro-reflective techniques*

For a light beam device using retro-reflective techniques, the OSSD(s) shall go to the OFF-state when the retro-reflector is moved from its prescribed position by a distance smaller than or equal to 0,5 m along the optical axis in either direction, and shall remain in that state for further movement from its prescribed position.

It shall be verified that the sensing device is actuated when a retro-reflective plane object of a size equal to the diameter and length of the test piece is placed on and normal to the optical axis of the light beam device at a distance of 0,55 m from the retro-reflective surface.

For a light curtain using retro-reflective techniques, the OSSD(s) of a type 4 ESPE shall go to the OFF-state when an identical reflector is placed in contact with the sensing surface of the emitting/receiving element(s).

La manœuvre du système de détection doit être vérifiée lorsque:

- 1) un objet cylindrique hautement réfléchissant d'une taille égale à celle de l'éprouvette d'essai est placé n'importe où dans la zone de détection d'une barrière immatérielle ou dans le faisceau d'une cellule monofaisceau, et
- 2) un objet plan hautement réfléchissant d'une taille égale au diamètre et à la longueur de l'éprouvette d'essai est inséré, n'importe où dans la zone de détection d'une barrière immatérielle ou dans le faisceau d'une cellule monofaisceau, perpendiculairement à l'axe optique.

Essais de fonctionnement supplémentaires:

5.2.9 Réflexions parasites et désalignement

5.2.9.1 Analyse du système électro-optique et sélection de la méthode d'essai

5.2.9.1.1 Analyse

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

- 1) les axes optiques relatifs et absolus des émetteurs et des récepteurs,
- 2) les intensités/sensibilités relatives des émetteurs et des récepteurs dans toutes les directions hors de l'axe,
- 3) la confirmation de toutes les techniques de filtrage employées et leurs caractéristiques,
- 4) les critères employés pour déterminer le statut de la fonction de détection,
- 5) la sensibilité relative des faisceaux dans les dispositifs multifaisceaux,
- 6) les limites de désalignement, conformément à la figure 2 et aux tableaux 1 et 2 (voir 4.2.14.2), dans lesquelles le fonctionnement reste normal dans la plage des conditions autorisées par le fournisseur,
- 7) les tolérances des paramètres cités ci-dessus,
- 8) toute autre information démontrée pertinente par l'analyse,
- 9) l'incidence des défauts non détectés, conformément à 4.2.2, sur les caractéristiques électro-optiques.

Les résultats de cette analyse doivent être vérifiés par des essais pratiques appropriés.

NOTE – Ces essais peuvent être exécutés en utilisant, par exemple:

- une caméra vidéo fonctionnant à la longueur d'onde émise,
- des émetteurs supplémentaires ou de substitution,
- des récepteurs supplémentaires ou de substitution,
- des filtres de densité neutre,
- des filtres supplémentaires ou de substitution,
- selon les cas, des filtres supplémentaires ayant d'autres caractéristiques particulières.

Les résultats de cette analyse doivent être employés pour déterminer si les prescriptions de 4.2.14 peuvent être respectées.

Si les prescriptions de 4.2.14 peuvent être respectées, les résultats de l'analyse doivent être alors utilisés pour déterminer si la méthode d'essai de l'EAA convient pour la vérification (voir figure 3).

It shall be verified that the sensing device is actuated when

- 1) a highly reflective cylindrical object of a size equal to that of the test piece is placed anywhere within the detection zone of a light curtain or in the beam of a light beam device, and
- 2) a highly reflective plane object of a size equal to the diameter and length of the test piece is inserted, anywhere within the detection zone of a light curtain or in the beam of a light beam device, normal to the optical axis.

Additional functional tests:

5.2.9 Extraneous reflections and misalignment

5.2.9.1 Analysis of the electro-optical system and selection of test method

5.2.9.1.1 Analysis

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

- 1) the absolute and relative optical axes of the emitting and receiving elements,
- 2) the relative intensity/sensitivity off-axis in all directions of the emitting and receiving elements,
- 3) confirmation of any filtering techniques employed and their characteristics,
- 4) the criteria used to determine the status of the sensing function,
- 5) the relative sensitivity of the beams in the multibeam devices,
- 6) the limits of the misalignment, in accordance with figure 2 and tables 1 and 2 (see 4.2.14.2), under which normal operation continues for the range of operating conditions permitted by the supplier,
- 7) the tolerances in the above parameters,
- 8) any other information shown to be relevant by the analysis,
- 9) the effect of undetected faults, in accordance with 4.2.2, on the electro-optical characteristics.

The results of this analysis shall be verified by appropriate practical tests.

NOTE – These tests can be carried out using, for example:

- a video camera with response at the emitted wavelength,
- additional or substitute emitting elements,
- additional or substitute receiving elements,
- neutral density filters,
- additional or substitute filters,
- additional filters having other particular characteristics, as required.

The results of this analysis shall be used to determine if the requirements of 4.2.14 can be met.

If the requirements of 4.2.14 can be met, then the results of the analysis shall be used to determine if the EAA test method is appropriate for the verification (see figure 3).

5.2.9.1.2 Sélection de la méthode d'essai en utilisant la figure 3

La méthode d'essai l'EAA (voir 5.2.9.2) est appropriée quand l'AOPD est conçu et assemblé (dans les tolérances de fabrication normales atteignables commercialement) de façon à ce qu'il ait une symétrie optique de son plan de détection et/ou de son ou ses axes de faisceau, et qu'il emploie des émetteurs ou récepteurs de conception et de paramètres optiques identiques.

Les facteurs à prendre en compte sont

- l'intensité dans l'axe du faisceau et hors de cet axe,
- la sensibilité dans l'axe du faisceau et hors de cet axe,
- 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).

Si ces conditions ne sont pas remplies, les essais de 5.2.9.3 et 5.2.9.4 doivent être utilisés pour la vérification.

5.2.9.2 Méthode d'essai de l'angle efficace d'ouverture (EAA)

Pour l'AOPD d'un ESPE de type 2, l'EAA de chaque faisceau ne doit pas dépasser 5° par rapport à l'axe optique pour des distances supérieures à 3 m entre émetteurs et récepteurs, ou entre l'émetteur-récepteur et le réflecteur. Pour des distances comprises entre 0,5 m et 3,0 m inclus, l'EAA de chaque faisceau ne doit pas dépasser la valeur donnée à la figure 6.

Pour l'AOPD d'un ESPE de type 4, l'EAA de chaque faisceau ne doit pas dépasser 2,5° par rapport à l'axe optique pour des distances supérieures à 3 m entre émetteurs et récepteurs, ou entre l'émetteur-récepteur et le réflecteur. Pour des distances comprises entre 0,5 m et 3,0 m inclus, l'EAA de chaque faisceau ne doit pas dépasser la valeur donnée à la figure 6.

La passage de l'AOPD de l'état ACTIF à l'état INACTIF et retour à l'état ACTIF alors que les axes optiques de l'élément émetteur et de l'élément récepteur ou de l'élément émetteur-récepteur et du réflecteur sont tournés hors de l'alignement optique, définit les limites de l'EAA de ces éléments qui doit être déterminé par les essais suivants (voir figures 7 et 8).

Avec un émetteur ou un émetteur-récepteur, en alignement optique avec un récepteur ou avec un réflecteur, l'angle de désalignement du récepteur ou du réflecteur doit être mesuré. Avec un récepteur ou un réflecteur, 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 mesures doivent être réalisées de la façon suivante.

L'EAA doit être déterminé par rotation de l'ensemble d'un angle de 90° par rapport à la position d'alignement. Le ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF. L'ensemble doit alors être tourné à nouveau vers la position d'alignement jusqu'à ce que cette position soit atteinte et que l'OSSD repasse à l'état ACTIF. L'angle entre cette position et la position d'alignement est l'EAA.

NOTE 1 – Des lobes secondaires sont détectés quand le ou les OSSD font plus d'une transition entre l'état INACTIF et l'état ACTIF durant la rotation entre la position à 90° et la position à 0°.

Les essais doivent être exécutés pour les directions de rotation donnés aux figures 7 et 8, aux distances de fonctionnement spécifiées à la figure 6. Dans les cas où la distance de fonctionnement minimale spécifiée est supérieure à 3 m, des essais similaires doivent être effectués pour déterminer l'EAA à la distance de fonctionnement minimale (voir figure 6).

NOTE 2 – Pour un AOPD spécifié par le fournisseur pour fonctionner à de grandes distances, des essais peuvent être effectués avec des filtres de densité neutre sur de courtes distances, lorsqu'il est démontrable que les résultats obtenus correspondent à ceux qui seraient obtenus à la distance de fonctionnement spécifiée.

5.2.9.1.2 Selection of test method using figure 3

The EAA test method (see 5.2.9.2) is appropriate when the AOPD is designed and assembled (within normal commercially achievable manufacturing tolerances) to achieve optical symmetry about the plane of detection and/or beam centre-line(s), and employs transmitting and receiving elements of an identical design with similar optical parameters.

Factors that shall be taken into account are

- on and off beam axis intensity,
- on and off axis sensitivity,
- beam direction and orientation between similar elements (i.e. between one emitting arrangement and another, or between one receiving arrangement and another).

If these conditions are not met, the tests of 5.2.9.3 and 5.2.9.4 shall be used for verification.

5.2.9.2 Effective aperture angle (EAA) test method

For the AOPD of a type 2 ESPE, the EAA of each beam shall not exceed 5° from the optical axis for distances in excess of 3 m between the emitting elements and the receiving elements, or between the emitter/receiver element and the retro-reflector. For distances from 0,5 m up to and including 3,0 m, the EAA of each beam shall not exceed the value given in figure 6.

For the AOPD of a type 4 ESPE, the EAA of each beam shall not exceed $2,5^\circ$ from the optical axis for distances in excess of 3 m between the emitting elements and the receiving elements, or between the emitter/receiver element and the retro-reflector. For distances from 0,5 m up to and including 3,0 m, the EAA of each beam shall not exceed the value given in figure 6.

The switching of the AOPD from the ON-state to the OFF-state and back to the ON-state as the optical axes of the emitter assembly and receiver assembly or of the emitter/receiver assembly and the retro-reflector, are rotated out of optical alignment, defines the limits of the EAA of those elements which shall be determined by the following tests (see figures 7 and 8).

With an emitter assembly or an emitter/receiver assembly, fixed in optical alignment with a receiver assembly or a retro-reflector, the angle of misalignment of the receiver assembly or the retro-reflector shall be measured. With a receiver assembly or retro-reflector, 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 in the following manner.

The EAA shall be determined by rotating the assembly from the aligned position by an angle of 90° . The OSSD(s) shall go to the OFF-state. The assembly shall then be rotated back towards the aligned position until the position is reached at which the OSSD(s) goes to the ON-state. The angle between this position and the aligned position is the EAA.

NOTE 1 – Side lobes are detected when the OSSD(s) make more than one transition between the OFF-state and the ON-state during rotation between the 90° position and the 0° position.

The tests shall be carried out for the directions of rotation given in figures 7 and 8, at the operating distances specified in figure 6. 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).

NOTE 2 – For an AOPD specified by the manufacturer to operate over long distances, tests may be carried out using neutral density filters over shorter distances, when it can be shown that the results obtained would correspond with those results obtained at the specified operating distance.

NOTE 3 – L'EAA mesuré sur une barrière immatérielle ou sur un AOPD comprenant un ensemble de plusieurs cellules monofaisceaux est celui du ou des faisceaux ayant l'EAA le plus petit. Des différences entre les caractéristiques des faisceaux ou des récepteurs et/ou des différences dans leurs orientations peuvent rendre l'EAA mesuré non représentatif en ce qui concerne la réflexion parasite. Il convient de réaliser des essais supplémentaires s'il y a doute sur la conformité à 4.2.14.

Si des essais supplémentaires sont nécessaires (voir figure 3), tout ou partie des essais de 5.2.9.3 et 5.2.9.4 doivent être utilisés pour écarter toute incertitude concernant la conformité à 4.2.14.

NOTE 4 – Une attention particulière sera prêtée aux modèles pour lesquels la section du faisceau (pour un émetteur) ou la section du cône de réception (pour un récepteur) a été conçue pour être de forme ovale, elliptique, oblongue ou de toute autre forme allongée dans un axe qui n'est ni horizontal ni vertical.

5.2.9.3 Réflexions parasites

L'AOPD doit être en alignement avec tous les axes à 0,1° maximum de l'alignement optimal spécifié par le fournisseur, c'est-à-dire au centre de la plage spécifiée.

Lorsque le réflecteur est placé, successivement, à toutes les positions indiquées à la figure 1, et qu'il est incliné de telle manière que la transmission de lumière de l'émetteur au récepteur soit maximale, un essai C doit être effectué. Le réflecteur doit avoir une surface plane de dimensions 50 mm sur 50 mm et un coefficient de réflexion d'au moins 0,95 à la longueur d'onde utilisée.

Un essai doit être effectué à chacune des distances de fonctionnement suivantes: 0,5 m, 0,75 m, 1,5 m et 3,0 m, si elles sont dans les limites des distances de fonctionnement spécifiées par le fournisseur. Lorsque la distance de fonctionnement minimale spécifiée est supérieure à 3,0 m, un essai doit être effectué à cette distance minimale.

Un essai doit être effectué à chaque position de chaque axe de faisceau, sauf lorsqu'il peut être démontré par l'analyse décrite en 5.2.9.1 que les résultats de l'essai peuvent être prévus de façon précise (par exemple pour les faisceaux d'une cellule multifaisceau ayant des caractéristiques équilibrées). Lorsque l'analyse démontre que le nombre d'essais peut être réduit, les essais doivent être effectués (au minimum) à chaque distance de fonctionnement, à chaque position applicable du réflecteur, pour deux axes de faisceaux d'une cellule multifaisceau ou d'un AOPD à faisceau mobile. Au moins un axe de faisceau doit être essayé avec le nombre maximal de positions d'essai du réflecteur (par exemple un axe de faisceau à une extrémité pour une barrière immatérielle rectangulaire).

Des essais doivent également être effectués aux positions d'essai du réflecteur avec les valeurs de c et de d les plus grandes du tableau de la figure 1, lorsque ces essais sont considérés comme critiques après analyse selon 5.2.9.1.

Lorsque l'on exécute les essais C, le parcours de la lumière directe entre l'émetteur et le récepteur doit être entièrement coupé par l'éprouvette d'essai; en revanche le parcours de la lumière indirecte via le réflecteur ne doit pas être du tout obstrué.

NOTE – Aux faibles distances de fonctionnement, bien positionner le réflecteur devient critique.

Les techniques décrites en 5.2.9.2 doivent être utilisées pour détecter la présence de lobes secondaires sur l'émetteur ou sur le récepteur. Quand des lobes secondaires sont détectés, des essais supplémentaires doivent être effectués avec le réflecteur dans les positions appropriées et si nécessaire, en provoquant un désalignement des parties du système pour s'assurer que la présence de ces lobes secondaires n'empêche pas le système d'être conforme aux prescriptions de 4.2.14.

NOTE 3 – The EAA measured on a light curtain, or on an AOPD comprising an arrangement of more than one light beam device, is that of the beam(s) having the smallest EAA. Differences between individual beam or receiving element characteristics and/or differences in their orientations make the measured EAA unrepresentative of the extraneous reflection performance. Supplementary tests should be carried out where doubt exists as to whether 4.2.14 is satisfied.

When supplementary tests are necessary (see figure 3), all or part of the tests in 5.2.9.3 and 5.2.9.4 shall be applied to remove any uncertainty as to whether the requirements of 4.2.14 are met.

NOTE 4 – 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 oval, elliptical, oblong or otherwise elongated in a direction which is neither horizontal nor vertical.

5.2.9.3 *Extraneous reflections*

The AOPD shall be aligned in all axes to within $0,1^\circ$ of the optimum alignment specified by the supplier, i.e. at the midpoint of the specified range.

With the reflector placed, in turn, at each of the positions indicated in figure 1 and so inclined as to achieve the maximum transmission of light from the emitter to the receiver, a C-test shall be carried out. The reflector shall have a flat surface of dimensions 50 mm by 50 mm, having a minimum reflectance of 0,95 at the emitted wavelength.

A 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 is within the operating distance specified by the supplier. Where the minimum specified operating distance exceeds 3,0 m, a test shall be carried out at the minimum operating distance.

A test shall be carried out at each position for each beam centre-line, except where it can be shown by the analysis carried out in 5.2.9.1 that the test results can be accurately predicted (for example, for beams in a multibeam system having matched characteristics). Where the analysis indicates that the number of tests can be reduced, tests shall be carried out (as a minimum) at each operating distance, at each applicable reflector position for two beam centre-lines of a multibeam or moving beam AOPD. At least one beam centre-line having the maximum number of reflector test positions shall be tested (for example, an outermost beam centre-line of a rectangular light curtain).

Tests shall also be carried out at reflector test positions with greater values of c and d in the table of figure 1, when considered critical as a result of the analysis in 5.2.9.1.

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 reflector shall not have any part of its cross-section obstructed.

NOTE – At short operating ranges, positioning of the test piece is critical.

The techniques described in 5.2.9.2 shall be used to detect the presence of side lobes on the emitter or receiver. Where side lobes are detected, additional testing shall be carried out with the reflector in appropriate positions and, if necessary, with the units misaligned to ensure that the side lobes do not prevent the requirements of 4.2.14 from being met.

5.2.9.4 Désalignement

L'AOPD doit être aligné optiquement conformément aux instructions du fournisseur et les OSSD doivent être en état ACTIF.

Conformément à la figure 2, l'angle de désalignement doit être augmenté depuis 0° jusqu'à l'angle auquel le ou les OSSD basculent à l'état INACTIF et y restent. Cela doit se produire à un angle n'excédant pas celui donné aux tableaux 1 et 2, suivant le cas. L'angle doit alors être augmenté progressivement jusqu'à 180° et, pendant ce temps, le ou les OSSD doivent rester à l'état INACTIF. Lorsque γ (voir figure 2) est supérieur à 160°, il n'est pas nécessaire d'effectuer l'essai.

5.2.10 Longueur d'onde

La longueur d'onde transmise doit être vérifiée soit par inspection des spécifications écrites de l'élément ou par mesure.

5.2.11 Intensité de rayonnement

L'intensité de rayonnement doit être vérifiée par mesure conformément à la CEI 60825-1 et à la déclaration du fournisseur.

5.4 Essais d'environnement

Essais d'environnement supplémentaires:

5.4.6 Interférence lumineuse

5.4.6.1 Généralité

Chaque essai doit être exécuté aux distances de fonctionnement minimale et maximale de l'AOPD qui sont spécifiées par le fournisseur, et dans les conditions spécifiées comme prescription minimale. Des essais supplémentaires doivent être effectués dans différentes combinaisons de distances de fonctionnement et de conditions d'environnement lorsque

- le fournisseur indique des niveaux d'immunité supérieurs, qui doivent être vérifiés par des essais effectués à ces niveaux avec des sources de lumière appropriées et/ou
- l'analyse effectuée en 5.2.1.2 ou 5.2.9.1 montre que de tels essais sont nécessaires.

Pendant les essais B et C, l'éprouvette d'essai doit être introduite dans la zone de détection de telle façon que la lumière interférente ne soit pas interrompue.

Lors des essais décrits en 5.4.6.4, 5.4.6.5 et 5.4.6.6, la lumière interférente doit être dirigée le long de l'axe optique du ou des récepteurs. La configuration d'essai utilisée doit être compatible avec les caractéristiques de l'AOPD en essai, selon ce qui a été défini par l'analyse de 5.2.9.1 et 5.2.9.2, et selon toute analyse et caractérisation complémentaire qui s'avère nécessaire.

NOTES

- 1 De par la diversité des modèles, aucune configuration d'essai ne peut être satisfaisante pour tous les types d'AOPD. Trois exemples de configurations possibles sont présentés aux figures 9, 10 et 11, et certains de leurs avantages et inconvénients sont indiqués.
- 2 Pendant les essais, la portée de fonctionnement maximale peut être simulée par des filtres de densité, comme indiqué aux figures 9, 10 et 11, à condition que les résultats ne soient pas modifiés.
- 3 L'usage de filtres de densité pour les essais de 5.4.6 peut empêcher d'atteindre les angles sélectionnés si le ou les récepteurs ont une faible ouverture. Dans de tels cas, les filtres de densité ne seront pas utilisés.

5.2.9.4 Misalignment

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 2, the angle of misalignment shall be increased from 0° to the angle at which the OSSD(s) go to and remain in the OFF-state. That shall occur at an angle not exceeding that given in table 1 or table 2, 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 2) is greater than 160°, this test need not be carried out.

5.2.10 Wavelength

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

5.2.11 Radiation intensity

The radiation intensity shall be verified by measurement in accordance with IEC 60825-1 and inspection of the supplier's declaration.

5.4 Environmental tests

Additional environmental tests:

5.4.6 Light interference

5.4.6.1 General

Each test shall be carried out at the minimum and maximum operating distances of the AOPD 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 or 5.2.9.1 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.

The tests in 5.4.6.4, 5.4.6.5 and 5.4.6.6 require that the interfering light be directed along the optical axis of a receiving element(s). The test arrangement used shall be compatible with the characteristics of the AOPD under test, as determined by the analysis of 5.2.9.1 and 5.2.9.2, and any further analysis and characterization which prove to be necessary.

NOTES

- 1 As a result of the diversity of designs, no single test arrangement is suitable for all types of AOPD. Three examples of test configuration are shown in figures 9, 10 and 11, and some advantages and drawbacks are indicated.
- 2 During the tests, maximum range operation may be simulated by density filters, as is shown in figures 9, 10 and 11, providing that results are not affected.
- 3 The use of density filters for the tests of 5.4.6 may prevent the selected angles from being achieved if the receiving element(s) has a narrow acceptance. In such cases, density filters may not be used.

La configuration d'essai ne doit pas modifier les caractéristiques de la lumière atteignant le récepteur de l'AOPD d'une façon quelconque pouvant affecter le fonctionnement de l'AOPD. Lorsque des réflecteurs, des miroirs, des filtres, des diviseurs de faisceau, des fenêtres, etc. sont employés, il faut vérifier que toute altération des caractéristiques de la lumière (par exemple diffusion spectrale, polarisation) n'a pas d'effet significatif.

5.4.6.2 Sources de lumière

Les sources de lumière doivent être comme suit:

a) **Source de lumière incandescente:** une lampe halogène (quartz) à filament en tungstène linéaire avec les caractéristiques suivantes:

- température de couleur: 3 000 K à 3 200 K;
- puissance d'entrée assignée: 500 W à 1 kW;
- tension assignée: toute valeur de la plage 100 V ... 250 V;
- tension d'alimentation: tension assignée $\pm 2\%$, courant alternatif sinusoïdal de 48 Hz à 62 Hz;
- longueur nominale: 150 mm à 250 mm.

La lampe doit être montée sur un réflecteur parabolique de dimensions minimales 200 mm $\times$ 150 mm, ayant une finition diffuse et une réflectance uniforme à $\pm 5\%$ sur la plage de longueurs d'onde 400 nm à 1 500 nm.

NOTE – Cette source produit un faisceau d'une intensité presque uniforme avec une diffusion spectrale connue et une modulation prévisible à deux fois la fréquence d'alimentation. Elle est utilisée pour simuler à la fois la lumière du soleil et l'éclairage incandescent d'un poste de travail.

b) **Source de lumière fluorescente:** tube fluorescent linéaire avec les caractéristiques suivantes:

- taille: T8 $\times$ 1 200 mm (diamètre nominal de 25 mm);
 - puissance assignée: 30 W à 40 W;
 - température de couleur: 5 000 K à 6 000 K;
- utilisé en combinaison avec un ballast électronique ayant les caractéristiques suivantes:
- fréquence de fonctionnement: 30 kHz à 40 kHz;
 - puissance assignée correspondant au tube;
- et fonctionnant à sa tension d'alimentation assignée $\pm 2\%$, sans réflecteur ni diffuseur.

c) **Source de lumière stroboscopique:** stroboscope utilisant un tube à éclair au xénon ayant les caractéristiques suivantes:

- durée de l'éclair: de 2 μ s à 20 μ s (mesuré au demi-point d'intensité);
- fréquence d'éclair: 5 Hz à 200 Hz;
- température de couleur: 5 500 K à 6 500 K.

La configuration d'essai doit confirmer que la luminance moyenne produite par la lumière stroboscopique, mesurée au plan des récepteurs, est de 2 000 lux $\pm$ 200 lux à une fréquence d'éclair de 50 Hz. La position du tube à éclair doit être fixe durant toute la durée de l'essai.

NOTE – La mesure de la luminance moyenne sera être effectuée avec soin, en tenant compte du fait que la valeur maximale dépasse largement la valeur moyenne. Des erreurs sérieuses apparaissent si l'équipement de mesure utilisé présente une non-linéarité dans ces conditions (par exemple fonctionnement par palier, saturation). Cet effet peut être détecté si on effectue des mesures à différentes distances du tube de décharge au xénon et si les résultats ne sont pas conformes à la loi du carré des inverses.

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, polarization) is without significant effect.

5.4.6.2 *Light sources*

The light sources shall be as follows:

a) **Incandescent light source:** a linear tungsten halogen (quartz) lamp with the following characteristics:

- colour temperature: 3 000 K to 3 200 K;
- input power: 500 W to 1 kW rated power;
- rated voltage: any value within the range 100 V ... 250 V;
- supply voltage: rated voltage ± 2 %, sinusoidal a.c. at 48 Hz to 62 Hz;
- length: 150 mm to 250 mm nominal.

The lamp shall be mounted in a parabolic reflector of minimum dimensions 200 mm $\times$ 150 mm, having a diffuse finish and a uniform reflectance within ± 5 % over the wavelength range 400 nm to 1 500 nm.

NOTE – This source produces a beam of near uniform intensity with known spectral distribution and having a predictable modulation at twice the supply frequency. It is used to simulate both sunlight and workplace incandescent lighting.

b) **Fluorescent light source:** a linear fluorescent tube with the following characteristics:

- size: T8 $\times$ 1 200 mm (25 mm nominal diameter);
 - rated power: 30 W to 40 W;
 - colour temperature: 5 000 K to 6 000 K;
- used in combination with an electronic ballast having the following characteristics:
- operating frequency: 30 kHz to 40 kHz;
 - power rating corresponding to the tube;
- and operated at its rated supply voltage ± 2 %, without a reflector or diffuser.

c) **Stroboscopic light source:** a stroboscope employing a xenon flash tube having the following characteristics:

- flash duration: from 2 μ s to 20 μ s (measured to the half-intensity point);
- flash frequency: 5 Hz to 200 Hz;
- colour temperature: 5 500 K to 6 500 K.

The test arrangement shall ensure that the average illuminance produced by the stroboscopic light, measured at the plane of the receiving elements, is 2 000 lux $\pm$ 200 lux at a flash rate of 50 Hz. The position of the flash tube shall be fixed during the test.

NOTE – Care needs to be taken when measuring the average illuminance, as the peak value will far exceed the average value. Serious errors will arise if the measuring equipment used exhibits non-linear behaviour under those conditions (for example clipping, saturation). The effect may be detected if measurements are made at various distances from the xenon discharge tube and the results fail to conform to the inverse square law.

5.4.6.3 Séquences d'essai

Séquence d'essais 1:

- 1 – ESPE en fonctionnement normal
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente
- 3 – Essai B
- 4 – Interruption de l'ESPE pendant 5 s. Réalimentation
Remise à zéro du verrouillage de démarrage, le cas échéant
- 5 – Essai B
- 6 – Interruption de la lumière interférente
- 7 – Essai B

Séquence d'essais 2:

- 1 – ESPE en fonctionnement normal
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente
- 3 – Essais C à répétition pendant une minute
- 4 – Interruption de l'ESPE pendant 5 s. Réalimentation.
Remise à zéro du verrouillage de démarrage, le cas échéant
- 5 – Essais C à répétition pendant une minute
- 6 – Arrêt de la lumière interférente
- 7 – Essais C à répétition pendant une minute

Séquence d'essais 3:

- 1 – ESPE en fonctionnement normal
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente
- 3 – Essais C à répétition pendant trois minutes

5.4.6.4 Fonctionnement normal

L'ESPE doit continuer à fonctionner normalement tout au long de la séquence d'essais 1 de 5.4.6.3 utilisant chacun des types suivants de lumière interférente, dirigée le long de l'axe optique d'un ou plusieurs récepteurs:

- source de lumière incandescente, décrite en 5.4.6.2, produisant une intensité lumineuse de $600 \text{ lux} \pm 60 \text{ lux}$ mesurée au plan du ou des récepteurs;
- source de lumière fluorescente, décrite en 5.4.6.2, produisant une intensité de $1\,500 \text{ lux} \pm 150 \text{ lux}$ mesurée au plan du ou des récepteurs. Cet essai doit être effectué selon trois variantes, en utilisant la lumière venant du centre puis celle venant de chacune des extrémités (anode et cathode) du tube.

NOTE – Un des objectifs de l'essai utilisant la source de lumière fluorescente est de vérifier la susceptibilité de l'AOPD à des fréquences de rayonnement optiques élevées.

5.4.6.5 Défaillance dangereuse – lumière incandescente

Il ne doit y avoir aucune défaillance dangereuse pendant la durée de la séquence d'essais 2, décrite en 5.4.6.3, utilisant la source de lumière incandescente décrite en 5.4.6.2 dirigée le long de l'axe optique d'un ou plusieurs récepteurs, produisant une intensité lumineuse de $3\,000 \text{ lux} \pm 300 \text{ lux}$, mesurée au plan des récepteurs.

5.4.6.6 Défaillance dangereuse – lumière stroboscopique

Il ne doit pas y avoir de défaillance dangereuse pendant la durée de la séquence d'essais 3, décrite en 5.4.6.3, utilisant la source de lumière stroboscopique décrite en 5.4.6.2 dirigée le long de l'axe optique d'un ou plusieurs récepteurs. La fréquence d'éclair de la source doit être augmentée linéairement de 5 Hz à 200 Hz sur une période de 3 min, pendant laquelle l'essai C doit être continuellement répété.

5.4.6.3 Test sequences

- Test sequence 1:
- 1 – ESPE in normal operation
 - 2 – Switch on interfering light
 - 3 – B-test
 - 4 – Switch off ESPE for 5 s. Restore power. Reset start interlock, if fitted
 - 5 – B-test
 - 6 – Switch off interfering light
 - 7 – B-test
- Test sequence 2:
- 1 – ESPE in normal operation
 - 2 – Switch on interfering light
 - 3 – C-tests repetitively for one minute
 - 4 – Switch off ESPE for 5 s. Restore power. Reset start interlock, if fitted
 - 5 – C-tests repetitively for one minute
 - 6 – Switch off interfering light
 - 7 – C-tests repetitively for one minute
- Test sequence 3:
- 1 – ESPE in normal operation
 - 2 – Switch on the interfering light
 - 3 – C-tests repetitively for three minutes

5.4.6.4 Normal operation

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 $600 \text{ lux} \pm 60 \text{ lux}$ measured at the plane of the receiving element(s);
- the fluorescent light source of 5.4.6.2 producing an intensity of $1\,500 \text{ lux} \pm 150 \text{ lux}$ at the plane of the receiving element(s). 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 aim of the test using the fluorescent light source is to check the susceptibility of the AOPD to high-frequency optical radiation.

5.4.6.5 Failure to danger – incandescent light

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 $3\,000 \text{ lux} \pm 300 \text{ lux}$, measured at the plane of the receiving elements.

5.4.6.6 Failure to danger – stroboscopic light

There shall be no failure to danger during test sequence 3 of 5.4.6.3 using the stroboscopic light source of 5.4.6.2 directed along the optical axis of one or more receiving elements. The flash rate of the source shall be increased linearly from 5 Hz to 200 Hz over a period of 3 min, during which time the C-test shall be continuously repeated.

5.4.6.7 Défaillance dangereuse – lumière interférente provenant d'un émetteur de même modèle

Un ESPE de type 4 ne doit pas présenter de défaillance dangereuse lorsque le rayonnement provenant d'émetteurs d'un AOPD de même modèle est dirigé vers les récepteurs de l'AOPD en essai, soit directement soit via le réflecteur si celui-ci est utilisé, de n'importe quelle distance et angle. Un minimum de six positions et angles spécifiques doit être sélectionné, représentatifs des pires conditions possibles déterminées par l'analyse décrite en 5.2.1.2 et 5.2.9.1. L'AOPD doit fonctionner à la distance de travail maximale spécifiée par le fournisseur. La séquence d'essais 2 décrite en 5.4.6.3 doit être utilisée.

6 Marquage d'identification et de sécurité

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes.

6.1 Généralités

Addition:

Ajouter à b):

- Lorsque des éléments séparés de l'AOPD ont des capacités de détection différentes, ces éléments et leur capacité de détection doivent être indiqués à l'extérieur de l'AOPD. Lorsque cela n'est pas possible, par exemple à cause du manque de place, l'information doit être incluse dans les documents d'accompagnement.
- Les distances de fonctionnement minimale et maximale doivent être indiquées.
- Si l'OSSD peut passer à l'état ACTIF lorsque les récepteurs et les émetteurs sont montés de façon incorrecte, c'est-à-dire un désalignement de 180°, le marquage de l'AOPD doit permettre d'identifier clairement les positions correctes de montage des différents éléments les uns par rapport aux autres.
- Dans le cas des barrières immatérielles, les limites de la zone de détection doivent être clairement marquées.
- Un marquage doit indiquer le ou les axes de faisceaux.

NOTE – Le ou les axes de faisceaux sont un des facteurs utilisés pour déterminer la position de l'AOPD.

7 Documents d'accompagnement

L'article correspondant de la partie 1 est applicable avec les exceptions suivantes:

Additions:

Ajouter à f):

Lorsque des éléments de l'AOPD ont des capacités de détection différentes, la taille de l'éprouvette d'essai de chaque élément ainsi que chaque capacité de détection doit être donnée avec la procédure correspondante pour déterminer les capacités de détection et le fonctionnement du ou des voyants.

Ajouter à i):

Les détails des précautions à prendre lors de l'installation de l'AOPD, y compris le ou les EAA du ou des dispositifs concernés ainsi que tout croquis d'installation utile donnant des détails sur la façon dont la capacité de détection de l'AOPD peut être modifiée par une surface réfléchissante quelconque placée sur la machine ou la pièce en train d'être usinée ou à proximité de celles-ci.

5.4.6.7 Failure to danger – interfering light from an emitting element of identical design

There shall be no failure to danger of a 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 if used, from any distance and at any angle. A minimum of six specific positions and angles shall be selected, representative of worst-case conditions as determined by the analysis of 5.2.1.2 and 5.2.9.1. The AOPD shall operate at the maximum working distance specified by the supplier. Test sequence 2 of 5.4.6.3 shall be used.

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 so marked 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:

Additions:

Add 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).

Add to i):

The details of any precautions to be taken when installing the AOPD, 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.

Ajouter à v):

Les détails de l'introduction de l'éprouvette dans la zone de détection qui est nécessaire pour assurer la manœuvre du dispositif de détection, pour toute direction d'approche possible, en relation avec une donnée identifiable sur l'AOPD (par exemple le ou les axes de faisceaux).

La vitesse maximale du mouvement de l'éprouvette d'essai ou valeur équivalente jusqu'à laquelle la capacité de détection de l'AOPD est inchangée.

Lorsque l'AOPD est fourni avec des moyens pour ajuster la position spatiale de la barrière immatérielle, la plage des ajustements et la position correspondante de la zone de détection doivent être indiquées sur un diagramme dans les documents d'accompagnement. Pour une barrière immatérielle, des dessins clairement lisibles doivent être fournis afin de s'assurer que les émetteurs et récepteurs sont montés correctement les uns par rapport aux autres, en particulier pour éviter un désalignement de 180°.

Ajouter à ff):

NOTE – Des mesures de sécurité supplémentaires peuvent être nécessaires afin de s'assurer que l'ESPE ne présente pas de défaillance dangereuse suite à d'autres rayonnements lumineux pouvant être présents dans une application particulière (par exemple utilisation de dispositifs de commande sans câble sur les grues, rayonnements provenant d'éclats de soudure).

Add 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)).

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

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.

Add to ff):

NOTE – Additional safety measures may be necessary to ensure that the ESPE does not fail to danger as a result of other forms of light radiation which may be present in a particular application (for example use of cableless control devices on cranes, radiation from weld spatter).

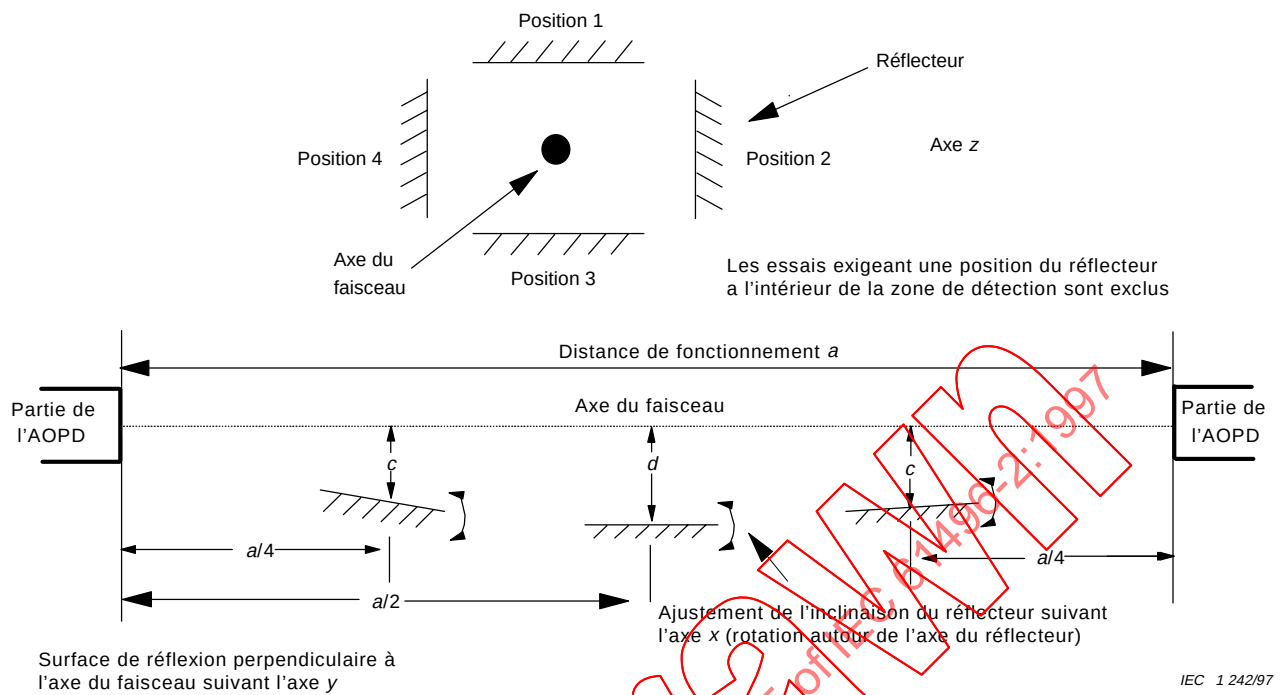


Tableau des positions du réflecteur

Distance de fonctionnement a m	ESPE de type 2		ESPE de type 4	
	c mm	d mm	c mm	d mm
0,5	29,8	21,8	14,9	pas d'essai
0,75	39,0	32,4	19,5	16,2
1,5	58,4	64,0	29,2	32,0
3,0	65,4	123,6	32,7	61,8
>3,0	$a \tan 1,25^\circ$	$a \tan 2,3^\circ$	$a \tan 0,625^\circ$	$a \tan 1,15^\circ$

Figure 1 – Réflexions parasites

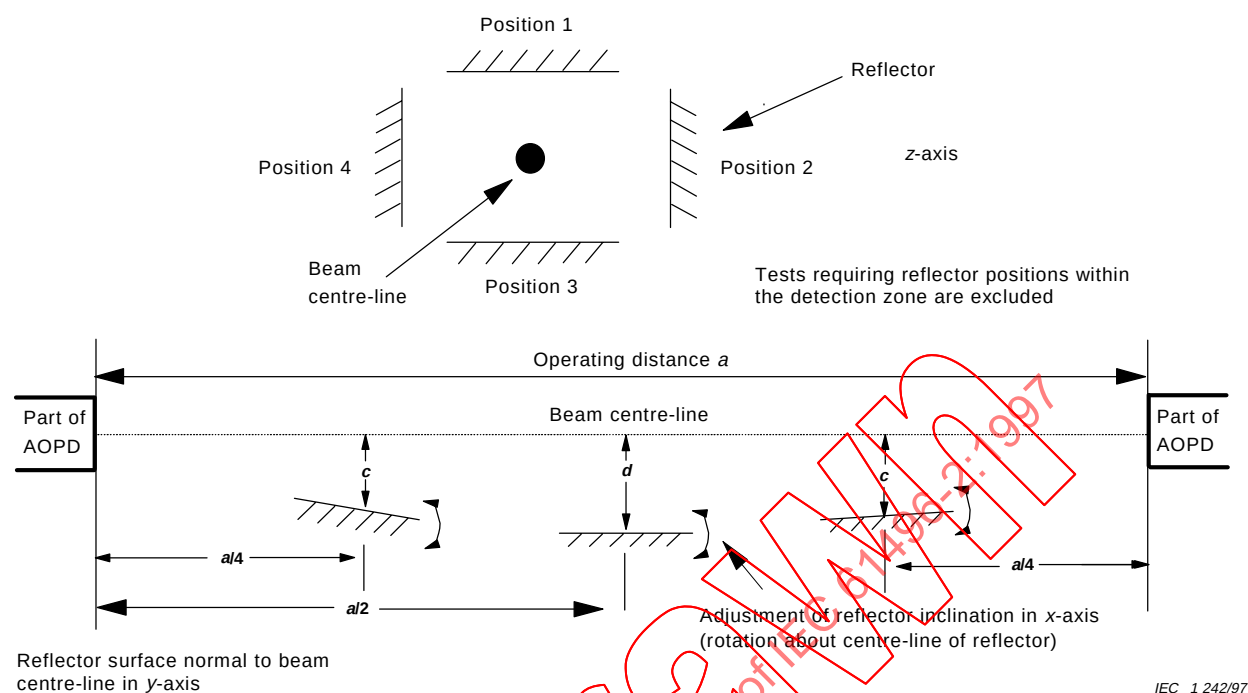
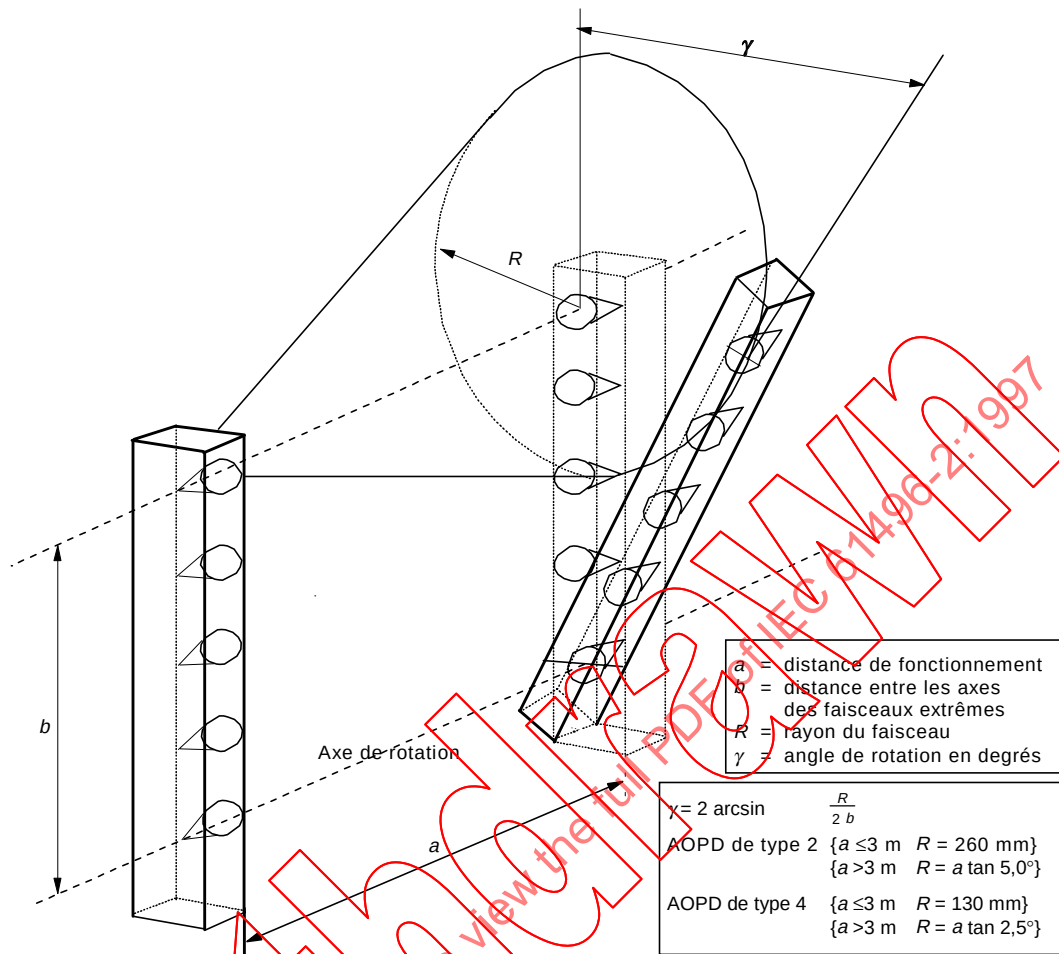


Table of reflector positions

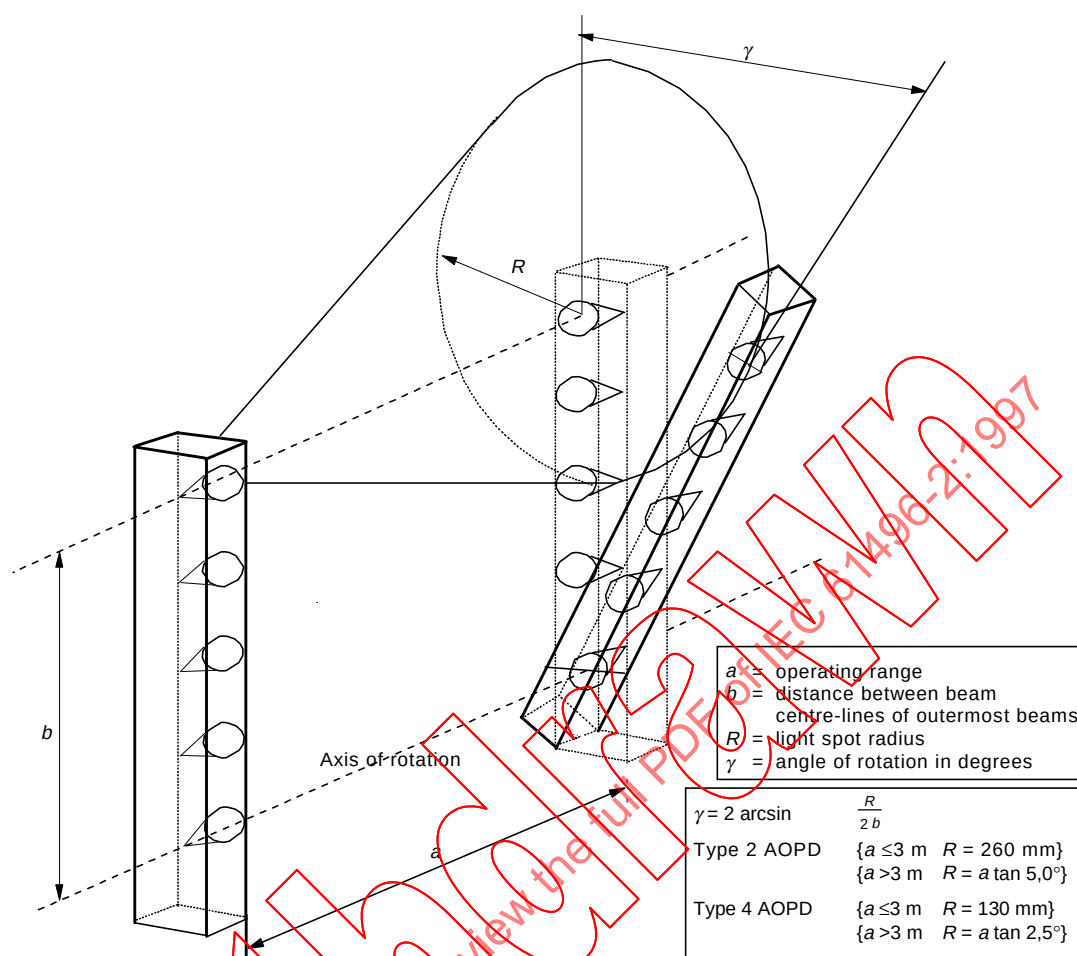
Operating distance a m	Type 2 ESPE		Type 4 ESPE	
	c mm	d mm	c mm	d mm
0,5	29,8	21,8	14,9	no test
0,75	39,0	32,4	19,5	16,2
1,5	58,4	64,0	29,2	32,0
3,0	65,4	123,6	32,7	61,8
>3,0	$a \tan 1,25^\circ$	$a \tan 2,3^\circ$	$a \tan 0,625^\circ$	$a \tan 1,15^\circ$

Figure 1 – Extraneous reflections



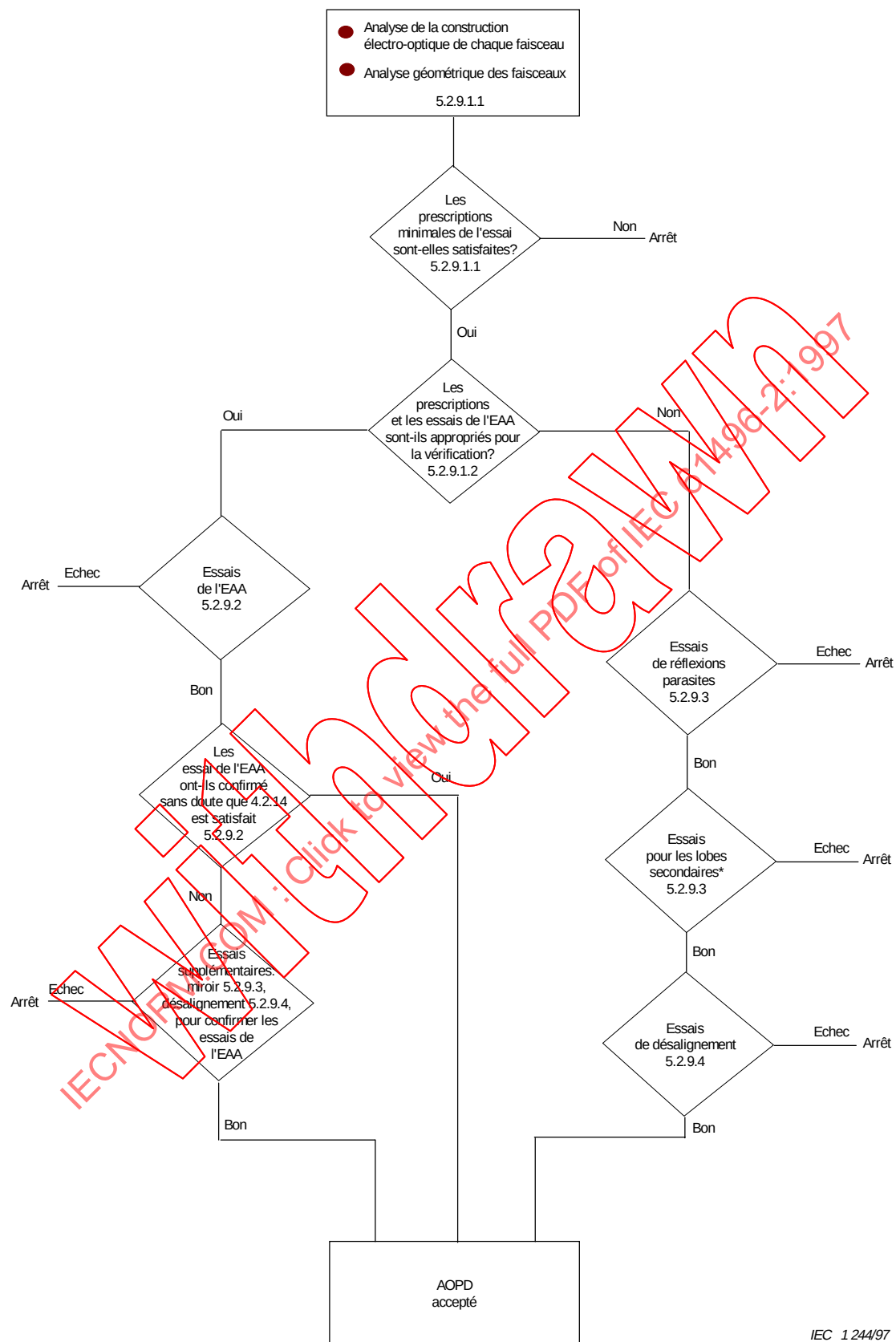
IEC 1 243/97

Figure 2 – Désalignement de l'AOPD



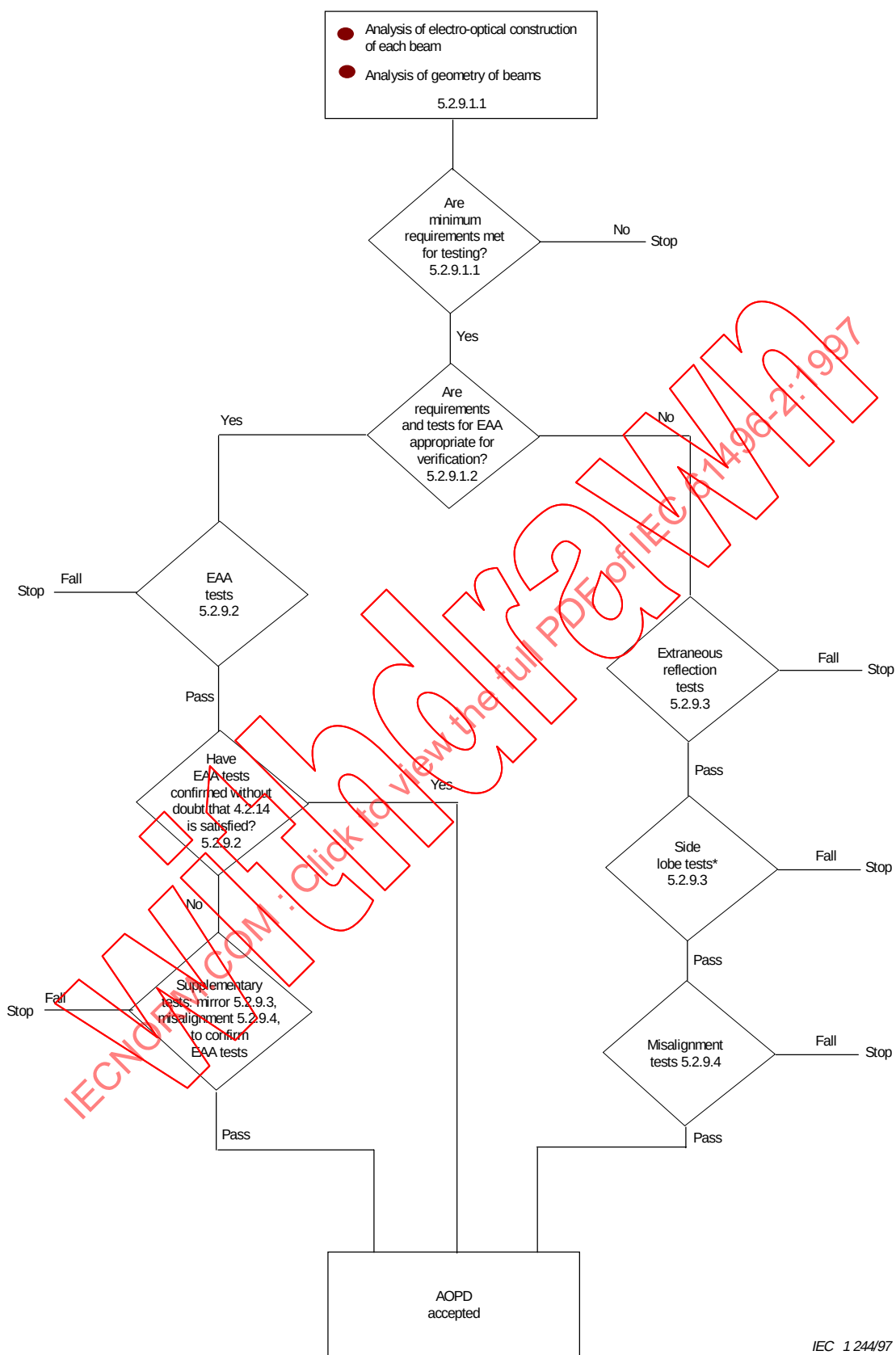
IEC 1243/97

Figure 2 – AOPD misalignment



* Les essais pour les lobes secondaires sont réalisés conformément aux procédures de 5.2.9.2.

Figure 3 – Analyse et essais des AOPD – Organigramme



IEC 1 244/97

* Side lobe tests are carried out according to the procedures in 5.2.9.2.

Figure 3 – Analysis and tests of AOPDs – Flow chart

Zone de détection de la barrière immatérielle
présentée avec les faisceaux lumineux
perpendiculaires à la page

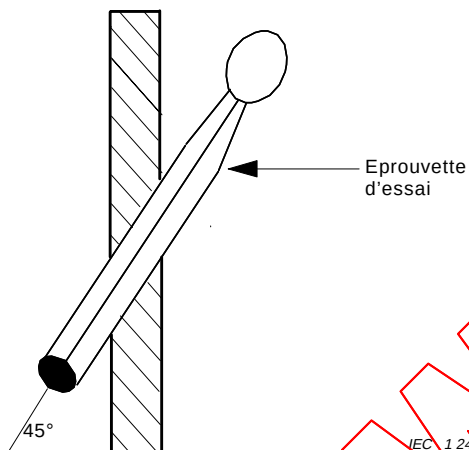


Figure 4 – Epreuve d'essai inclinée à 45°

Zone de détection de la barrière immatérielle
présentée avec les faisceaux lumineux
perpendiculaires à la page

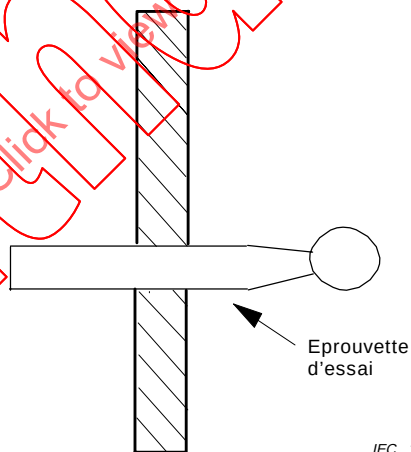


Figure 5 – Epreuve d'essai inclinée à 90°

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

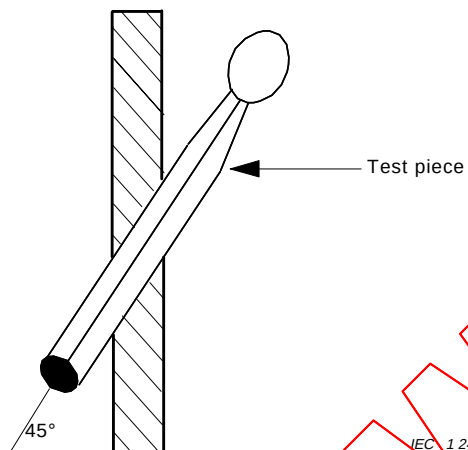


Figure 4 – Test piece at 45°

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

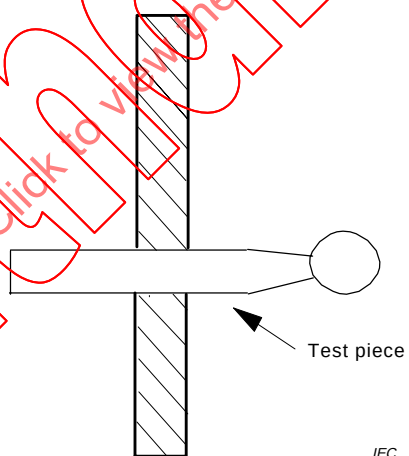
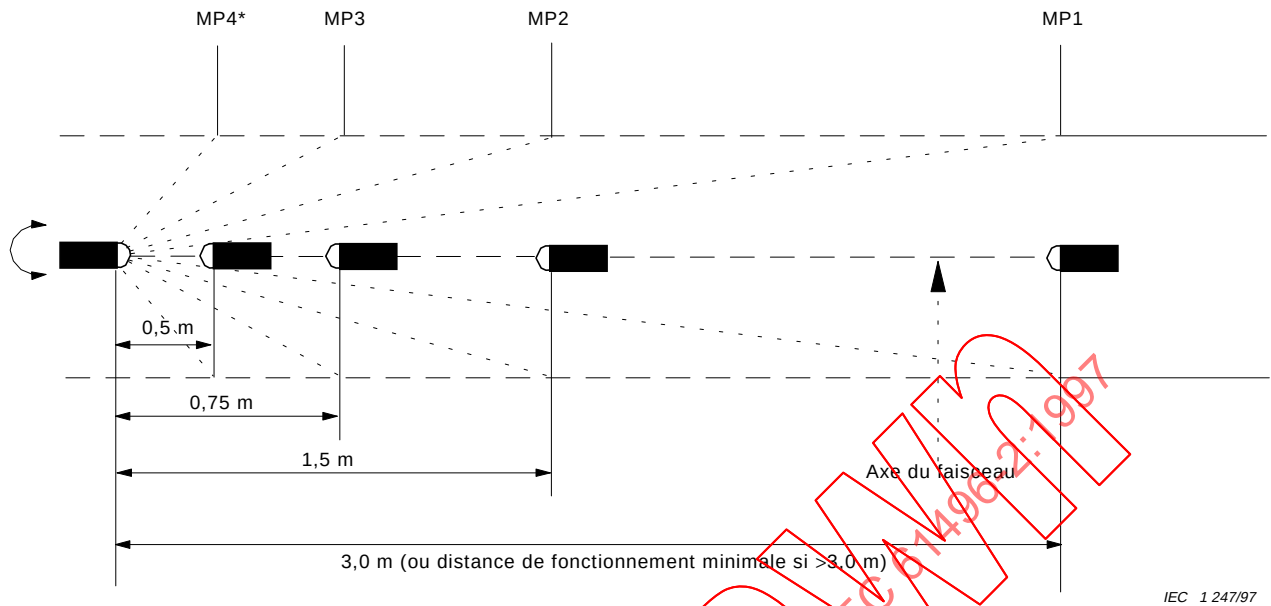


Figure 5 – Test piece at 90°



IEC 1 247/97

AOPD de type 2	MP1	MP2	MP3	MP4
Valeurs limites degrés	5	10	19,3	27,7

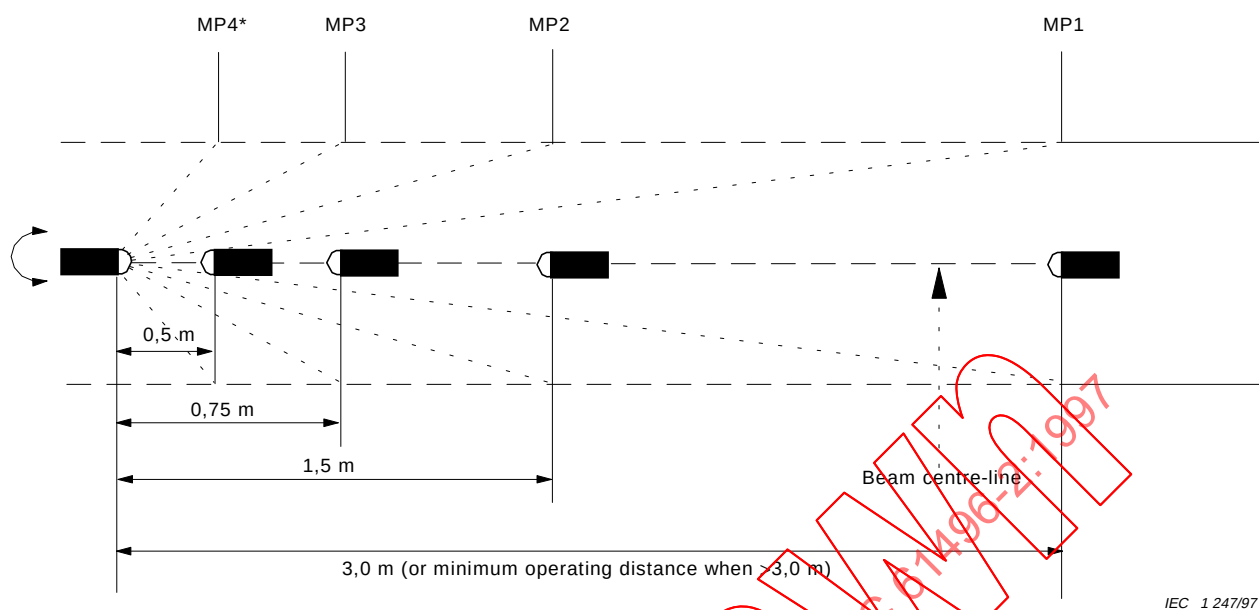
AOPD de type 4	MP1	MP2	MP3	MP4
Valeurs limites degrés	2,5	5	10	14,7

* MP = point de mesure

NOTES

- 1 L'angle d'ouverture efficace doit être déterminé conformément à 5.2.9.2.
- 2 Des mesures doivent être effectuées pour chacun des points de mesure MP1 à MP4.

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



IEC 1 247/97

Type 2 AOPD	MP1	MP2	MP3	MP4
Limit values degrees	5	10	19,3	27,7

Type 4 AOPD	MP1	MP2	MP3	MP4
Limit values degrees	2,5	5	10	14,7

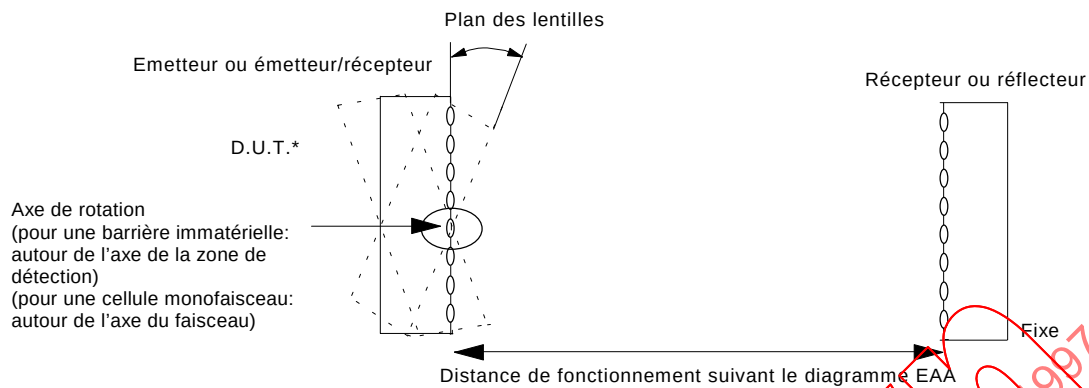
* MP = measuring point

NOTES

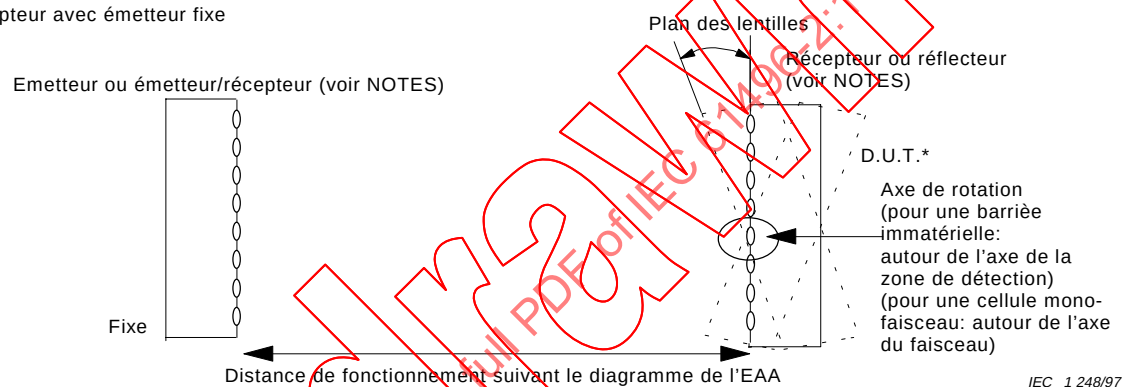
- 1 The effective aperture angle shall be determined according to 5.2.9.2.
- 2 Measurements shall be carried out at each of the measuring points MP1 to MP4.

Figure 6 – Measurement of the effective aperture angle (EAA)

1) Rotation de l'émetteur avec récepteur fixe



2) Rotation du récepteur avec émetteur fixe



IEC 1 248/97

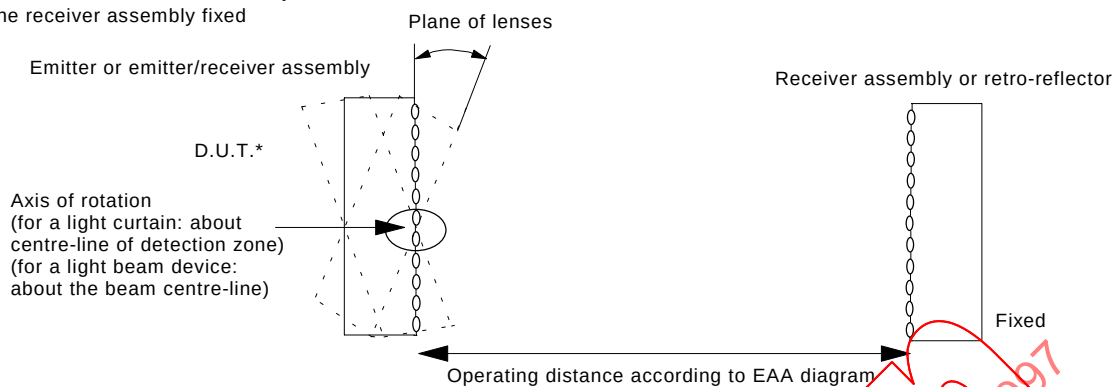
* D.U.T. = système testé

NOTES

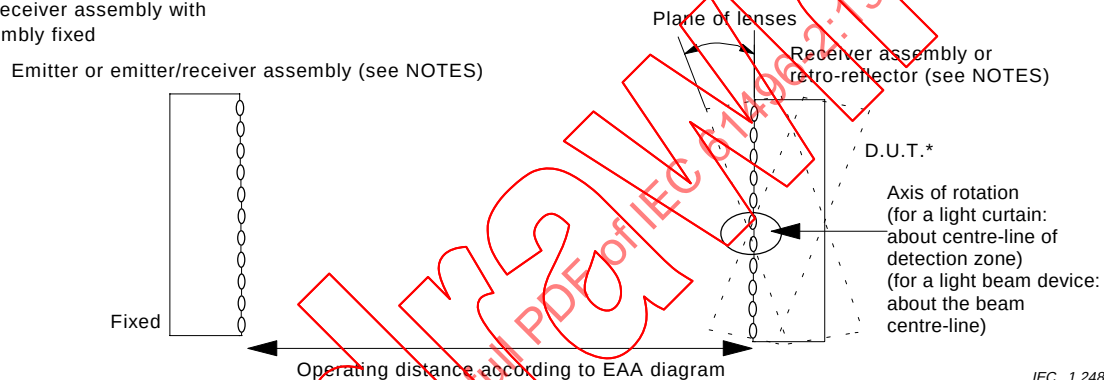
- 1 Présenté avec une barrière immatérielle.
- 2 Pour les barrières immatérielles utilisant des techniques de réflexion catadioptriques, l'essai ne doit être effectué que sur l'élément de détection avec réflecteur fixe.

Figure 7 – Méthode de mesure de l'EAA (inclinaison)

- 1) Rotation of the emitter assembly with the receiver assembly fixed



- 2) Rotation of the receiver assembly with the emitter assembly fixed



IEC 1 248/97

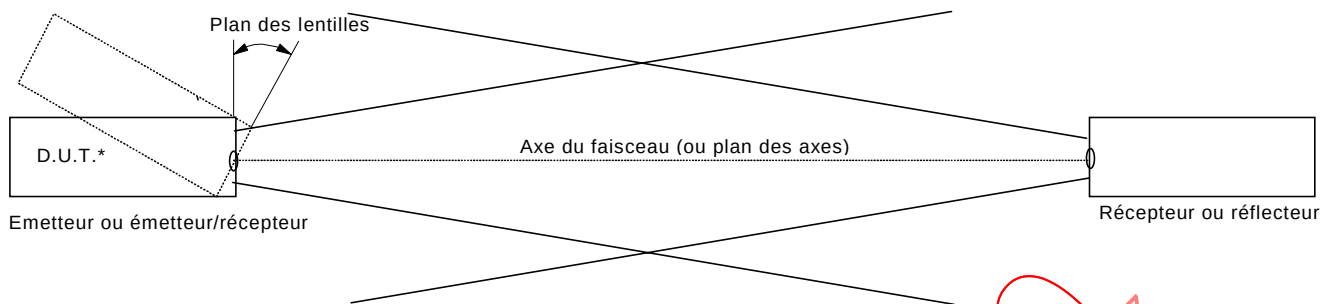
* D.U.T. = device under test

NOTES

- 1 Light curtains are shown.
- 2 For light curtains employing corner cube retro-reflective techniques, the test shall only be carried out on the sensing unit with the reflector fixed.

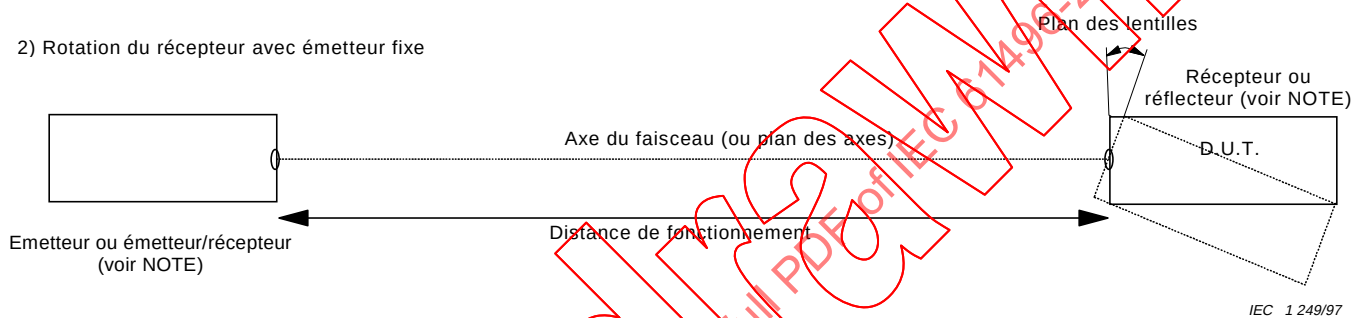
Figure 7 – Measuring method for EAA (tilt)

1) Rotation de l'émetteur avec récepteur fixe



Axe de rotation dans le plan de toutes les lentilles

2) Rotation du récepteur avec émetteur fixe

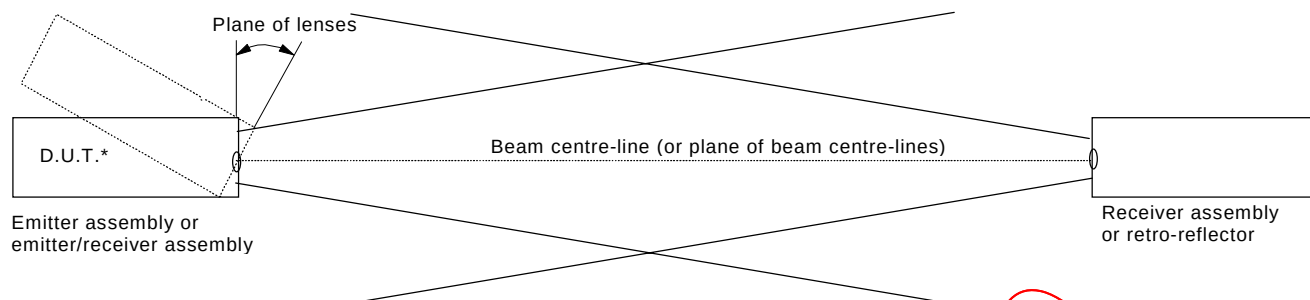


* D.U.T. = système testé

NOTE – Pour les barrières immatérielles utilisant des techniques de réflexion catadioptriques, l'essai ne doit être effectué que sur l'élément de détection avec réflecteur fixe.

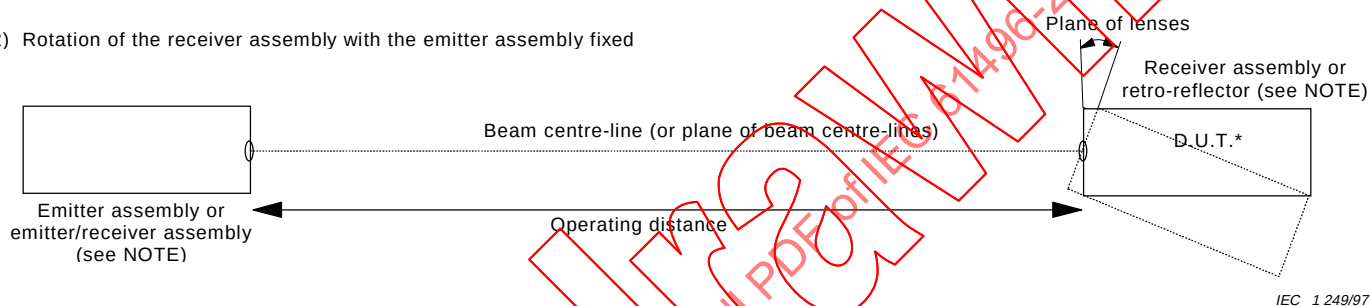
Figure 8 – Méthode de mesure de l'EAA (direction)

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



Rotation axis in the plane of all lenses

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

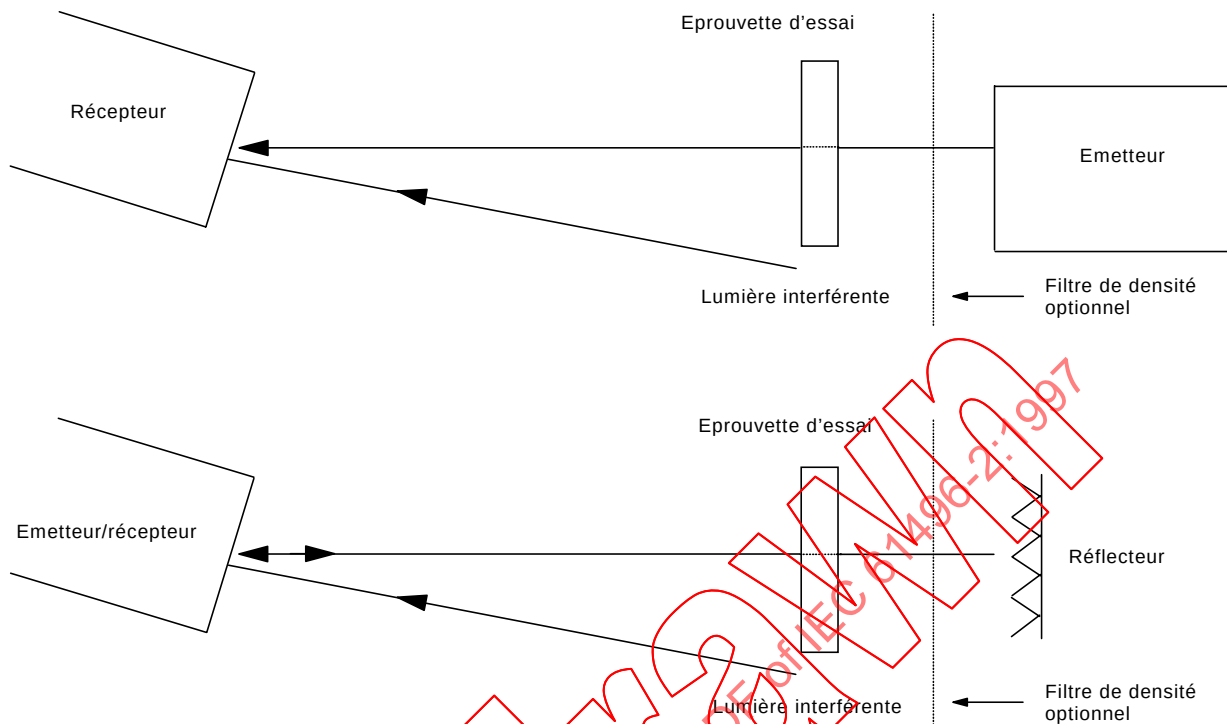


IEC 1249/97

* D.U.T. = device under test

NOTE – For light curtains employing corner cube retro-reflective techniques, the test shall only be carried out on the sensing unit with the reflector fixed.

Figure 8 – Measuring method for EAA (direction)



IEC 1250/97

NOTE – Les récepteurs ou émetteurs/récepteurs fonctionnent au désalignement maximal possible.

Avantages: Pas d'interférence avec le trajet de la lumière de l'AOPD et convient aux AOPD sensibles à la polarisation.

Inconvénient: Il est impossible de parvenir à l'intensité lumineuse demandée si l'angle d'ouverture est petit.

Figure 9 – Essais d'interférence lumineuse – Méthode directe