

SOMMAIRE

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

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLES –

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

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

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

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

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

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

SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTROSENSIBLES –

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

1 Domaine d'application

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

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

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

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

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

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

2 Références normatives

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

Addition:

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

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

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

¹ Publication à venir.

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

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

3 Termes et définitions

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

Addition:

3.201

dispositif protecteur optoélectronique actif

AOPD

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

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

3.202

axe du faisceau

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

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

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

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

3.203

angle d'ouverture efficace

EAA

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

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

3.204

dispositif à faisceaux lumineux

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

3.205

barrière immatérielle

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

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

3.206

éprouvette

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

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

AOPD utilisant une conception optique où

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

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

Remplacement:

3.3**capacité de détection**

dimension représentant le diamètre de l'éprouvette qui:

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

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

4 Exigences de fonctionnement, de conception et d'environnement

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

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

Remplacement:

4.1.2.1 Exigences générales

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

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

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

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

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

4.1.2.2.1 Généralités

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

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

4.1.2.2.2 Fonction de détection

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

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

4.1.3 Types d'ESPE

Remplacement:

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Exigences de conception

4.2.2 Exigences de détection des défauts

4.2.2.3 Exigences particulières pour un ESPE de type 2

Addition:

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

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

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

Remplacement:

4.2.12 Intégrité de la capacité de détection de l'AOPD

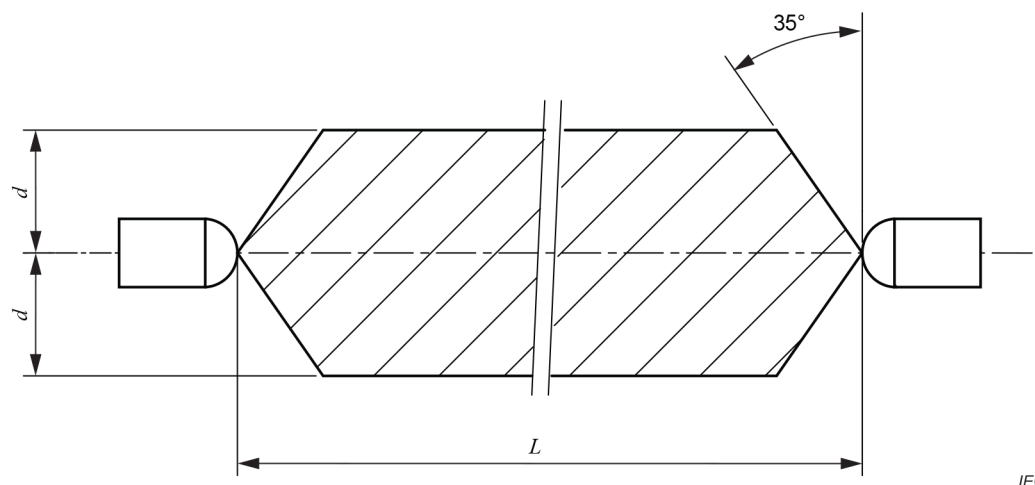
La conception de l'AOPD doit être telle que la capacité de détection de l'AOPD reste la même que la valeur spécifiée par le fournisseur lorsque l'AOPD fonctionne dans l'une quelconque des conditions suivantes et toutes leurs combinaisons:

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

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

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

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



IEC

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

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

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

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

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

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