

# TECHNICAL SPECIFICATION

# SPECIFICATION TECHNIQUE



**Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment –  
Part 4-2: Particular requirements for equipment using vision based protective  
devices (VBPD) – Additional requirements when using reference pattern  
techniques (VBPDP)**

**Sécurité des machines – Équipements de protection électro-sensibles –  
Partie 4-2: Exigences particulières pour les équipements utilisant des dispositifs  
protecteurs par vision (VBPD) – Exigences supplémentaires pour l'utilisation de  
techniques de motifs de référence (VBPDP)**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

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

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch).

# TECHNICAL SPECIFICATION

# SPECIFICATION TECHNIQUE



**Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment –  
Part 4-2: Particular requirements for equipment using vision based protective  
devices (VBPD) – Additional requirements when using reference pattern  
techniques (VBPDP)**

**Sécurité des machines – Équipements de protection électro-sensibles –  
Partie 4-2: Exigences particulières pour les équipements utilisant des  
dispositifs protecteurs par vision (VBPD) – Exigences supplémentaires pour  
l'utilisation de techniques de motifs de référence (VBPDP)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX



ICS 13.110; 29.260.99

ISBN 978-2-8322-1568-5

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

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions .....	8
4 Functional, design and environmental requirements .....	10
4.1 Functional requirements.....	10
4.2 Design requirements .....	12
4.3 Environmental requirements.....	17
5 Testing .....	19
5.1 General.....	19
5.2 Functional tests.....	19
5.3 Performance testing under fault conditions .....	22
5.4 Environmental tests.....	23
6 Marking for identification and for safe use .....	31
6.1 General.....	31
7 Accompanying documents.....	31
Annex A (normative) Optional functions of the ESPE .....	33
A.9 Setting the detection zone and/or other safety-related parameters .....	33
A.9.1 Functional requirements.....	33
A.9.2 Verification .....	33
A.10 Selection of multiple detection zones .....	34
A.10.1 Functional requirements.....	34
A.10.2 Verification .....	34
A.11 Automatic setting of detection zones .....	35
A.11.1 Functional requirements.....	35
A.11.2 Verification .....	35
Annex B (normative) Catalogue of single faults affecting the electrical equipment of the ESPE, to be applied as specified in 5.3 .....	36
B.7 Imaging sensor .....	36
Annex AA (informative) The positioning of VBPD in respect of parts of the human body .....	37
AA.1 Calculation of distances for electro-sensitive protective equipment employing vision based protective devices (VBPD).....	37
AA.2 Calculation of the overall minimum distance $S_0$ .....	37
AA.3 Vision based protective devices with a detection capability > 40 mm and ≤ 55 mm .....	38
AA.4 Vision based protective devices with a detection capability > 55 mm and ≤ 200 mm.....	39
AA.5 Examples of detection zone and tolerance zone.....	39
Bibliography.....	44
Figure 1 – Image planes in VBPDPP .....	9
Figure 2 – Side view of VBPDPP using a passive reference pattern .....	11
Figure 3 – Light intensity measurement setup for indirect light tests.....	28
Figure 4 – Light intensity measurement setup for direct light tests.....	29

Figure AA.1 – Minimum distance $S$ – Example 1 .....	40
Figure AA.2 – Overall minimum distance $S_0$ without tolerance zone – Example 1 .....	40
Figure AA.3 – Overall minimum distance $S_0$ including tolerance zone – Example 1.....	41
Figure AA.4 – Minimum distance $S$ – Example 2 .....	41
Figure AA.5 – Overall minimum distance $S_0$ without tolerance zone – Example 2 .....	42
Figure AA.6 – Overall minimum distance $S_0$ including tolerance zone – Example 2.....	43
Table 1 – Verification of detection capability requirements (see also 4.2.12) .....	20
Table 2 – Overview of light interference tests .....	24

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

## **SAFETY OF MACHINERY – ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT –**

### **Part 4-2: Particular requirements for equipment using vision based protective devices (VBPD) – Additional requirements when using reference pattern techniques (VBPDP)**

#### FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC/TS 61496-4-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
44/677/DTS	44/689/RVC

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

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

This part is to be used in conjunction with IEC 61496-1:2012.

This part supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 61496-1:2012 to specify particular requirements for the design, construction and testing of electro-sensitive protective equipment (ESPE) for the safeguarding of machinery, employing vision based protective devices (VBPD) using passive reference pattern techniques (VBPDP) for the sensing function.

Where a particular clause or subclause of Part 1 is not mentioned in this Part 4-2, 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 adapted accordingly.

Clauses and subclauses which are additional to those of Part 1 are numbered sequentially, following on the last available number in Part 1. Terminological entries (in Clause 3) which are additional to those in Part 1 are numbered starting from 3.4201. Additional annexes are lettered from AA onwards.

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

An electro-sensitive protective equipment (ESPE) is applied to machinery presenting 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.

The working group responsible for drafting this technical specification was concerned that, due to the complexity of the technology, there are many issues that are highly dependent on analysis and expertise in specific test and measurement techniques. In order to provide a high level of confidence, independent review by relevant expertise is required. They considered that if this high level of confidence could not be established these devices would not be suitable for use in safety related applications.

## **SAFETY OF MACHINERY – ELECTRO-SENSITIVE PROTECTIVE EQUIPMENT –**

### **Part 4-2: Particular requirements for equipment using vision based protective devices (VBPD) – Additional requirements when using reference pattern techniques (VBPDP)**

#### **1 Scope**

##### *Replacement:*

This part of IEC 61496 specifies requirements for the design, construction and testing of electro-sensitive protective equipment (ESPE) designed specifically to detect persons as part of a safety-related system, employing vision-based protective devices (VBPDs) using passive reference patterns (VBPDP) for the sensing function. Special attention is directed to features which ensure that 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 IEC 61496-1:2012 and this Technical Specification.

This part of IEC 61496 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.

A VBPDP is defined as consisting of a single image-sensing device viewing on a passive reference pattern as the background and where the detection principle is based on blocking or partially preventing the view of the pattern. Information about the thickness, shape, surface characteristics or location of the object is not required for detection. For multi-image sensing devices, additional techniques, requirements and test procedures can be necessary.

- This part of IEC 61496 is limited to automatic vision-based ESPEs that do not require human intervention for detection.
- It is limited to automatic vision-based ESPEs that detect objects entering into, or are present in, a detection zone(s).
- It is limited to ESPEs using active illumination technique
- Excluded from this technical specification are VBPDPs employing radiation at wavelengths outside the range 400 nm to 1 500 nm.
- This document does not address those aspects required for complex classification or differentiation of the object detected.

This part of IEC 61496 is relevant for VBPDPs having a stated detection capability up to 200 mm.

NOTE The positioning of VBPD in respect of parts of the human body is presented in Annex AA of this technical specification.

This part of IEC 61496 does not deal with EMC emission requirements.

#### **2 Normative references**

##### *Addition:*

IEC 60825-1:2007, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61496-1:2012, *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests*

IEC 62471:2006, *Photobiological safety of lamps and lamp systems*

ISO 13855:2010, *Safety of machinery – Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 20471:2013, *High-visibility clothing – Test methods and requirements*

### 3 Terms and definitions

*Replacement:*

#### 3.3

##### **detection capability**

ability to detect the specified test pieces (see 4.2.13) in the specified detection zone

Note 1 to entry: Detection capability is generally measured by the size of object that can be detected. An increase in detection capability means that a smaller object can be detected.

[SOURCE: IEC 61496-1:2012, 3.3, modified – text changed to make more relevant to vision based sensors.]

*Additions:*

#### 3.4201

##### **image**

snap shot representation of the scene in different planes of the VBPDPP in the form of a two dimensional matrix

#### 3.4202

##### **imaging sensor**

optoelectronic device which produces electrical signals representing the characteristics of an image

#### 3.4203

##### **passive reference pattern**

static (i.e. fixed location and not changing) regular (periodic) combination of pattern elements on a background that covers at least the detection zone and the tolerance zone – blocking the view of part of the pattern causes detection

Note 1 to entry: Regularity of the pattern refers only to the physical pattern and not to the image of the pattern as seen by the imaging sensor.

#### 3.4204

##### **pattern element**

local part of the passive pattern

EXAMPLE Black and white checker board – one black square or one white square.

#### 3.4205

##### **pixel, <of a sensor>**

smallest light sensitive element of an imaging sensor array

**3.4206****pixel**, <of an image>

area of the smallest element that can be distinguished from its neighbouring elements

**3.4207****sensing zone**

three-dimensional volume defined by the field of view of the image sensor and with the apex at the optical window of the sensor device

Note 1 to entry: The volume could be in the shape of a pyramid or cone.

Note 2 to entry: A zone of limited detection capability, a detection zone and tolerance zone(s) are contained within the sensing zone. The zone of limited detection capability is located between the optical window of the sensor device and the detection zone

**3.4208****tolerance zone**

zone outside of and adjacent to the (configured) detection zone within which the specified test piece may not be detected

**3.4209****vision-based protective device****VBPD**

ESPE using an imaging sensor and active illumination, operating in the visible and near infrared light spectrum to detect an object in a defined field of view

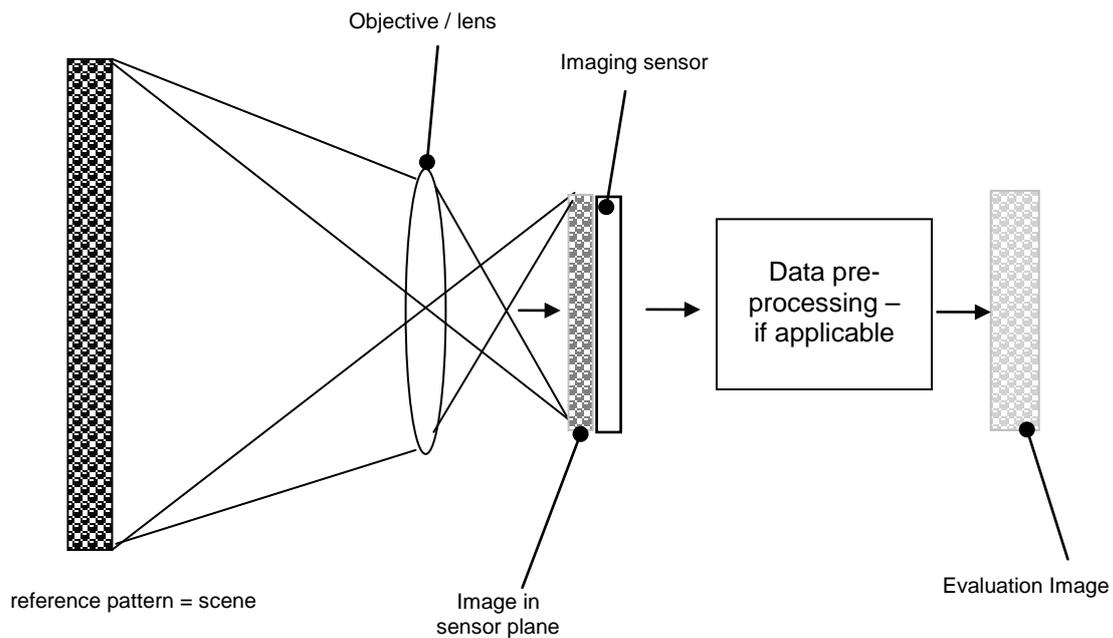
Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

**3.4210****vision-based protective device passive pattern****VBPDPP**

VBPD using a single imaging device viewing on a passive reference pattern as background

Note 1 to entry: The various parts of a VBPDPP and their relationship to the viewed scene is shown in Figure 1.

Note 2 to entry: This note applies to the French language only.



IEC 1464/14

**Figure 1 – Image planes in VBPDPP**

**3.4211****zone with limited detection capability**

volume between the detection zone and the optical window(s) of the sensing device which does not achieve the stated detection capability

Note 1 to entry: The dimensions and appropriate information for use of the zone with limited detection capability are provided by the supplier.

**4 Functional, design and environmental requirements**

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

**4.1 Functional requirements****4.1.1 Normal operation**

This subclause of Part 1 is applicable.

**4.1.2 Sensing function**

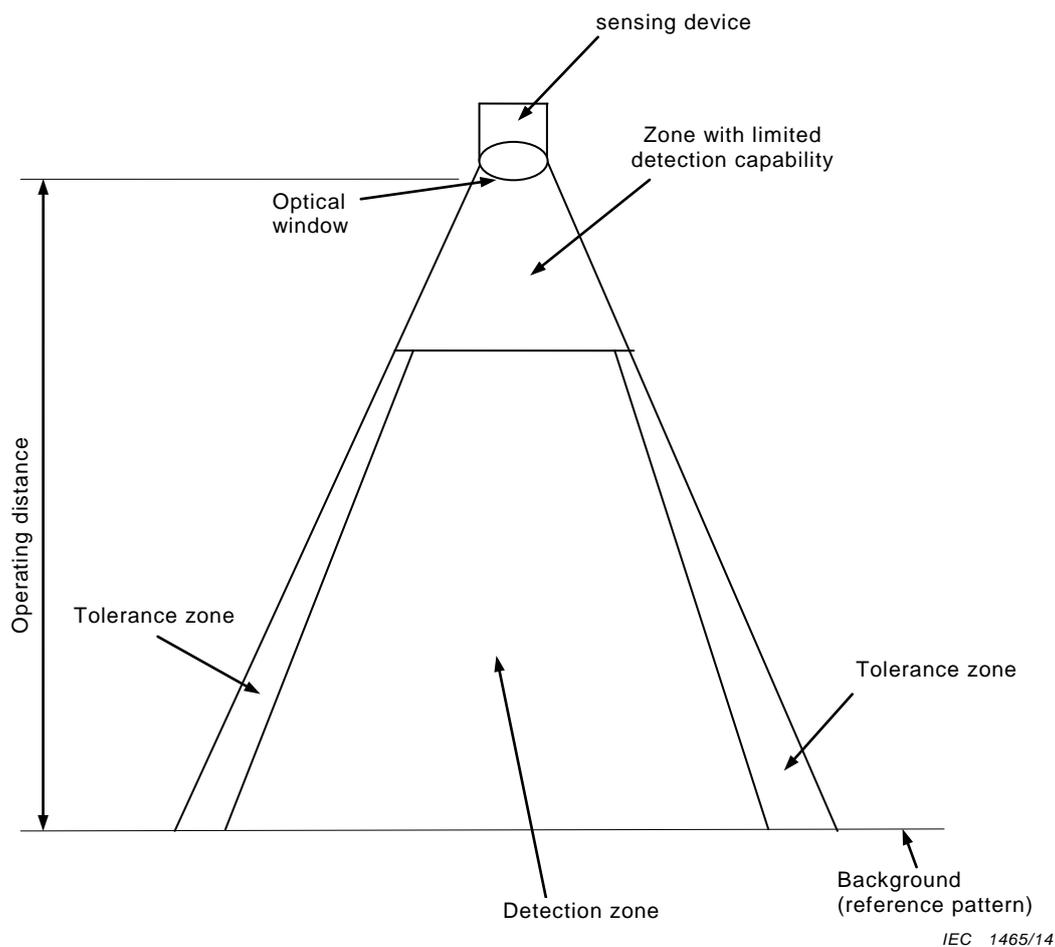
*Replacement:*

**4.1.2.1 General**

The detection zone shall begin at the border of the zone of limited detection capability and end at the passive pattern (see Figure 2).

NOTE It is possible that only parts of the passive pattern are used to define the detection zone.

Object(s) in the zone of limited detection capability shall not reduce the detection capability within the detection zone. Any reduction of the detection capability shall be detected and the VBPDPP shall go to lock-out condition (see 4.2.2.4).



**Figure 2 – Side view of VBPDP using a passive reference pattern**

#### 4.1.2.2 Additional functional requirements

The sensing function shall be effective over the specified detection zone. No adjustment of the detection zone or detection capability shall be possible without the use of a security measure (e.g. key, key-word or tool).

The sensing device of a VBPDP shall respond by giving (an) appropriate output signal(s) when a test piece is placed anywhere within the detection zone either static or moving.

The supplier shall specify the limits of detection capability. The supplier shall take into account worst case scenario including, for example, signal-to-noise ratio, light intensity in the image on the sensor plane, contrast in the image on the sensor plane, position of the image on the sensor, considering all influences listed in this part of IEC 61496.

#### 4.1.2.3 Optical performance

The VBPDP shall be designed and constructed to

- a) limit the possibility of malfunction during exposure to extraneous radiation in the range of 400 nm to 1500 nm;
- b) limit the effects of environmental influences (temperature, vibration and bumps, dust, moisture, ambient light, extraneous reflections, changing illumination, shadows, background reflectivity);
- c) limit the misalignment at which normal operation is possible.

### 4.1.3 Types of ESPE

#### *Replacement:*

In this technical specification, only a type 3 ESPE is considered. It is the responsibility of the machine supplier and/or the user to determine if this type is suitable for a particular application.

The type 3 ESPE shall fulfill the fault detection requirements of 4.2.2.4 of this part of IEC 61496. In normal operation, the output circuit of each of at least two output signal switching devices (OSSDs) shall go to the OFF-state when the sensing device is actuated, or when the power is removed from the device.

### 4.1.4 Types and required safety performance

This subclause of Part 1 is applicable.

### 4.1.5 Required $PL_r$ or SIL and corresponding ESPE type

This subclause of Part 1 is applicable.

#### *New functional requirement:*

### 4.1.6 Zone with limited detection capability

A zone between the optical window and the beginning of the detection zone is referred to as a zone with limited detection capability. In order to ensure no hazard can arise in a particular application due to the presence of this zone between the optical window and the detection zone, its dimensions and appropriate information for use shall be provided by the supplier.

## 4.2 Design requirements

### 4.2.2 Fault detection requirements

#### 4.2.2.2 Particular requirements for a type 1 ESPE

This subclause of Part 1 is not applicable.

#### 4.2.2.3 Particular requirements for a type 2 ESPE

This subclause of Part 1 is not applicable.

#### 4.2.2.4 Particular requirements for a type 3 ESPE

#### *Replacement:*

A single fault in the sensing device resulting in a complete loss of the stated VBPDPP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within the specified response time.

A single fault resulting in a deterioration of the stated VBPDPP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within a time period of 5 seconds following the occurrence of that fault.

NOTE Examples of deterioration of the VBPDPP detection capability include:

- increase of the minimum detectable object size
- Increase in minimum detectable contrast

A single fault resulting in an increase in response time beyond the specified value or preventing at least one OSSD going to the OFF-state shall cause the ESPE to go to a lockout condition

immediately, i.e. within the response time, or immediately upon any of the following demand events where fault detection requires a change in state:

- on actuation of the sensing function;
- on switch off/on;
- on reset of the start interlock or the restart interlock, if available (see Clauses A.5 and A.6 of IEC 61496-1:2012).

It shall not be possible for the ESPE to achieve a reset from a lock-out condition, for example, by interruption and restoration of the mains power supply or by any other means, when the fault which initiated the lock-out condition is still present.

In cases where a single fault which does not cause a failure to danger of the ESPE is not detected, the occurrence of one additional fault shall not cause a failure to danger.

For verification of this requirement, see 5.3.4.

#### **4.2.2.5 Particular requirements for a type 4 ESPE**

This subclause of Part 1 is not applicable.

NOTE Type 4 is not considered in this document. Additional definitions, requirements and test procedures would be necessary.

*Additional design requirements:*

#### **4.2.12 Integrity of the VBPDP detection capability**

##### **4.2.12.1 General**

The design of the VBPDP shall ensure that the detection capability is not degraded below the limits specified by the supplier and in this technical specification by any of, but not limited to, the following:

- a) at the minimum contrast between an object and reference pattern on the evaluation images;  
NOTE Minimum contrast on the evaluation image can be achieved by low or high contrast in the scene.
- b) the position of the object within the detection zone
- c) the number of objects;
- d) the size of objects;
- e) auto-adjustment, for example the following:
  - 1) auto-focus
  - 2) gain control
  - 3) orientation
  - 4) sample rate
  - 5) shutter time
  - 6) aperture stops
  - 7) focal length
- f) properties/limitations of imaging sensor, for example the following:
  - 1) signal noise (e.g. fixed pattern noise; dark noise)
  - 2) dynamic range
  - 3) sensitivity
  - 4) micro lenses
  - 5) gain settings

- 6) cold and hot pixels
- 7) dark current
- 8) change of characteristics, e.g. wavelength dependent sensitivity, filter
- 9) photo response non-uniformity
- g) accuracy of object position in images, accuracy and stability of calibration;
- h) at the limits of alignment and/or adjustment;
- i) ageing of components;
- j) performance and limitations of the optical components;
- k) component tolerances;
- l) changing of internal and external references to guarantee the detection capability;
- m) environmental conditions specified in 4.3.

If a single fault (as specified in Annex B of IEC 61496-1:2012), which under normal operating conditions (see 5.1.2.1 of IEC 61496-1:2012) would not result in a loss of VBPDP 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 (as determined to be relevant during the analysis of the design) shall be considered as a single fault and the VBPDP shall respond to such a single fault as required in 4.2.2.4.

The VBPDP shall not fail to danger if a reflective object (for example, reflective clothes) is placed at any position in the detection zone.

The relationship of the minimum detectable object size and the size of the elements of the background pattern shall be sufficient to ensure the integrity of the detection capability (e.g. object size is three or more times the size of the pattern element).

#### **4.2.12.2 Detection zone**

The supplier shall specify the size, shape and other relevant parameters of the detection zone(s). The supplier shall define values in the range up to 200 mm as the minimum detectable object size of the VBPDP. The minimum detectable object size may be distance dependent. All points on a path projected from any point on the border of the detection zone to the imaging sensor of the VBPDP shall be within the detection zone or the zone with limited detection capability (see 4.1.4).

#### **4.2.12.3 Response time**

Objects of the minimum detectable size that are either stationary or moving within the detection zone at any speed up to 1,6 m/s shall be detected by the ESPE within the specified response time. The supplier shall specify the maximum response time. The supplier shall take into account worst case conditions including, for example, frame rate, evaluation time, minimum diameter of the test piece, maximum speed of the test piece and number of objects in the detection zone as well as environmental influences. Where the supplier states that a VBPDP can be used to detect objects moving at speeds greater than 1,6 m/s, the requirements shall be met at any speed up to and including the stated maximum speed(s).

#### **4.2.12.4 Tolerance zone(s)**

Where a tolerance zone is necessary, the supplier shall specify the tolerance zone(s).

The supplier shall take into account worst-case conditions including for example, signal-to-noise ratio S/N.

NOTE The tolerance zone depends on optical performance, systematic interferences, pixel size, resolution, geometry of the pattern elements, etc.

#### 4.2.12.5 Passive reference pattern(s) and object discrimination

The reference pattern is part of the VBPDPP. The design of the passive reference pattern shall be made in a way that discrimination of the object from the pattern can be achieved. The detection capability shall not be decreased below the limits specified by the supplier by any of, but not limited to the following influences:

- a) contrast between pattern elements;
- b) contrast changes within pattern elements;
- c) size of pattern elements and number of pattern elements used for object detection;
- d) size of pixels and numbers of pixels used for object detection;
- e) algorithm/routines used for object discrimination in front of reference pattern;
- f) automatical adaption of algorithm/routines;
- g) size, shape, colour, reflectivity, position and texture of object compared to reference pattern;
- h) resulting contrast between object and pattern elements on the imaging sensor.

#### 4.2.13 Test pieces for type testing

##### 4.2.13.1 General

The test pieces shall be provided by the supplier for use in the type tests of Clause 5. They shall be marked with a type reference and identification of the VBPDPP with which they are intended to be used.

The test pieces shall be opaque.

The test pieces shall have a diameter equal to the maximum specified detection capability (minimum diameter).

Different test pieces can be required for different phases of the test procedures.

Characteristics of the test piece which shall be considered are:

- size;
- shape;
- colour;
- reflectivity;
- contrast with background;
- texture.

When defining the characteristics of the test piece, protection against camouflage (i.e. mimic the background appearance), with the reference pattern shall be taken into account. The reflectivity of the test piece shall be selected to create a worst-case condition for the reference pattern discriminators. As a minimum, the following surfaces shall be considered:

- A black surface with a diffuse reflectance value below 5 % at the operating wavelength of the VBPDPP;
- a white surface with a diffuse reflectance value in the range of 80 % to 90 % at the operating wavelength of the VBPDPP;
- a retroreflective surface that complies with the requirements for separate performance retro-reflective material of ISO 20471 or equivalent.

Where other surface characteristics are shown to be critical as result of the analysis of the design, these characteristics shall be applied to the test piece. Test pieces of different reflectivity may be necessary.

#### 4.2.13.2 Spherical test piece

If the VBPDP is intended to be used for whole body detection, then the test piece shall be a sphere with a maximum diameter of 200 mm attached to a cylinder with a maximum diameter of 50 mm and a length selected for ease of use.

NOTE A spherical test piece with a diameter of 200 mm is intended to represent the thickness of a body.

#### 4.2.13.3 Cylindrical test piece

The test piece shall be cylindrical for detection capabilities up to 40 mm. The test piece shall have a diameter equal to the maximum specified detection capability (minimum diameter) and a length selected for ease of use.

NOTE Depending on the diameter of the cylindrical test piece, it can represent fingers, hands or wrists.

#### 4.2.13.4 Conical test piece

The test piece shall be a truncated cone in combination with a cylinder if the VBPDP is intended to be used for arm detection. The test piece starts with a diameter of 40 mm increasing up to 55 mm as a cone over a length of 180 mm and continues as a cylinder with a diameter of 55 mm to an overall length of 440 mm.

The test piece shall be a truncated cone if the VBPDP is intended to be used for leg detection. The test piece starts with a diameter of 50 mm increasing up to 117 mm over a length of 1 000 mm.

If the VBPDP is intended to be used for detection of different parts of a body, the selection of the most appropriate test pieces shall be dependent on the analysis of the design and intended application. In some cases, all test pieces can be required.

#### 4.2.14 Wavelength

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

#### 4.2.15 Radiation intensity

Where the VBPDP is of the type that emits light and if the emitting device uses LED technology, the radiation intensity generated and emitted by the VBPDP shall meet the requirements of exempt group in accordance to IEC 62471:2006.

NOTE Exempt group is equal to risk group zero (IEC 62471:2006).

Where the VBPDP is of the type that emits light and if the emitting device uses laser technology, the radiation intensity generated and emitted by the VBPDP shall at no time exceed the maximum power or energy levels for a class 1M device in accordance with 8.2 of IEC 60825-1:2007.

#### 4.2.16 Mechanical construction

When the detection capability can be decreased below the limit stated by the supplier as a result of a change of position of its components, the fixing of those components shall not rely solely on friction.

NOTE The use of oblong mounting holes without additional means could lead for example to a change of the position of the detection zone under mechanical interference such as bump.

### 4.3 Environmental requirements

#### 4.3.1 Ambient air temperature range and humidity

*Addition:*

The ESPE shall not fail to danger when subjected to a rapid change of temperature and humidity leading to condensation on the optical window.

This requirement is verified by the condensing test of 5.4.2.

*Additional environmental requirements:*

#### 4.3.5 Ambient light intensity

The VBPDP shall continue in normal operation within a range of illumination on the passive pattern, from 100 lx to 1 500 lx. If the supplier specifies background characteristics with lower limits those shall be used. The tests shall be performed at those limits. Outside this range or these limits the VBPDP shall not fail to danger.

#### 4.3.6 Light interference

The VBPDP shall continue in normal operation when subjected to the following:

- incandescent light;
- flashing beacons;
- fluorescent lights operated with high-frequency electronic and line power supply.

The VBPDP shall not fail to danger when subjected to

- incandescent light;
- stroboscopic light;
- high-intensity fluorescent lights operated with high-frequency electronic and line power supply;
- laser beam;
- VBPDP of identical design.

These requirements are verified by the tests of 5.4.6.

The supplier shall inform the user of potential problems not covered by the requirements of this technical specification.

Based on the technologies and algorithms used as well as the analysis of 5.2.9, additional tests may be necessary.

#### 4.3.7 Pollution interference

##### 4.3.7.1 Effects on optical window

Pollution on the optical window shall not lead to a failure to danger.

Pollution resulting in a complete loss of the stated VBPDP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within the specified response time.

Pollution resulting in a deterioration of the stated VBPDP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within a time period of 5 s following the occurrence of the pollution interference.

#### 4.3.7.2 Effects in the detection zone

Pollution within the detection zone or the zone with limited detection capability shall not lead to a failure to danger.

Pollution resulting in a complete loss of the stated VBDPP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within the specified response time.

Pollution resulting in a deterioration of the stated VBDPP detection capability shall cause the ESPE to go to a lock-out condition within a time period of 5 s following the occurrence of the pollution interference

#### 4.3.8 Changes of passive pattern

Changes of the passive pattern caused by, for example, fading, ageing, mechanical effects or contamination shall not lead to a failure to danger.

#### 4.3.9 Manual interference

Following conditions shall not lead to a failure to danger:

- covering the optical window of the housing of the VBDPP or other parts (if applicable);
- placing objects within the zone of limited detection capability;
- moving the passive pattern (except if the pattern is required to be permanently fixed) in any direction.

In such cases, the VBDPP shall respond by giving (an) appropriate output signal(s) until the manual interference is removed.

#### 4.3.10 Optical occlusion (eclipsed by small object)

The VBDPP detection capability shall be maintained if moving or static objects or parts of a machine which are smaller than the detection capability are in the detection zone or the Zone with limited detection capability, which can block the view of the object which shall be detected. If the detection capability can not be maintained the OSSDs shall go to the OFF-state and shall remain in the OFF-state if the object is removed. This shall be verified by analysis and by a test according to 5.4.9.

NOTE Software filtering algorithms are sometimes provided to disregard small objects, for example, to increase the reliability of operation.

#### 4.3.11 Drift or ageing of components

Drift or ageing of components that would reduce the detection capability below the stated value shall not cause a failure to danger of the ESPE, shall be detected within 5 s and shall lead to a lock-out condition.

If a reference object is used for monitoring ageing and drift of components, variations in the properties of the reference object (for example, reflectance) shall not cause a failure to danger of the ESPE. If a reference object is used to monitor ageing and drift of components, it shall be considered to be part of the VBDPP and shall be provided by the supplier of the VBDPP.

## 5 Testing

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

### 5.1 General

#### 5.1.1 Type tests

##### 5.1.1.1 Test samples

*Addition:*

As a result of the analysis of the design and optical performance of the VBPDPP the test plan shall be established considering the test conditions and parameters outlined in this document.

The minimum test conditions shall be as specified in this technical specification or by the supplier, whichever is more stringent. Unless otherwise stated, the tests shall be done with the minimum detection zone positioned as specified in Table 1.

In the following tests, it shall be verified that when the OSSDs go to the OFF-state, they remain in the OFF-state while the test piece is present in the detection zone.

##### 5.1.2 Test Conditions

###### 5.1.2.1 Test environment

*Addition:*

Unless otherwise stated in this part of IEC 61496, the VBPDPP shall be set up for the test with ambient light intensity of between 50 lx and 300 lx measured on the background.

The ambient light source should provide evenly distributed illumination as far as practical.

###### 5.1.2.2 Measurement accuracy

*Addition to the first paragraph:*

- for light intensity measurement:  $\pm 10\%$

### 5.2 Functional tests

#### 5.2.1 Sensing function

*Addition:*

##### 5.2.1.1 General

The sensing function and the integrity of the detection capability shall be tested as specified, taking into account the following:

- Tests shall be performed with the test piece close to the reference pattern, close to the zone of limited detection and close to the tolerance zone(s). Tests at other locations may be required depending on analysis of the design and worst-case considerations.
- All tests shall be performed with the test piece axis parallel to the reference pattern. Tests at other angles of inclinations may be required depending on analysis of the design and worst-case considerations.
- During the tests, the fixture holding the test piece should not be visible to the sensor (as much as practical).

- The tests shall verify that the specified test pieces are detected when the test piece is placed entirely inside the stated detection zone(s) as far as the stated detection capability.
- The tests shall verify that the specified test pieces are continuously detected when the test piece is moving into or within the detection zone at any speed from 0 m/s to 1,6 m/s. Where the supplier states that objects can be detected moving at higher speeds, the requirements shall be met at all speeds up to the stated maximum speeds.
- The number, selection and conditions of the individual tests shall be such as to verify the requirements of 4.2.12.

It shall be verified that the sensing device is continuously actuated and, where appropriate, that the OSSDs go to the OFF-state as described below, taking into account the operating principle of the VBPDPP and, in particular, the techniques used to provide tolerance to environmental interference.

An overview of the minimum tests required for verification of the detection capability is shown in Table 1.

**Table 1 – Verification of detection capability requirements (see also 4.2.12)**

Sub-clause	Test related to	Conditions <sup>a</sup>	Maximum operating distance from sensing device to reference pattern		Minimum operating distance from sensing device to reference pattern <sup>b</sup>	
			Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>	Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>
5.2.1.1	Sensing function	Applicable test piece (see 4.2.13) Speed between 0 m/s and 1,6 m/s	X	X	X	X
5.2.1.3	Ageing of components	<sup>d</sup>	See 5.2.1.3	See 5.2.1.3		
5.4.2 Part 1	Ambient temperature variation	50 °C or maximum <sup>e</sup> 5.4.2 of IEC 61496-1:2012 applies.				X
5.4.2 Part 1	Ambient temperature variation	0° or minimum, non-condensing <sup>f</sup> 5.4.2 of IEC 61496-1 applies.				X
5.4.2	Humidity	5.4.2 applies.				X
5.4.3 Part 1	Electrical disturbances	4.3.2, 5.2.3.1 and 5.4.3 of IEC 61496-1:2012 apply.				X
5.4.4.1	Vibration	5.4.4.1 applies				X
5.4.4.2	Bump	5.4.4.2 applies				X
5.4.6	Light interference	See Table 2				
5.4.7	Pollution on the surface of the optical window (4.3.7.1)		See 5.4.7	See 5.4.7	See 5.4.7	See 5.4.7
5.4.7	Pollution in the detection zone (4.3.7.2)		See 5.4.7	See 5.4.7	See 5.4.7	See 5.4.7

Sub-clause	Test related to	Conditions <sup>a</sup>	Maximum operating distance from sensing device to reference pattern		Minimum operating distance from sensing device to reference pattern <sup>b</sup>	
			Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>	Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>
5.4.8	Changes of passive reference pattern	Homogenous change for ageing Local effects for damage	See 5.4.8	See 5.4.8	See 5.4.8	See 5.4.8
5.4.9	Manual interference	Based on VBPDPP specific analysis	See 5.4.9	See 5.4.9	See 5.4.9	See 5.4.9
5.4.10	Optical occlusion	See 5.4.10	X (test piece position 5.4.10)	X (test piece position 5.4.10)		

<sup>a</sup> Specific tests may be required depending on an analysis of the design.

<sup>b</sup> For ease of use, testing at 0,5m may be performed if the minimum operating distance stated by the supplier is below this distance. Tests at other and/or additional operating distance(s) may be required based on analysis.

<sup>c</sup> Determining the location of the test piece within the detection zone may require analysis of the system to ensure that a worst case test is performed (e.g. when the sensor axis is not perpendicular to the reference pattern).

<sup>d</sup> Effects of ageing of components, undetected faults of components and pollution on the surface of the optical window of the housing should be addressed within the endurance test, otherwise additional tests may be necessary.

<sup>e</sup> VBPDPP in test chamber – open test chamber – start test within 1 min.

<sup>f</sup> VBPDPP in test chamber – open test chamber – test without condensation

### 5.2.1.2 Integrity of the VBPDPP detection capability

It shall be verified that the VBPDPP detection capability is continuously maintained or the ESPE does not fail to danger by systematic analysis of the design of the VBPDPP, using testing where appropriate and/or required, taking into account 4.2.12.1 and 4.2.12.5.

### 5.2.1.3 Endurance test of the detection capability

It shall be verified that the detection capability is maintained by carrying out an endurance test as follows. The results of the analysis and testing according to 5.2.1.2 shall be used to determine the conditions and the appropriate test piece (see 4.2.13) to use for this test.

A limited functional test B (B test) in accordance with 5.2.3.3 of IEC 61496-1 shall be carried out with the ESPE in continuous operation under the conditions determined. The test piece shall be placed in a position with minimum contrast of the evaluation image between reference pattern and test piece and left in this position for a time period of 96 h.

*Additional subclauses:*

### 5.2.9 Verification of optical performance

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

- confirmation of any filtering techniques (especially software filtering algorithms) employed, and their characteristics;
- the decision criteria used to determine whether or not the defined test piece(s) is (are) detected as being inside the detection zone;
- the discrimination of object in front of reference pattern in accordance with 4.2.12.5;

- d) the effect of undetected faults, in accordance with 4.2.2.4, on the electro-optical characteristics;
- e) worst-case response time;
- f) the effect of environmental influence.

The results of this analysis shall be used to determine if the requirements of 4.1.2 can be met.

### **5.2.10 Wavelength**

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

### **5.2.11 Radiation intensity**

If the emitting device uses LED technology, the radiation intensity shall be verified by measurement in accordance with IEC 62471 and inspection of the technical documentation provided by the supplier.

If the emitting device uses Laser technology, the radiation intensity shall be verified by measurement in accordance with IEC 60825-1 and inspection of the technical documentation provided by the supplier. The marking as a class 1 or class 1M laser shall be verified for correctness.

## **5.3 Performance testing under fault conditions**

### **5.3.2 Type 1 ESPE**

This subclause of Part 1 is not applicable.

### **5.3.3 Type 2 ESPE**

This subclause of Part 1 is not applicable.

### **5.3.4 Type 3 ESPE**

*Addition:*

It shall be verified that the drift or ageing of components that influence the detection capability will be detected within a time period of 5 s according to 4.3.11 and shall lead to a lock-out condition.

In practice, it will be impossible to combine single faults with all operating conditions and/or influences listed in 4.2.12.1 by practical test. A combination of one or more of the following is sufficient to verify the requirement to combine single faults with operating conditions/influences as required by 4.2.2.4:

- analysis;
- simulation; and
- tests carried out in the presence of a single fault, where relevant.

### **5.3.5 Type 4 ESPE**

This subclause of Part 1 is not applicable.

## 5.4 Environmental tests

### 5.4.2 Ambient temperature variation and humidity

*Addition:*

The ESPE shall be subjected to the following condensing test:

- the ESPE shall be supplied with its rated voltage and stored in a test chamber at an ambient temperature of 5 °C for 1 h;
- the ambient temperature and the humidity shall be changed within a time period of up to 2 min to a temperature of  $(25 \pm 5)$  °C and a relative humidity of  $(70 \pm 5)$  %;
- a C-test shall be performed with a duration of 10 min using the test piece (see 4.2.13);
- if a restart interlock is available it shall not be operational during the C-test.

### 5.4.4 Mechanical influences

#### 5.4.4.1 Vibration

*Addition:*

If the sensing device of the VBPDPP is not intended to be mounted on a machine (i.e. not intended to be subjected to high vibration), the levels of amplitude and frequency may be reduced for the A-test depending on the intended application. In this case, a C-test may be carried out instead of the B-test.

At the end of the tests, the VBPDPP shall be inspected for the absence of damage including displacement of optical components and mounting brackets. It shall be verified by test that the detection zone has not changed in orientation, size or position.

#### 5.4.4.2 Bump

*Addition:*

If the sensing device is not intended to be mounted on a machine (i.e., not intended to be subjected to severe bumps), the test conditions may be reduced for the A-test depending on the intended application. In this case, a C-test may be carried out instead of the B-test.

At the end of the tests, the VBPDPP shall be inspected for the absence of damage including displacement of optical components and mounting brackets. It shall be verified by test that the detection zone has not changed in orientation, size or position.

*Additional environmental tests:*

### 5.4.6 Light interference

#### 5.4.6.1 General

Each test shall be carried out at the operating distance as specified in Table 2, 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
- an analysis shows such tests to be necessary.

Ambient light shall be delivered by using the incandescent light source or using natural illumination. Unless otherwise stated, the ambient light intensity during interfering light tests shall be within a range of 50 lx and 300 lx.

In the following test procedures, unless otherwise stated, the light intensity limits are contributed by the interfering light source. The ambient light values should be added during light intensity measurements.

Table 2 gives an overview of the light interference tests.

**Table 2 – Overview of light interference tests**

Test Num.	Sub clause	Test related to <sup>a</sup>	Light source /Test sequence <sup>a</sup>	Light intensity	Maximum operating distance from sensing device to reference pattern		Minimum operating distance from sensing device to reference pattern <sup>b</sup>	
					Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>	Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>
1	5.4.6.4	Normal operation- Interference on pattern	Incandescent /Test sequence 1	1 500 lx	X	X	X	X
2	5.4.6.4	Normal operation- Interference on pattern	Incandescent / Test sequence 1	100 lx	X	X	X	X
3	5.4.6.4	Normal operation- Interference on pattern	Flashing beacon / Test sequence 1	Resulting from mounting distance 3 m to optical axis and 2 m over floor	X	X		
4	5.4.6.4	Normal operation- Interference on pattern	Incandescent with shadow / Test sequence 1	1 500 lx bright area – ≤ 750 lx shadow area	X	X		
5	5.4.6.5	Failure to danger- Interference on pattern	Incandescent / Test sequence 2	3 000 lx	X	X	X	X
6	5.4.6.5	Failure to danger- Interference on pattern	Incandescent / Test sequence 2	50 lx	X	X	X	X
7	5.4.6.5	Failure to danger- Interference on pattern	Stroboscopic / Test sequence 2	Resulting from mounting distance 3 m to optical axis and 2 m over floor	X	X		
8	5.4.6.6	Normal operation- Interference on sensing device	Incandescent / Test sequence 1	1500 lx over ambient light		X		
9	5.4.6.6	Normal operation- Interference on sensing device	Line frequency fluorescent / Test sequence 1	750 lx		X		
10	5.4.6.6	Normal operation-	High frequency	750 lx		X		

Test Num.	Sub clause	Test related to <sup>a</sup>	Light source /Test sequence <sup>a</sup>	Light intensity	Maximum operating distance from sensing device to reference pattern		Minimum operating distance from sensing device to reference pattern <sup>b</sup>	
					Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>	Test piece at minimum detection distance <sup>c</sup>	Test piece on reference pattern <sup>c</sup>
		Interference on sensing device	fluorescent / Test sequence 1					
11	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	Incandescent / Test sequence 2	3 000 lx		X		
12	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	Line frequency fluorescent / Test sequence 2	1 500 lx		X		
13	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	High frequency fluorescent / Test sequence 2	1 500 lx		X		
14	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	Laser beam / Test sequence 3	Between 0,7 mW and 1 mW		X		
15	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	VBPDP of identical design / Test sequence 3			X		
16	5.4.6.7	Failure to danger- Interference on sensing device	Incandescent / Test sequence 3	3 000 lx decreasing to 0 lx		X		

<sup>a</sup> Specific tests may be required depending on an analysis of the design.

<sup>b</sup> For ease of use testing at 0,5 m may be performed if the minimum operating distance stated by the supplier is below this distance. Tests at other and/or additional operating distance(s) may be required based on analysis.

<sup>c</sup> Determining the location of the test piece within the detection zone may require analysis of the system to ensure that a worst case test is performed (e.g. when the sensor axis is not perpendicular to the reference pattern).

### 5.4.6.2 Light sources

The light sources shall be as follows.

- a) Incandescent light source: a tungsten halogen (quartz) lamp having characteristics within the following limits:
- 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  $\pm$  5 %, sinusoidal a.c. (50 Hz/60 Hz);

- nominal length: 150 mm to 250 mm.
- b) Line-frequency fluorescent light source: a linear fluorescent tube having characteristics within the following limits (operating without a reflector or diffuser):
  - size: T8 × 600 mm (26 mm nominal diameter);
  - rated power: 18 W to 20 W;
  - colour temperature: 3 000 K to 6 000 K;
  - operated at its rated supply voltage: ± 5 % sinusoidal a.c. (50 Hz/60 Hz).
- c) High-frequency fluorescent light source: a linear fluorescent tube having characteristics within the following limits (operating without a reflector or diffuser):
  - size: T8 × 600 mm (26 mm nominal diameter);
  - rated power: 18 W to 20 W;
  - colour temperature: 3 000 K to 6 000 K;
  - operated at its rated supply voltage: ± 5 %, sinusoidal a.c. (50 Hz /60 Hz) in combination with an electronic ballast having an operating frequency within the range of 25 kHz to 50 kHz.
- d) Flashing-beacon light source: a flashing beacon employing a xenon flash tube (without enclosure, reflector or filter) having characteristics within the following limits:
  - flash duration: from 40 µs to 1 200 µs (measured to the half-intensity point);
  - flash frequency: 0,5 Hz to 2 Hz;
  - input energy per flash: 3 joules to 5 joules.
- e) Stroboscopic light source: a stroboscope employing a xenon flash tube (without enclosure, reflector or filter) having characteristics within the following limits:
  - flash duration: from 5 µs to 30 µs (measured to the half-intensity point);
  - flash frequency: 5 Hz to 200 Hz (adjustable range);
  - input energy per flash: 0,05 joule (at 200 Hz) to 0,5 joule (at 5 Hz).
- f) Laser beam pointer: a collimated laser beam having characteristics within the following limits:
  - flash duration: continuous wave mode;
  - wavelength: within 550 nm up to 670 nm;
  - beam shape: diameter below 5 mm;
  - light intensity: 0,7 mW up to 1 mW;
  - laser Class: 2.

Attention – The procedures and applicable measures for the safe use of a laser class 2 device in accordance to IEC 60825-1 should be followed.

### 5.4.6.3 Test sequences

NOTE The A, B, and C tests below are defined in IEC 61496-1:2012, 5.2.3.

Test sequence 1:

- 1 – OSSDs of the ESPE in ON-state
- 2 – Switch on interfering light (OSSDs shall remain in the ON-state)
- 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 – OSSDs of the ESPE in ON-state
- 2 – Switch on interfering light
- 3 – C-tests repetitively for 1 min
- 4 – Switch off ESPE for 5 s. Restore power. Reset start interlock, if fitted
- 5 – C-tests repetitively for 1 min
- 6 – Switch off interfering light
- 7 – C-tests repetitively for 1 min

Test sequence 3:

- 1 – OSSDs of the ESPE in ON-state
- 2 – Switch on the interfering light
- 3 – C-tests repetitively for 3 min

#### 5.4.6.4 Normal operation – Interference on reference pattern

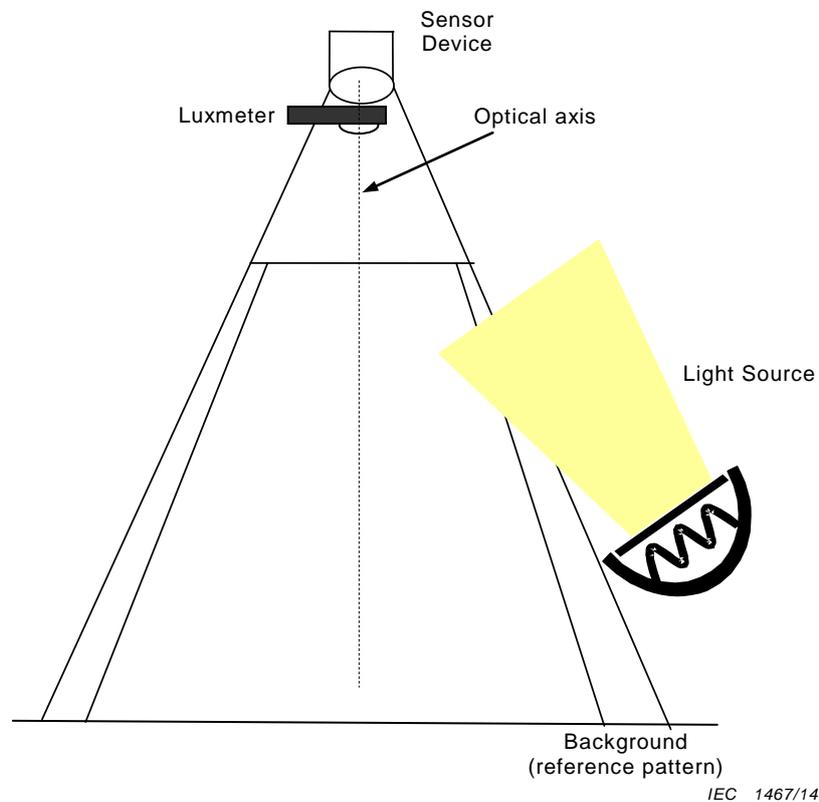
The ESPE shall continue in normal operation throughout test sequence 1 in 5.4.6.3 using each of the following types of interfering light, positioned outside the sensing zone. Tests shall be carried out at the distances shown in Table 2.

Light intensity measurements shall be made in accordance to Figure 3.

- The incandescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity of 1 500 lx.
- The incandescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity of 100 lx without any additional ambient light.
- The flashing-beacon light source of 5.4.6.2 shall be placed at the outer limit of the sensing zone but at least at a distance of 3 m from the optical axis of the sensor and 2 m in height from the floor of the sensing zone.
- Single incandescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity of 1 500 lx with a cylindrical object held in front of the light source and outside the tolerance zone producing a shadow on the passive pattern. The size of the shadow shall be within a range of 1 to 10 times the detection capability. The light intensity within the shadowed area shall be below 50 % of the bright area.
- The luxmeter shall be positioned on the background and perpendicular to the optical axis.



- The high frequency fluorescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity increase of 750 lx.
- The luxmeter shall be positioned on the sensing device and perpendicular to the optical axis.
- The light source shall be positioned adjacent to the tolerance zone.



**Figure 4 – Light intensity measurement setup for direct light tests**

#### 5.4.6.7 Failure to danger – Interference on sensing device

Interfering light sources shall be positioned outside the sensing zone but adjacent to the tolerance zone. Tests shall be carried at distances shown in Table 2.

Light intensity measurements shall be made in accordance to Figure 4.

The ESPE shall not fail to danger throughout test sequence 2 in 5.4.6.3 using each of the following types of interfering light:

- The incandescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity of 3 000 lx.
- The line frequency fluorescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity increase of 1 500 lx.
- The high frequency fluorescent light source of 5.4.6.2 producing a light intensity increase of 1 500 lx.

The ESPE shall not fail to danger throughout test sequence 3 in 5.4.6.3 using each of the following types of interfering light:

- The laser beam source of 5.4.6.2 with the laser beam positioned inside the aperture of the sensing device objective.
- A VBPDPP of identical design, if analysis shows that the VBPDPP is sensitive to such interference.

- The incandescent light source of 5.4.6.2 decreases from 3 000 lx to 0 lx in steps of 1 000 lx. Test sequence 3 shall be repeated at each step of decreased brightness.

#### 5.4.7 Pollution interference

A systematic analysis of the design of the VBPDPP shall be carried out to decide which test methods and test conditions are appropriate to satisfy the requirements of 4.3.7. These tests shall be carried out to test for no failure to danger.

Changes based on pollution which lead to a reduction of the discrimination against the object which shall be detected have to be considered.

The test setup should include the whole field of view of the monitored passive pattern.

NOTE Specific test procedures will be developed.

#### 5.4.8 Changes of passive reference pattern

A systematic analysis of the design of the VBPDPP shall be carried out to decide which tests and test methods are appropriate to satisfy the requirements of 4.3.8. These tests shall be carried out to test for no failure to danger.

Ageing of the passive reference pattern shall be considered as homogenous change over the whole pattern.

Damage of the passive reference pattern shall be considered as local effect on the pattern.

Changes of the reference pattern which lead to a reduction of the discrimination against the object which shall be detected have to be considered.

NOTE Specific test procedures will be developed.

#### 5.4.9 Manual interference

A systematic analysis of the design of the VBPDPP shall be carried out to decide which tests and test methods are appropriate to satisfy the requirements of 4.3.9. These tests shall be carried out to test for no failure to danger.

NOTE Specific test procedures will be developed.

#### 5.4.10 Optical occlusion

Immunity against optical occlusion within the detection zone or the zone with limited detection capability shall be tested as follows:

- a) The object used for simulating optical occlusion shall be a cylinder with a minimum effective length of 0,3 m. The surface of the test piece shall have a diffuse reflectance value below 20 % at the operating wavelength.
- b) The diameter of the occluding object shall be 5 mm unless determined otherwise by the analysis of 4.3.10.
- c) During the test, the occluding object shall be used parallel to the reference pattern plane of the VBPDPP.
- d) The detection zone shall be set to maximum, when applicable.
- e) The test shall be carried out by placing the occluding object adjacent to the tolerance zone within the detection zone or the zone with limited detection capability as near as possible to the VBPDPP with the OSSDs in the ON-state.
- f) The test piece in accordance to 4.2.13 shall be used for the C-tests to be performed.

- g) C-tests shall be performed to verify that the stated detection capability is maintained in the presence of optical occlusion. The test piece shall be moved between the occluding object and the reference pattern as close as possible to the occlusion object and at the stated maximum detection distance.
- h) Additional tests shall be carried out when the analysis of 4.3.10 shows that the following can affect the immunity to optical occlusion:
  - 1) distances between the VBPDPP and the occluding object other than those stated above;
  - 2) dimensions of the detection zone other than the maximum;
  - 3) other distances between the occluding object and the test piece;
  - 4) different diameters of the occluding object at different distances from the VBPDPP;
  - 5) different positions of the occluding object in front of the VBPDPP (for example, different angles); and/or
  - 6) more than one occluding object.

## 6 Marking for identification and for safe use

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

### 6.1 General

*Addition:*

- l) indication of the zone of detection;

The markings required by 6.1 b), c) and d) of IEC 61496-1:2012 may alternatively be given in the accompanying documents.

## 7 Accompanying documents

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

*Additions:*

- aaa) instruction that it shall be verified that the view of the passive pattern within the detection zone and tolerance zone is not blocked by parts of the machine or other objects;
- bbb) instruction that the detection capability dimension shall be added to the safe distance calculations of ISO 13855. This is because response time specifications assume that the object can be entirely within the detection zone before it is detected;
- ccc) the manufacturer shall inform the user of potential problems not covered by the requirements of this part of IEC 61496;
- ddd) the manufacturer shall describe procedures for permanent fixing of passive pattern and further measures (for example prevent easy access for workers to additional passive pattern);
- eee) if the VBPDPP has a zone of limited detection capability, the manufacturer shall provide information as required in 4.1.6;
- fff) application examples showing the tolerance zone(s) if applicable;
- ggg) dimensions of maximum and minimum detection zone(s) and tolerance zone(s);

- hhh) information about the minimum required distance between the border of a detection zone and the surrounding environment without detecting, for example, walls or parts of machines in order to guarantee reliability in operation;
  
- iii) for setting the detection zone(s) including consideration of the tolerance zone(s) and details on other optional functions of the VBPDP, described in Annex A of this part of IEC 61496 if these options are available. A clear statement shall be given when a zone(s) is (are) described, whether its description is related to the detection zone(s) as defined in 3.4 of IEC 61496-1:2012 or the combination of the detection zone(s) and the tolerance zone(s).

## **Annex A** (normative)

### **Optional functions of the ESPE**

Annex A of Part 1 applies except as follows:

Clause A.8 does not apply.

*Additional optional functions:*

#### **A.9 Setting the detection zone and/or other safety-related parameters**

##### **A.9.1 Functional requirements**

The setting of the detection zone and/or other safety-related parameters shall not be possible without using a key, key-word or tool. This tool that is part of the VBPDPP can be for example a password protected software configuration program.

If the setting is carried out using a personal computer or equivalent fitted with untested dedicated hardware and/or software, a special procedure shall be used for setting the detection zone. This procedure shall be in accordance with corresponding computer standards (see also 4.2.11 of IEC 61496-1:2012). If the tool is software, only software authorized by the supplier shall be used.

The procedure shall include confirmation of input parameters to the ESPE by retransmitting these input parameters to the configuration unit (for example, a personal computer) and subsequent confirmation by the user.

This configuration procedure shall be used for all safety-related settings, for example, the setting of the response time.

The setting of safety-related parameters should only be performed by qualified persons.

##### **A.9.2 Verification**

The setting of a detection zone or other safety-relevant parameter(s) shall be verified as follows:

- a) verification of the correct setting function(s) for each configuration parameter (minimum, maximum and representative values);  
NOTE It is possible that the detection zone displayed on the screen of a configuration tool (for example, a personal computer) can be different from the actual detection zone of the ESPE.
- b) verification that the configuration parameters are checked for plausibility, for example by use of invalid values, etc.;
- c) verification that the access to, and methods of, configuration by the user are in accordance with the requirements of corresponding standards (see, for example, 4.2.11 of IEC 61496-1:2012, or other relevant standards);
- d) verification in the case of detection zones that can be varied in size during operation, that the data/signals for determining the size of a detection zone are generated and processed in such a way that a single fault shall not lead to a loss of the safety function. Verification that such a single fault is detected and causes the OSSDs to remain in the OFF-state or to go to the OFF-state within the response time of the ESPE.

## A.10 Selection of multiple detection zones

### A.10.1 Functional requirements

If an ESPE has more than one safety-related detection zone, a single fault shall not lead to an unintended change from one selected zone to another zone. In cases where a single fault which does not cause a failure to danger of the ESPE is not detected, the occurrence of a further fault internal to the ESPE shall not cause a failure to danger.

Where the input signals are derived from device(s) external to the ESPE, this device(s) should meet the relevant requirements of other appropriate standards (for example ISO 13849-1, IEC 61508, IEC 62061).

Single faults that prevent an intended change from one selected zone to another or prevent the activation of an additional safety-related detection zone shall cause the ESPE to go to a lock-out condition when a demand requires an activation of another zone or an activation of an additional zone. The specified response time(s) shall be maintained in this case.

NOTE 1 It is possible that each zone has a different response time as specified by the manufacturer.

If a detection zone is changed in size on-line for example by external inputs, the same requirement applies.

The activation of the detection zones shall be monitored by the ESPE. The user shall have the possibility to configure the sequence of activation of the detection zones which is monitored by the ESPE. If an incorrect sequence of activation of the detection zones is detected, the ESPE shall respond by going to a lock-out condition.

The possibility that persons may already be within the detection zone at the moment of switching between different detection zones should be considered.

NOTE 2 The automatic selection of safety-related detection zones is not a muting function (as described in A.7 of IEC 61496-1:2012).

### A.10.2 Verification

The functional requirements for the selection of multiple detection zones shall be verified as follows.

- a) Verification that a single fault does not lead to an unintended change from one selected zone to another zone. Verification that a single fault does not prevent an intended change from one selected zone to another or prevent the activation of an additional safety-related detection zone. Verification, that a further fault will not lead to a failure to danger, shall be carried out according to 5.3.4.
- b) Verification that common-mode failures cannot lead to a deactivation or variation of the detection zones.
- c) Verification that the specified response time of the ESPE is maintained in the case of switching between different detection zones.
- d) Verification that the user has the possibility to configure the sequence of activation of the detection zones which is monitored by the ESPE.
- e) Verification that the ESPE goes to the lock-out condition when the sequence of activation differs from that configured by the user.

## **A.11 Automatic setting of detection zones**

### **A.11.1 Functional requirements**

If the ESPE has the possibility to automatically set the detection zone(s), the setting of the detection zone shall be valid only after being verified by penetrating all segments of the detection zone at least once in a corridor with a maximum width of 0,75 m along the border of the detection zone in the plane of the reference pattern. The corridor shall be inside the detection zone.

The automatic setting of a detection zone shall not be possible without using a tool. This tool can be, for example, a password protected software configuration program.

When determining the ranging accuracy of an automatically set detection zone, all conditions as listed in this part of IEC 61496 shall be taken into account, especially environmental interferences.

### **A.11.2 Verification**

The functional requirements for automatically setting a detection zone shall be verified by the following tests:

- a) tests according to A.9.2 a), b) and c);
- b) test that the detection zone was set correctly by penetrating all segments of the detection zone at least once in a corridor with a maximum width of 0,75 m along the border of the detection zone;
- c) verification that a tool (for example, a password protected software configuration program) is necessary to enable automatic setting of a detection zone in the plane of the reference pattern.

## Annex B (normative)

### Catalogue of single faults affecting the electrical equipment of the ESPE, to be applied as specified in 5.3

Annex B of Part 1 is applicable except as follows.

*Addition:*

#### B.7 Imaging sensor

Faults considered	Exclusions
Wrong line addressing	None
Wrong column addressing	None
Crosstalk between lines, columns and pixels	None
Static image (no new image)	None
Stuck at high pixel	None
Stuck at low pixel	None
Change in register settings, if applicable	None
Failure in the analog to digital converter, if applicable	None
Failure in data pre-processing, if applicable (see Figure 1)	None

## Annex AA (informative)

### The positioning of VBPD in respect of parts of the human body

#### AA.1 Calculation of distances for electro-sensitive protective equipment employing vision based protective devices (VBPD)

NOTE 1 ISO 13855 provides a methodology to determine the minimum distance  $S$  from specific sensing or actuating devices of protective equipment to a danger zone. Clause 6 of ISO 13855:2010 details the calculation of minimum distances for electro-sensitive protective equipment employing active opto-electronic protective systems. This annex AA adopts the given approach and extends it where necessary. It is foreseen that after some experience, the methodology will be presented to the committees preparing ISO 13855 and IEC 62046 for adoption and integration in their standards.

When calculating minimum distances the requirements and formulae given by ISO 13855:2010, Clause 6 of should be taken into account including additions given by AA.2 to AA.4.

ISO 13855 distinguishes in the calculation of the minimum distance between:

- detection zone orthogonal to the direction of approach, and
- detection zone parallel to the direction of approach

Both cases can be applied for a three-dimensional volume; it is allowed to choose the resulting lower minimum distance  $S$ . Analysis has shown that the formulae for detection zones orthogonal to the direction of approach lead to a lower or equal minimum distance  $S$  in the cases described below. For the Formulae AA.5 to AA.9 it is considered that the outer shell of the three-dimensional detection zone is normal to the reference plane, e.g. floor. Other shapes such as ball-shaped or trapezoidal need further consideration. In addition, possible circumventing of an VBPD by reaching over the detection zone should be addressed according to ISO 13855:2010, Table 1.

To ensure that the value  $C_{RO}$  according to ISO 13855:2010, Table 1 is smaller than the value of  $(C + d)$  calculated according to the formulae below independent of the height  $a$  of the hazard zone, the height  $b$  of the upper edge of the detection zone of the VBPD should be 1 400 mm as a minimum for a detection capability  $\geq 70$  mm and 2 400 mm as a minimum in all other cases.

NOTE 2 A height  $b$  equal or greater than 1 400 mm respectively 2 400 mm means that there is no possible circumventing of an ESPE according to ISO 13855 by reaching over the detection zone.

#### AA.2 Calculation of the overall minimum distance $S_o$

When calculating the size or volume of a zone that is used to prevent a person reaching the hazard zone before the termination of the hazardous machine function an overall minimum distance  $S_o$  should be calculated by Formula (AA.1) and respectively (AA.4). Formula (AA.2) is a general formula given by ISO 13855.

$$S_o = S + S_a \quad (\text{AA.1})$$

$$S = (K \times T) + C \quad (\text{AA.2})$$

$$S_a = C_{tz} + d \quad (\text{AA.3})$$

$$S_o = (K \times T) + C + C_{tz} + d \quad (\text{AA.4})$$

where:

- $S_o$  is the overall minimum distance, in millimetres, combining the minimum distance  $S$  and an additional distance  $S_a$ ;
- $S$  is the minimum distance, in millimetres, from the hazard zone to the detection point, line, plane or zone;
- $S_a$  is an additional distance, in millimetres, combining the effects of systematic and random influences;
- $K$  is a parameter in millimetres per second, derived from data on approach speeds of the body or parts of the body (see ISO 13855 for details);
- $T$  is the overall system stopping performance in seconds;
- $C$  is an additional distance in millimetres, based on the distance, which a part of the body may be moving towards the hazard zone prior to the actuation of the protective device;
- $C_{tz}$  is an additional distance in millimetres, based on the tolerance zone of the protective device to satisfy systematic and random influences;
- $d$  is the detection capability in millimetres.

NOTE Protective devices employing a volume as a detection zone will normally require a test piece to be inside the detection zone with a dimension of at least its stated detection capability. This is taken into account by the corresponding test procedures (see for example Clause 5). Therefore the dimension of the test piece ( $d$ ) is part of the additional distance  $S_a$  in the Formulae AA.3 and AA.4. If partial intrusion (see AA.5, Example 2) satisfies the requirements of this part of IEC 61496, only the relevant portion of the dimension  $d$  is used in those formulae (i.e.  $d_1$  in Figures AA.4 to AA.6).

### AA.3 Vision based protective devices with a detection capability > 40 mm and ≤ 55 mm

The minimum distance  $S$  in millimetres should be calculated by Formula (AA.5) for VBPD having a detection capability in the range > 40 mm and ≤ 55 mm:

$$S = (K \times T) + C_{40} + C_{55} \quad (\text{AA.5})$$

where:

- $S$  is the minimum distance, in millimetres, from the hazard zone to the detection point, line, plane or zone;
- $K$  is a parameter in millimetres per second, derived from data on approach speeds of the body or parts of the body (see ISO 13855 for details);
- $T$  is the overall system stopping performance in seconds;
- $C_{40}$  is an additional distance in millimetres, based on formulae given by ISO 13855 with  $C_{40} = 8 (d - 14 \text{ mm}) = 8 (40 \text{ mm} - 14 \text{ mm}) = 208 \text{ mm}$ ;
- $C_{55}$  is an additional distance in millimetres, based on the formula  $C_{55} = 12 (d - 40 \text{ mm})$ ;
- $d$  is the detection capability in millimetres.

Then

$$S = (K \times T) + 208 \text{ mm} + 12 (d - 40 \text{ mm}) \quad (\text{AA.6})$$

$$S = (K \times T) + 12 d - 272 \text{ mm} \quad (\text{AA.7})$$

NOTE The formula for  $C_{55}$  is derived from an estimation based on data given by B. Flügel, H. Greil, K. Sommer, Anthropologischer Atlas, Verlag Tribüne Berlin 1986, ISBN 3-7303-0042-3.

For the calculation of  $C_{40}$ , the value of  $d$  has to be 40 mm, irrespective of the detection capability stated by the manufacturer. For the calculation of  $C_{55}$ , the value of  $d$  is the detection capability stated by the manufacturer.

#### **AA.4 Vision based protective devices with a detection capability > 55 mm and ≤ 200 mm**

The minimum distance  $S$  in millimetres should be calculated by Formula (AA.8) for VBPD having a detection capability in the range > 55 mm and ≤ 200 mm.

$$S = (K \times T) + C \quad (\text{AA.8})$$

where:

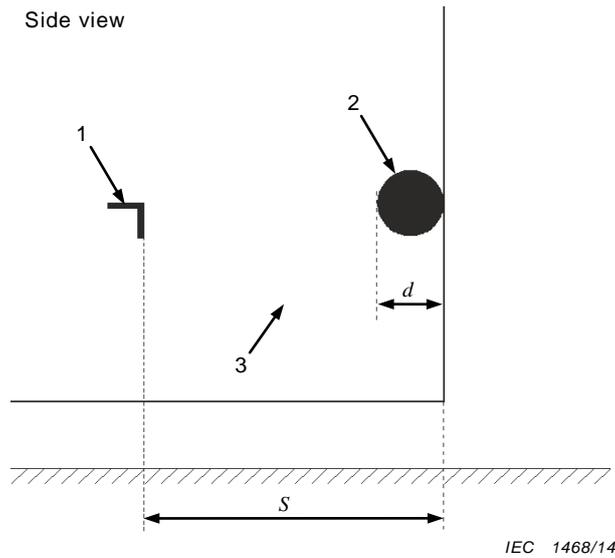
- $S$  is the minimum distance, in millimetres, from the hazard zone to the detection point, line, plane or zone;
- $K$  is a parameter in millimetres per second, derived from data on approach speeds of the body or parts of the body with  $K = 1\,600$  mm/s (see ISO 13855 for details);
- $T$  is the overall system stopping performance in seconds;
- $C$  is an additional distance of 850 mm; according to ISO 13855 this value is considered to be the standard arm reach.

Then

$$S = (1\,600 \text{ mm/s} \times T) + 850 \text{ mm} \quad (\text{AA.9})$$

#### **AA.5 Examples of detection zone and tolerance zone**

For description of letter symbols used in Figures AA.1 to AA.6, see AA.2.

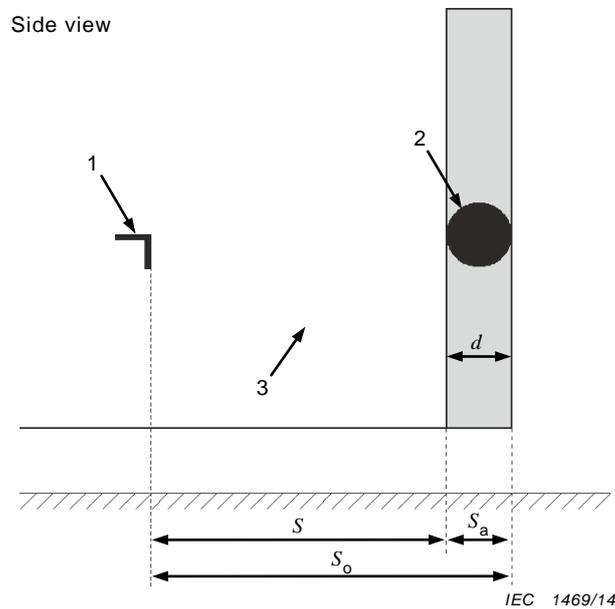


**Key**

- 1 - Hazard zone
- 2 - Test piece
- 3 - Detection zone

**Figure AA.1 – Minimum distance  $S$  – Example 1**

According to the general description of the test procedure in 5.2.1.1 the test piece shall be detected when placed inside the detection zone as far as the stated detection capability  $d$ .

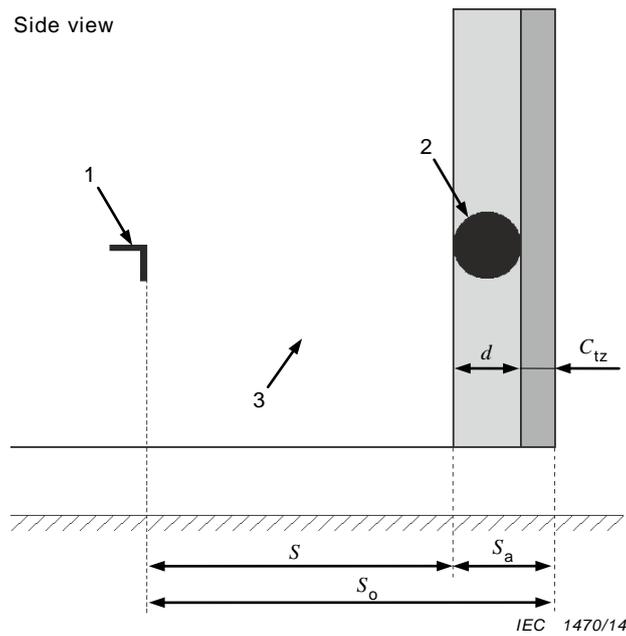


**Key**

- 1 - Hazard zone
- 2 - Test piece
- 3 - Detection zone

**Figure AA.2 – Overall minimum distance  $S_o$  without tolerance zone – Example 1**

The dimension of the detection capability  $d$  will be added to the minimum distance  $S$  to ensure the correct distance between the hazard zone and an object.



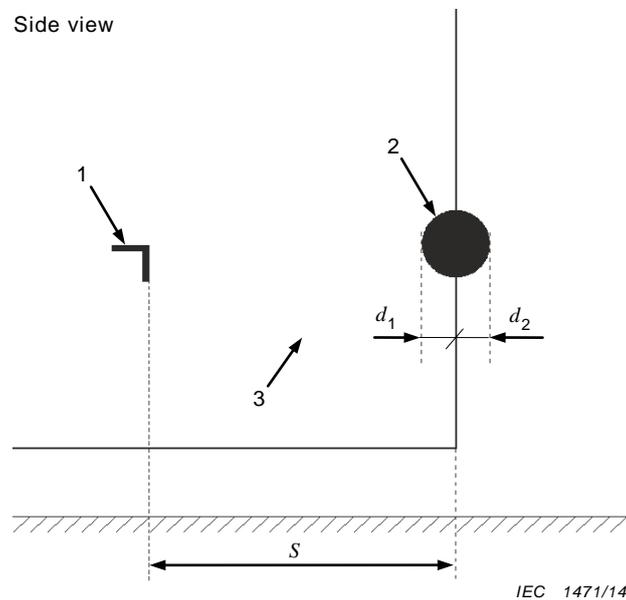
**Key**

- 1 – Hazard zone
- 2 – Test piece
- 3 – Detection zone

**Figure AA.3 – Overall minimum distance  $S_o$  including tolerance zone – Example 1**

If there is a tolerance zone, it should be added to make up the additional distance  $S_a$ .

NOTE 1 At this time, there are no VBDPPs known to be using a tolerance zone.



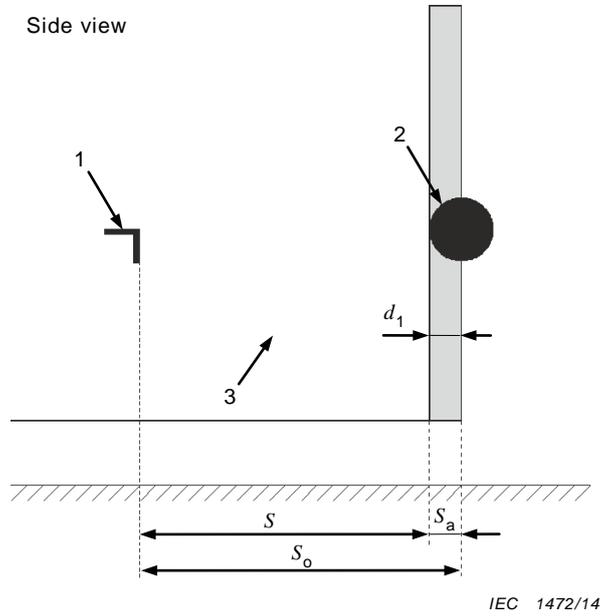
**Key**

- 1 – Hazard zone
- 2 – Test piece
- 3 – Detection zone

$d = d_1 + d_2$

**Figure AA.4 – Minimum distance  $S$  – Example 2**

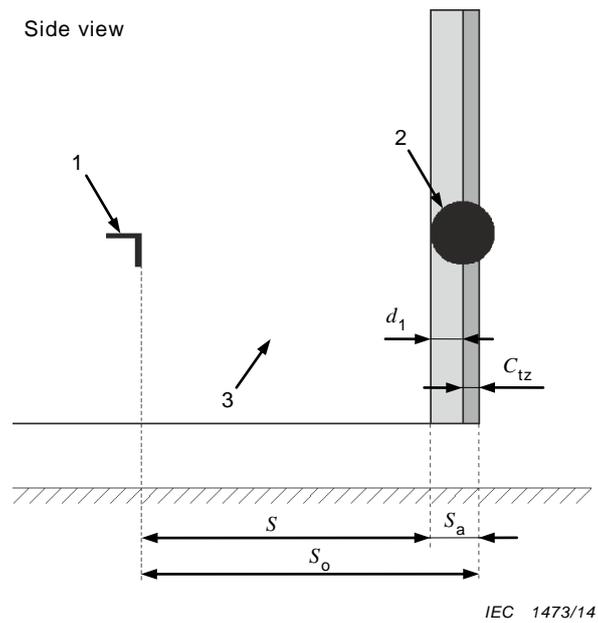
According to the general description of the test procedure in 5.2.1.1 the test piece shall be detected when placed inside the detection zone as far as the stated detection capability  $d$ . If partial intrusion of an object into the detection zone as shown by the dimension  $d_1$  in Figure AA.4 leads to detection, then the dimension  $d_1$  will be added to the minimum distance  $S$  to ensure the correct distance between the hazard zone and an object, see Figure AA.5.



**Key**

- 1 – Hazard zone
- 2 – Test piece
- 3 – Detection zone
- $d_1$  – see Figure AA.4

**Figure AA.5 – Overall minimum distance  $S_o$  without tolerance zone – Example 2**

**Key**

1 – Hazard zone

2 – Test piece

3 – Detection zone

 $d_1$  – see Figure AA.4**Figure AA.6 – Overall minimum distance  $S_o$  including tolerance zone – Example 2**

If there is a tolerance zone, it should be added to make up the additional distance  $S_a$ .

NOTE 2 At this time, there are no VBPDPs known to be using a tolerance zone.

## Bibliography

- [1] DIN 33402-2:2007, *Ergonomics. Human body dimensions – Part 2: Values*
  - [2] EN 12464-1:2011, *Light and lighting. Lighting of work places – Part 1: Indoor work places*
  - [3] ISO 15534-1:2000, *Ergonomic design for the safety of machinery – Part 1: Principles for determining the dimensions required for openings for whole-body access into machinery*
  - [4] ISO 15534-2:2000, *Ergonomic design for the safety of machinery – Part 2: Principles for determining the dimensions required for access openings*
  - [5] ISO 15534-3:2000, *Ergonomic design for the safety of machinery – Part 3: Anthropometric data*
  - [6] IEC TS 62046:2008, *Safety of machinery – Application of protective equipment to detect the presence of persons*
  - [7] EN 547-3:2009, *Safety of machinery – Human body measurement – Part 3: Anthropometric data*
  - [8] B. Flügel, H. Greil, K. Sommer, *Anthropologischer Atlas*, Verlag Tribüne Berlin 1986, ISBN 3-7303-0042-3 (available in German only)
-



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	48
INTRODUCTION .....	50
1 Domaine d'application .....	51
2 Références normatives .....	52
3 Termes et définitions .....	52
4 Exigences de fonctionnement, de conception et d'environnement .....	54
4.1 Exigences de fonctionnement .....	54
4.2 Exigences de conception .....	56
4.3 Exigences relatives aux conditions ambiantes .....	61
5 Essais .....	63
5.1 Généralités .....	63
5.2 Essais de fonctionnement .....	64
5.3 Essais de performance sous condition de défaut .....	67
5.4 Essais d'environnement .....	67
6 Marquage d'identification et de sécurité .....	77
6.1 Généralités .....	77
7 Documents d'accompagnement .....	77
Annexe A (normative) Fonctions optionnelles de l'ESPE .....	79
A.9 Réglage de la zone de détection et/ou d'autres paramètres relatifs à la sécurité .....	79
A.9.1 Exigences fonctionnelles .....	79
A.9.2 Vérification .....	79
A.10 Sélection de zones de détection multiples .....	80
A.10.1 Exigences fonctionnelles .....	80
A.10.2 Vérification .....	80
A.11 Réglage automatique des zones de détection .....	81
A.11.1 Exigences fonctionnelles .....	81
A.11.2 Vérification .....	81
Annexe B (normative) Catalogue des défauts simples affectant l'équipement électrique d'un ESPE à appliquer conformément à 5.3 .....	82
B.7 Capteur image .....	82
Annexe AA (informative) Positionnement du VBPD par rapport aux parties du corps .....	83
AA.1 Calcul des distances pour les équipements de protection électro-sensibles qui utilisent des dispositifs protecteurs par vision (VBPD) .....	83
AA.2 Calcul de la distance minimale globale $S_0$ .....	83
AA.3 Dispositifs protecteurs par vision avec une capacité de détection > 40 mm et ≤ 55 mm .....	84
AA.4 Dispositifs protecteurs par vision avec une capacité de détection > 55 mm et ≤ 200 mm .....	85
AA.5 Exemples de zone détection et de zone de tolérance .....	85
Bibliographie .....	90
Figure 1 – Plans d'image avec le VBPDPP .....	54
Figure 2 – Vue de côté d'un VBPDPP à motif de référence passif .....	55

Figure 3 – Dispositif de mesure de l'intensité lumineuse pour les essais avec lumière indirecte .....	73
Figure 4 – Dispositif de mesure de l'intensité lumineuse pour les essais avec lumière directe .....	75
Figure AA.1 – Distance minimale $S$ – Exemple 1 .....	86
Figure AA.2 – Distance minimale globale $S_0$ sans zone de tolérance – Exemple 1 .....	86
Figure AA.3 – Distance minimale globale $S_0$ avec zone de tolérance – Exemple 1 .....	87
Figure AA.4 – Distance minimale $S$ – Exemple 2 .....	87
Figure AA.5 – Distance minimale globale $S_0$ sans zone de tolérance – Exemple 2 .....	88
Figure AA.6 – Distance minimale globale $S_0$ avec zone de tolérance – Exemple 2 .....	89
Tableau 1 – Vérification des exigences relatives à la capacité de détection (voir également 4.2.12) .....	65
Tableau 2 – Vue d'ensemble de l'essai d'interférence lumineuse .....	69

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTRO-SENSIBLES –

#### Partie 4-2: Exigences particulières pour les équipements utilisant des dispositifs protecteurs par vision (VBPD) – Exigences supplémentaires pour l'utilisation de techniques de motifs de référence (VBPDP)

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 tâche principale des comités d'études de l'IEC est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

L'IEC TS 61496-4-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 44 de l'IEC: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
44/677/DTS	44/689/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

La présente partie doit être utilisée conjointement avec l'IEC 61496-1:2012.

La présente partie complète ou modifie les articles correspondants de l'IEC 61496-1:2012 afin de spécifier des exigences particulières concernant la conception, la fabrication et l'essai des équipements de protection électro-sensibles (ESPE) destinés à la protection des machines, utilisant pour la fonction de détection des dispositifs protecteurs par vision (VBPD – vision based protective device) qui appliquent des motifs de référence passifs (VBPDP).

Lorsqu'un article ou un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans la présente Partie 4-2, cet article ou ce paragraphe s'applique dans toute la mesure du possible. Lorsque la présente partie mentionne "addition", "modification" ou "remplacement", le texte correspondant de la Partie 1 est adapté en conséquence.

Les articles et les paragraphes complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés dans l'ordre, à partir du dernier numéro disponible dans la Partie 1. Les articles terminologiques (à l'Article 3) complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 3.4201. Les annexes additionnelles sont quant à elles désignées par des lettres, à partir de AA.

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

**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

Un équipement de protection électro-sensible (ESPE – electro-sensitive protective equipment) est appliqué aux machines qui présentent un risque de préjudice corporel. Il offre une protection en permettant à la machine de recouvrer un état de sécurité avant qu'un individu ne puisse se retrouver dans une situation dangereuse.

Le groupe de travail chargé de rédiger la présente spécification technique a pris en compte le fait qu'en raison de la complexité de la technologie déployée, de nombreuses questions dépendent dans une large mesure de l'analyse et de l'expertise en matière de techniques d'essai et de mesurage spécifiques. Une revue indépendante par une expertise adaptée est nécessaire pour garantir un niveau de confiance élevé. Les membres du groupe de travail ont considéré que si ce niveau de confiance élevé ne pouvait pas être établi, ces dispositifs ne seraient pas adaptés à une utilisation dans des applications relatives à la sécurité.

## SÉCURITÉ DES MACHINES – ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION ÉLECTRO-SENSIBLES –

### Partie 4-2: Exigences particulières pour les équipements utilisant des dispositifs protecteurs par vision (VBPD) – Exigences supplémentaires pour l'utilisation de techniques de motifs de référence (VBPDP)

#### 1 Domaine d'application

##### *Remplacement:*

La présente partie de l'IEC 61496 définit les exigences de conception, de fabrication et d'essai des équipements de protection électro-sensibles (ESPE) conçus spécialement pour détecter des personnes, comme partie d'un système relatif à la sécurité, utilisant pour la fonction de détection des dispositifs protecteurs par vision (VBPD) qui appliquent des motifs de référence passifs (VBPDP). Une attention particulière est portée aux caractéristiques assurant qu'une performance appropriée relative à la sécurité est atteinte. Un ESPE peut comprendre des fonctions relatives à la sécurité optionnelles, leurs exigences étant indiquées dans l'Annexe A de l'IEC 61496-1:2012 et dans la présente Spécification technique.

La présente partie de l'IEC 61496 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.

Un dispositif protecteur par vision qui applique un motif de référence passif (VBPDP) est défini comme comportant un seul dispositif de détection d'image visualisant un motif de référence passif en arrière-plan, et où le principe de détection bloque ou empêche partiellement la vue du motif. Les informations relatives à l'épaisseur, à la forme, aux caractéristiques de la surface ou à la position de l'objet ne sont pas nécessaires à la détection. Pour les dispositifs de détection d'images multiples, les techniques, exigences et méthodes d'essai supplémentaires peuvent être nécessaires.

- La présente partie de l'IEC 61496 est limitée aux ESPE par vision automatiques qui n'exigent aucune intervention humaine pour la détection.
- Elle est limitée aux ESPE par vision automatiques qui détectent des objets pénétrant ou déjà présents dans une (des) zone(s) de détection.
- Elle est limitée aux ESPE utilisant une technique d'éclairage actif.
- Sont exclus de la présente spécification technique, les VBPDP employant des rayonnements de longueurs d'ondes se situant en dehors du domaine de 400 nm à 1 500 nm.
- Le présent document ne traite pas des aspects nécessaires pour une classification complexe ou une différenciation de l'objet détecté.

La présente partie de l'IEC 61496 s'applique aux VBPDP dont la capacité de détection établie atteint 200 mm.

NOTE Le positionnement d'un VBPD par rapport aux parties du corps est spécifié à l'Annexe AA de la présente spécification technique.

La présente partie de l'IEC 61496 ne traite pas des exigences relatives à l'émission concernant la compatibilité électromagnétique (CEM).

## 2 Références normatives

*Addition:*

IEC 60825-1:2007, *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 61496-1:2012, *Sécurité des machines – Équipements de protection électro-sensibles – Partie 1: Exigences générales et essais*

IEC 62471:2006, *Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes*

ISO 13855:2010, *Sécurité des machines – Positionnement des moyens de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 20471:2013, *Vêtements à haute visibilité – Méthodes d'essai et exigences*

## 3 Termes et définitions

*Remplacement:*

### 3.3

#### **capacité de détection**

capacité à détecter les éprouvettes d'essai spécifiées (voir 4.2.13) à l'intérieur de la zone de détection spécifiée

Note 1 à l'article: La capacité de détection est généralement mesurée par la taille de l'objet pouvant être détecté. Un accroissement de la capacité de détection signifie qu'un plus petit objet peut être détecté.

[SOURCE: IEC 61496-1:2012, 3.3, modifié – texte modifié afin de le rendre plus adapté aux capteurs par vision.]

*Additions:*

#### **3.4201**

##### **image**

représentation instantanée de la scène dans différents plans du VBPDP sous la forme d'une matrice bidimensionnelle

#### **3.4202**

##### **capteur image**

dispositif optoélectronique produisant des signaux électriques représentant les caractéristiques d'une image

#### **3.4203**

##### **motif de référence passif**

combinaison statique (c'est-à-dire à un emplacement fixe et ne variant pas) et régulière (périodique) d'éléments de motif sur un arrière-plan couvrant au moins la zone de détection et la zone de tolérance – le blocage de la vue d'une partie du motif provoque la détection

Note 1 à l'article: La régularité du motif se réfère seulement au motif physique et non à l'image du motif telle qu'elle est vue par le capteur image.

#### **3.4204**

##### **élément de motif**

partie locale du motif passif

EXEMPLE Damier noir et blanc – un carreau noir ou un carreau blanc.

### 3.4205

**pixel**, <d'un capteur>

plus petit élément sensible à lumière d'une matrice de capteur image

### 3.4206

**pixel**, <d'une image>

surface du plus petit élément pouvant être distinguée de ses éléments voisins

### 3.4207

**zone sensible**

volume 3D défini par le champ de vision du capteur image avec son sommet sur la fenêtre optique du dispositif sensible

Note 1 à l'article: Le volume peut être sous la forme d'une pyramide ou d'un cône.

Note 2 à l'article: Une zone à capacité de détection limitée, une zone de détection et une zone ou des zones de tolérance sont contenues dans la zone sensible. La zone à capacité de détection limitée est située entre la fenêtre optique du dispositif sensible et la zone de détection.

### 3.4208

**zone de tolérance**

zone extérieure et adjacente à la zone de détection (configurée) à l'intérieur de laquelle l'éprouvette d'essai spécifiée peut ne pas être détectée

### 3.4209

**dispositif protecteur par vision**

**VBPD**

ESPE utilisant un capteur image et un éclairage actif, opérant dans le visible et à proximité du spectre de lumière infrarouge pour détecter un objet dans un champ visuel défini

Note 1 à l'article: L'abréviation "VBPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "vision-based protective device".

### 3.4210

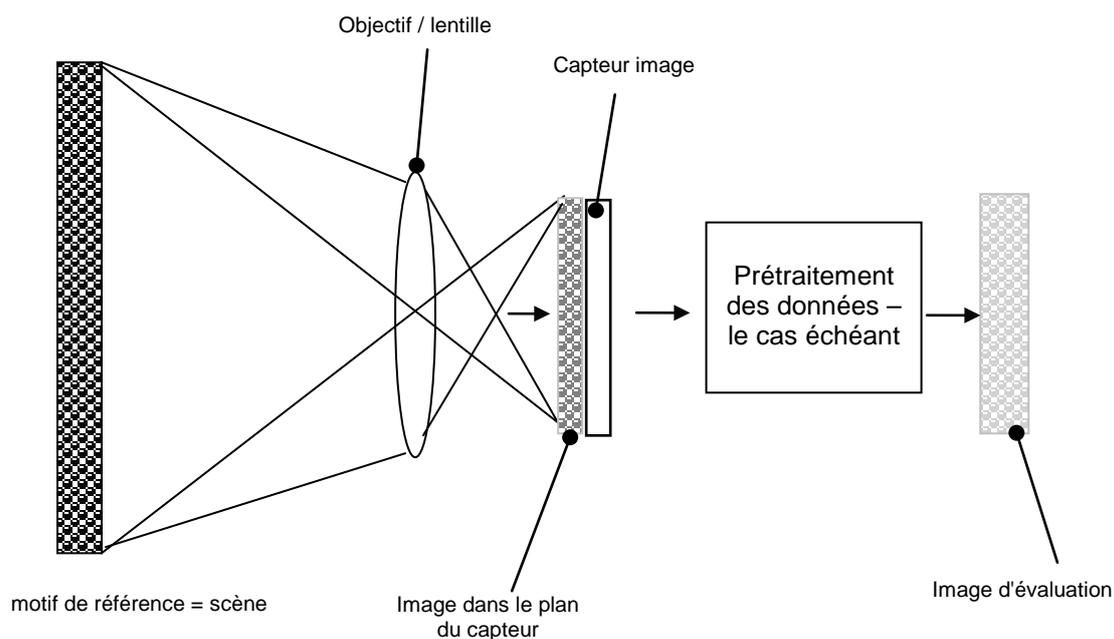
**dispositif protecteur par vision à motif de référence passif**

**VBPDPP**

VBPD utilisant un seul dispositif de détection d'image visualisant un motif de référence passif en arrière-plan

Note 1 à l'article: Les diverses parties d'un VBPDPP et leur relation avec la scène visualisée sont représentées à la Figure 1.

Note 2 à l'article: L'abréviation "VBPDPP" est dérivée du terme anglais développé correspondant "vision-based protective device passive pattern".



IEC 1464/14

Figure 1 – Plans d'image avec le VBPDP

### 3.4211

#### zone à capacité de détection limitée

volume compris entre la zone de détection et la (les) fenêtre(s) optique(s) du capteur qui ne réalise pas la capacité de détection établie

Note 1 à l'article: Les dimensions et les informations appropriées pour l'emploi de la zone à capacité de détection limitée sont données par le fournisseur.

## 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

#### 4.1.1 Fonctionnement normal

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 s'applique.

#### 4.1.2 Fonction de détection

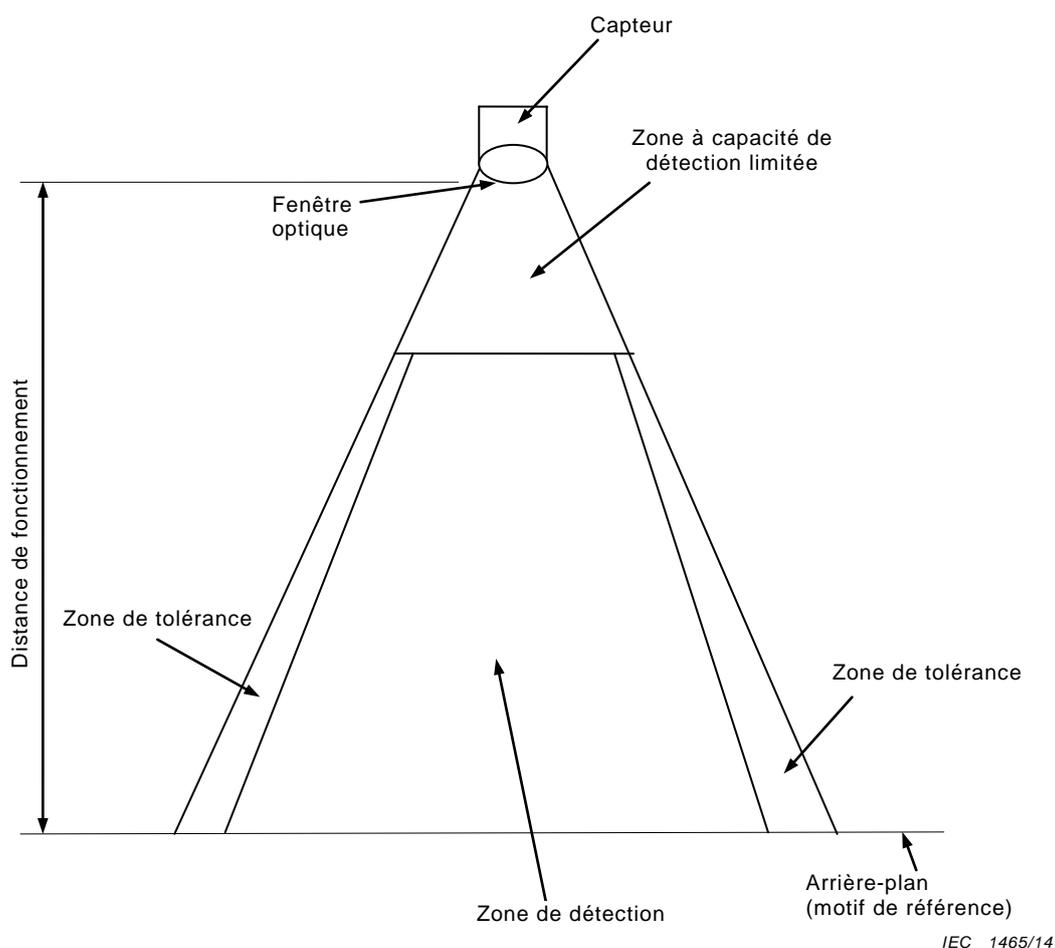
*Remplacement:*

##### 4.1.2.1 Généralités

La zone de détection doit débuter au bord de la zone à capacité de détection limitée et se terminer à l'extrémité du motif passif (voir Figure 2).

NOTE Il est possible que seules des parties du motif passif soient utilisées pour la définition de la zone de détection.

Le ou les objets situés dans la zone à capacité de détection limitée ne doivent pas réduire la capacité de détection de la zone de détection. Toute réduction de la capacité de détection doit être détectée et le VBPDP doit passer à l'état de verrouillage (voir 4.2.2.4).



**Figure 2 – Vue de côté d'un VBPDP à motif de référence passif**

#### 4.1.2.2 Exigences fonctionnelles complémentaires

La fonction de détection doit être efficace dans la zone de détection spécifiée. Aucun réglage de la zone de détection ou de la capacité de détection ne doit être possible sans la mise en œuvre d'une mesure de sécurité (par exemple, une clé, un mot-clé ou un outil).

Le capteur d'un VBPDP doit répondre par la fourniture d'un ou de plusieurs signaux de sortie appropriés lorsque l'éprouvette d'essai est placée n'importe où dans la zone de détection, qu'elle soit statique ou en mouvement.

Le fournisseur doit spécifier les limites de la capacité de détection. Le fournisseur doit prendre en compte le scénario le plus défavorable, y compris, par exemple, le rapport signal-bruit, l'intensité lumineuse de l'image dans le plan du capteur, le contraste de l'image dans ce même plan, la position de l'image sur le capteur, compte tenu de tous les éléments ayant une influence énumérés dans la présente partie de l'IEC 61496.

#### 4.1.2.3 Performance optique

Le VBPDP doit être conçu et fabriqué de façon à limiter

- la possibilité de dysfonctionnement au cours de l'exposition au rayonnement externe dans le domaine 400 nm à 1 500 nm;
- les effets des influences environnementales (température, vibrations et chocs, poussière, humidité, lumière ambiante, réflexions parasites, variation de l'éclairage, ombres, réflectivité d'arrière-plan);
- le désalignement pour lequel le fonctionnement normal est possible.

### 4.1.3 Types d'ESPE

*Remplacement:*

Dans la présente spécification technique, seul un ESPE de type 3 est pris en compte. Déterminer si ce type convient à une application particulière relève de la responsabilité du fournisseur et/ou de l'utilisateur des machines.

L'ESPE de type 3 doit satisfaire aux exigences de détection des défauts spécifiées en 4.2.2.4 de la présente partie de l'IEC 61496. En fonctionnement normal, le circuit de sortie de deux (au moins) dispositifs de commutation du signal de sortie (OSSD – output signal switching device) doit passer à l'état INACTIF lorsque le capteur est actionné, ou lorsque le dispositif n'est plus alimenté.

### 4.1.4 Types et performance de sécurité requise

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 s'applique.

### 4.1.5 $PL_r$ ou SIL requis et type correspondant d'ESPE

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 s'applique.

*Nouvelle exigence fonctionnelle:*

### 4.1.6 Zone à capacité de détection limitée

Une zone entre la fenêtre optique et le commencement de la zone de détection se définit comme une zone à capacité de détection limitée. De façon à s'assurer qu'aucun danger ne peut survenir dans une application particulière en raison de la présence de cette zone entre la fenêtre optique et la zone de détection, ses dimensions et une information d'utilisation appropriée doivent être données par le fournisseur.

## 4.2 Exigences de conception

### 4.2.2 Exigences concernant la détection des défauts

#### 4.2.2.2 Exigences particulières concernant un ESPE de type 1

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

#### 4.2.2.3 Exigences particulières concernant un ESPE de type 2

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

#### 4.2.2.4 Exigences particulières concernant un ESPE de type 3

*Remplacement:*

Un défaut unique du capteur entraînant une perte complète de la capacité de détection du VBPDPP établie doit faire passer l'ESPE à l'état de verrouillage dans le temps de réponse spécifié.

Un défaut unique contribuant à détériorer la capacité de détection du VBPDPP établie doit faire passer l'ESPE à l'état de verrouillage dans un délai de 5 secondes suivant l'apparition de ce défaut.

NOTE Les exemples de détérioration de la capacité de détection du VBPDPP incluent:

- l'augmentation de la taille minimale de l'objet détectable

- l'augmentation du contraste détectable minimal

Un défaut unique entraînant une augmentation du temps de réponse au-delà de la valeur spécifiée ou qui empêche qu'un OSSD au moins passe à l'état INACTIF doit provoquer le passage immédiat de l'ESPE à un état de verrouillage, c'est-à-dire dans le temps de réponse, ou immédiatement selon les sollicitations suivantes quelles qu'elles soient, dans le cadre desquelles la détection des défauts exige un changement d'état:

- à l'activation de la fonction de détection;
- à la mise hors/sous tension;
- à la réinitialisation de la fonction de verrouillage au démarrage ou au redémarrage, le cas échéant (voir Articles A.5 et A.6 de l'IEC 61496-1:2012).

Une réinitialisation de l'ESPE à partir d'un état de verrouillage, par exemple, par interruption et rétablissement de l'alimentation réseau ou par tout autre moyen, ne doit pas être possible, lorsque le défaut à l'origine de l'état de verrouillage est toujours présent.

Dans les cas où un défaut unique qui ne provoque pas de défaillance dangereuse de l'ESPE n'est pas détecté, l'apparition d'un défaut supplémentaire ne doit pas provoquer de défaillance dangereuse.

Pour la vérification de cette exigence, voir 5.3.4.

#### **4.2.2.5 Exigences particulières concernant un ESPE de type 4**

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

NOTE Le type 4 n'est pas pris en compte dans le présent document. Des définitions, exigences et méthodes d'essai complémentaires seraient nécessaires.

*Exigences de conception complémentaires:*

#### **4.2.12 Intégrité de la capacité de détection du VBPDPP**

##### **4.2.12.1 Généralités**

La conception du VBPDPP doit assurer que la capacité de détection n'est pas dégradée en dessous des limites spécifiées par le fournisseur et dans la présente spécification technique, par l'un des éléments suivants, sans toutefois s'y limiter:

- a) avec un contraste minimum entre un objet et le motif de référence sur les images d'évaluation;

NOTE Un contraste minimum de l'image d'évaluation peut être obtenu par un contraste faible ou élevé de la scène.

- b) la position de l'objet dans la zone de détection;
- c) le nombre d'objets;
- d) la taille des objets;
- e) le réglage automatique, par exemple:
  - 1) mise au point automatique
  - 2) régulation du gain
  - 3) orientation
  - 4) fréquence d'échantillonnage
  - 5) temps d'obturation
  - 6) arrêts de l'ouverture
  - 7) distance focale

- f) les caractéristiques/limitations du capteur image, par exemple:
  - 1) bruit de signal (par exemple: bruit cyclique fixe; bruit noir)
  - 2) gamme dynamique
  - 3) sensibilité
  - 4) mini-lentilles
  - 5) réglages du gain
  - 6) pixels froids et chauds
  - 7) courant d'obscurité
  - 8) changement des caractéristiques, par exemple sensibilité, filtre dépendant de la longueur d'onde
  - 9) non-uniformité de la réaction de photo
- g) la précision de la position des objets dans les images, précision et stabilité d'étalonnage;
- h) aux limites de l'alignement et/ou du réglage;
- i) le vieillissement des composants;
- j) les performances et limitations des composants optiques;
- k) les tolérances des composants;
- l) le changement des références internes et externes pour garantir la capacité de détection;
- m) les conditions d'environnement spécifiées en 4.3.

Si un défaut unique (tel que spécifié dans l'Annexe B de l'IEC 61496-1:2012) qui dans des conditions normales de fonctionnement (voir 5.1.2.1 de l'IEC 61496-1:2012) ne provoquerait pas une perte de capacité de détection du VBPDPP, mais qui, en cas de combinaison des conditions spécifiées ci-dessus, occasionnerait une telle perte, ce défaut, conjointement à cette combinaison de conditions (comme cela a été déterminé pertinent au cours de l'analyse de la conception), doit être considéré comme un défaut unique et le VBPDPP doit répondre à ce défaut unique comme requis en 4.2.2.4.

Le VBPDPP ne doit pas présenter de défaillance dangereuse si un objet réfléchissant (par exemple, vêtements réfléchissants) est placé en tout point de la zone de détection.

Le rapport de la taille minimale de l'objet détectable à la taille des éléments du motif d'arrière-plan doit être suffisant afin d'assurer l'intégrité de la capacité de détection (par exemple, la taille de l'objet est au moins égale à 3 fois la taille de l'élément de motif).

#### **4.2.12.2 Zone de détection**

Le fournisseur doit spécifier la taille, la forme et les autres paramètres pertinents de la (des) zone(s) de détection. Il doit par ailleurs définir les valeurs dans le domaine jusqu'à 200 mm comme la taille minimale de l'objet détectable du VBPDPP. La taille minimale de l'objet détectable peut dépendre de la distance. Tous les points situés sur une trajectoire projetée entre tout point situé sur la limite de la zone de détection et le capteur image du VBPDPP doivent se situer dans la zone de détection ou la zone à capacité de détection limitée (voir 4.1.4).

#### **4.2.12.3 Temps de réponse**

Les objets de la taille minimale détectable qui sont soit fixes ou mobiles à l'intérieur de la zone de détection à une vitesse maximale de 1,6 m/s, doivent être détectés par l'ESPE dans le temps de réponse spécifié. Le fournisseur doit préciser le temps de réponse maximal. Le fournisseur doit tenir compte des conditions les plus défavorables, y compris, par exemple, la fréquence de trames, le temps d'évaluation, le diamètre minimal de l'éprouvette d'essai, la vitesse maximale de l'éprouvette d'essai et le nombre d'objets dans la zone de détection ainsi que des influences environnementales. Lorsque le fournisseur établit qu'un VBPDPP peut être utilisé pour la détection d'objets se déplaçant à des vitesses supérieures à 1,6 m/s, les

exigences doivent être satisfaites pour toute vitesse inférieure ou égale à la (aux) vitesse(s) maximale(s) spécifiée(s).

#### 4.2.12.4 Zone(s) de tolérance

Lorsqu'une zone de tolérance est nécessaire, le fournisseur doit spécifier la (les) zone(s) de tolérance.

Il doit tenir compte des conditions les plus défavorables, y compris, par exemple, le rapport signal-bruit S/N.

NOTE La zone de tolérance dépend de la performance optique, des interférences systématiques, de la taille des pixels, de la résolution, de la géométrie des éléments de motif, etc.

#### 4.2.12.5 Motif(s) de référence passif(s) et discrimination des objets

Le motif de référence fait partie intégrante du VBPDPP. La conception du motif de référence passif doit permettre de différencier l'objet du motif. La capacité de détection ne doit pas être réduite en dessous des limites spécifiées par le fournisseur, sous l'influence de l'un des éléments suivants, sans toutefois s'y limiter:

- a) contraste entre les éléments de motif;
- b) variations de contraste dans les éléments de motif;
- c) taille et nombre des éléments de motif utilisés pour la détection des objets;
- d) taille et nombre des pixels utilisés pour la détection des objets;
- e) algorithme/programmes utilisés pour la discrimination des objets devant le motif de référence;
- f) adaptation automatique des algorithme/programmes;
- g) taille, forme, couleur, réflectivité, position et texture de l'objet par comparaison avec le motif de référence;
- h) contraste résultant entre l'objet et les éléments de motif sur le capteur image.

### 4.2.13 Épreuves d'essai pour essais de type

#### 4.2.13.1 Généralités

Les épreuves d'essai doivent être fournies par le fournisseur pour être utilisées dans les essais de type de l'Article 5. Elles doivent être marquées avec une référence de type et l'identification du VBPDPP avec lequel elles sont destinées à être utilisées.

Les épreuves d'essai doivent être opaques.

Les épreuves d'essai doivent avoir un diamètre égal à la capacité de détection maximale spécifiée (diamètre minimal).

Différentes épreuves d'essai peuvent être exigées pour les différentes phases des méthodes d'essai.

Les caractéristiques de l'épreuve d'essai qui doivent être considérées sont:

- la taille;
- la forme;
- la couleur;
- la réflectivité;
- le contraste avec l'arrière-plan;
- la texture.

Lors de la définition des caractéristiques de l'éprouvette d'essai, la protection contre les camouflages (c'est-à-dire imitation de l'aspect de l'arrière-plan) avec le motif de référence doit être prise en compte. La réflectivité de l'éprouvette d'essai doit être choisie de manière à créer une condition de cas le plus défavorable pour les discriminateurs du motif de référence. Les surfaces suivantes, au minimum, doivent être prises en compte:

- une surface noire avec une valeur de facteur de réflexion diffuse inférieure à 5 % à la longueur d'onde de fonctionnement du VBPDPP;
- une surface blanche avec une valeur de facteur de réflexion diffuse dans la gamme comprise entre 80 % et 90 % à la longueur d'onde de fonctionnement du VBPDPP;
- une surface rétro réfléchissante conforme aux exigences concernant les matières rétro réfléchissantes à caractéristique unique de l'ISO 20471 ou équivalentes.

Lorsque le résultat de l'analyse de la conception montre que d'autres caractéristiques de surface sont critiques, ces caractéristiques doivent être appliquées à l'éprouvette d'essai. Des éprouvettes d'essai de réflectivité différente peuvent être nécessaires.

#### **4.2.13.2 Eprouvette d'essai sphérique**

Si le VBPDPP est destiné à être utilisé pour la détection de l'ensemble du corps, l'éprouvette d'essai doit alors être une sphère d'un diamètre maximum de 200 mm, fixée à un cylindre d'un diamètre maximum de 50 mm et avec une longueur choisie pour une utilisation aisée.

NOTE Une éprouvette d'essai sphérique d'un diamètre de 200 mm est destinée à représenter l'épaisseur d'un corps.

#### **4.2.13.3 Eprouvette d'essai cylindrique**

L'éprouvette d'essai doit être de forme cylindrique pour obtenir des capacités de détection jusqu'à 40 mm. L'éprouvette d'essai doit avoir un diamètre égal à la capacité de détection maximale spécifiée (diamètre minimal) et une longueur choisie pour une utilisation aisée.

NOTE Selon le diamètre de l'éprouvette d'essai cylindrique, elle peut représenter les doigts, les mains ou les poignets.

#### **4.2.13.4 Eprouvette d'essai conique**

L'éprouvette d'essai doit être un cône tronqué combiné à un cylindre si le VBPDPP est destiné à être utilisé pour la détection des bras. L'éprouvette d'essai présente tout d'abord un diamètre de 40 mm, qui augmente jusqu'à 55 mm sous la forme d'un cône sur une longueur de 180 mm, et revêt ensuite la forme d'un cylindre d'un diamètre de 55 mm pour atteindre une longueur totale de 440 mm.

L'éprouvette d'essai doit être un cône tronqué si le VBPDPP est destiné à être utilisé pour la détection des jambes. L'éprouvette d'essai présente tout d'abord un diamètre de 50 mm, qui augmente jusqu'à 117 mm sur une longueur de 1 000 mm.

Si le VBPDPP est destiné à être utilisé pour la détection de différentes parties d'un corps, le choix des éprouvettes d'essai les plus appropriées doit dépendre de l'analyse de la conception et de l'application prévue. Dans certains cas, toutes les éprouvettes d'essai peuvent être requises.

#### **4.2.14 Longueur d'onde**

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

#### 4.2.15 Intensité du rayonnement

Lorsque le VBPDPP est d'un type générant de la lumière et lorsque le dispositif émetteur utilise la technologie DEL, l'intensité du rayonnement généré et émis par le VBPDPP doit satisfaire aux exigences du groupe sans risque conformément à l'IEC 62471:2006.

NOTE Le groupe sans risque équivaut au groupe de risque zéro (IEC 62471:2006).

Lorsque le VBPDPP est d'un type générant de la lumière et lorsque le dispositif émetteur utilise la technologie laser, l'intensité du rayonnement généré et émis par le VBPDPP ne doit à aucun moment dépasser la puissance maximale ou les niveaux d'énergie pour un dispositif de classe 1M conformément au 8.2 de l'IEC 60825-1:2007.

#### 4.2.16 Construction mécanique

Lorsque la capacité de détection peut être diminuée en dessous de la limite établie par le fournisseur suite à un changement de position de ses composants, la fixation de ces composants ne doit pas reposer uniquement sur le frottement.

NOTE L'utilisation de trous de fixation oblongs sans moyens supplémentaires pourrait conduire par exemple à une modification de la position de la zone de détection sous interférence mécanique comme le choc.

### 4.3 Exigences relatives aux conditions ambiantes

#### 4.3.1 Plage de températures ambiantes de l'air et humidité

*Addition:*

L'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse lorsqu'il est soumis à une variation rapide de température et d'humidité entraînant de la condensation sur la fenêtre optique.

Cette exigence est vérifiée par l'essai de condensation de 5.4.2.

*Exigences d'environnement supplémentaires:*

#### 4.3.5 Intensité lumineuse ambiante

Le VBPDPP doit continuer à fonctionner normalement dans une gamme d'éclairement avec le motif passif, entre 100 lx et 1 500 lx. Si le fournisseur spécifie des caractéristiques d'arrière-plan avec des limites inférieures, ces dernières doivent être utilisées. Les essais doivent être effectués à ces limites. En dehors de cette gamme ou de ces limites, le VBPDPP ne doit pas présenter de défaillance dangereuse.

#### 4.3.6 Interférence lumineuse

Le VBPDPP doit continuer à fonctionner normalement lorsqu'il est soumis aux conditions suivantes:

- une lumière incandescente;
- des feux clignotants;
- des lumières fluorescentes produites par une alimentation électronique de ligne à haute fréquence.

Le VBPDPP ne doit pas présenter de défaillance dangereuse lorsqu'il est soumis à

- une lumière incandescente;
- une lumière stroboscopique;
- des lumières fluorescentes à forte intensité produites par une alimentation électronique de ligne à haute fréquence;

- un faisceau laser;
- un VBPDPP de conception identique.

Ces exigences sont vérifiées par les essais de 5.4.6.

Le fournisseur doit informer l'utilisateur des difficultés potentielles non couvertes par les exigences de la présente spécification technique.

Sur la base des technologies et des algorithmes utilisés tout autant que de l'analyse de 5.2.9, des essais complémentaires peuvent être nécessaires.

### **4.3.7 Interférence due à la pollution**

#### **4.3.7.1 Effets sur la fenêtre optique**

La pollution sur la fenêtre optique ne doit pas conduire à une défaillance dangereuse.

La pollution résultant en une perte totale de la capacité de détection établie du VBPDPP doit conduire l'ESPE à entrer dans un état de verrouillage dans le temps de réponse spécifié.

La pollution résultant en une détérioration de la capacité de détection établie du VBPDPP doit conduire l'ESPE à passer à l'état de verrouillage dans un délai de 5 s après la survenance de l'interférence due à la pollution.

#### **4.3.7.2 Effets dans la zone de détection**

La pollution dans la zone de détection ou dans la zone à capacité de détection limitée ne doit pas conduire à une défaillance dangereuse.

La pollution résultant en une perte totale de la capacité de détection établie du VBPDPP doit conduire l'ESPE à entrer dans un état de verrouillage dans le temps de réponse spécifié.

La pollution résultant en une détérioration de la capacité de détection établie du VBPDPP doit conduire l'ESPE à passer à l'état de verrouillage dans un délai de 5 s après la survenance de l'interférence due à la pollution.

### **4.3.8 Modifications du motif passif**

Des modifications du motif passif provoquées, par exemple, par une dégradation, le vieillissement, des effets mécaniques ou une contamination ne doivent pas conduire à une défaillance dangereuse.

### **4.3.9 Interférence manuelle**

Les conditions suivantes ne doivent pas conduire à une défaillance dangereuse:

- recouvrement de la fenêtre optique du boîtier du VBPDPP ou d'autres parties (le cas échéant);
- introduction d'objets dans la zone à capacité de détection limitée;
- déplacement du motif passif (excepté s'il est nécessaire que le motif soit fixé de façon permanente) dans toute direction.

Dans de tels cas, le VBPDPP doit répondre en fournissant un ou des signaux de sortie appropriés jusqu'à l'élimination de l'interférence manuelle.

#### 4.3.10 Occlusion optique (éclipsée par un petit objet)

La capacité de détection du VBPDPP doit être maintenue si des objets ou des parties mobiles ou statiques d'une machine plus petits que la capacité de détection se situent dans la zone de détection ou la zone à capacité de détection limitée, susceptibles d'empêcher la vue de l'objet qui doit être détecté. Si la capacité de détection ne peut être maintenue, le ou les OSSD doivent passer à l'état INACTIF et doivent demeurer dans cet état, en cas de retrait de l'objet. Ceci doit être vérifié par analyse et par un essai conforme au 5.4.9.

NOTE Des algorithmes de filtrage logiciel sont parfois fournis pour ignorer de petits objets, par exemple, pour améliorer la fiabilité de fonctionnement.

#### 4.3.11 Dérive ou vieillissement des composants

La dérive ou le vieillissement des composants qui réduirait la capacité de détection au-dessous de la valeur établie ne doit pas engendrer de défaillance dangereuse de l'ESPE, doit être détecté(e) dans un délai de 5 s et doit conduire à un état de verrouillage.

Si un objet de référence est utilisé pour la surveillance du vieillissement et de la dérive des composants, les variations des propriétés de l'objet de référence (par exemple, le facteur de réflexion) ne doivent pas engendrer une défaillance dangereuse de l'ESPE. Si un objet de référence est utilisé pour la surveillance du vieillissement et de la dérive des composants, il doit être considéré comme faisant partie du VBPDPP et doit être fourni par le fournisseur du VBPDPP.

## 5 Essais

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

### 5.1 Généralités

#### 5.1.1 Essais de type

##### 5.1.1.1 Échantillons d'essai

*Addition:*

Suite à l'analyse de la conception et de la performance optique du VBPDPP, le plan d'essai doit être établi compte tenu des conditions d'essai et des paramètres indiqués dans le présent document.

Les conditions minimales d'essai doivent être telles que spécifiées dans la présente spécification technique ou par le fournisseur, selon les plus sévères. Sauf spécification contraire, les essais doivent être effectués avec la zone de détection minimale positionnée comme spécifié dans le Tableau 1.

Dans les essais suivants, il doit être vérifié que lorsque les OSSD passent à l'état INACTIF, ils restent à l'état INACTIF pendant que l'éprouvette d'essai se trouve dans la zone de détection.

#### 5.1.2 Conditions d'essai

##### 5.1.2.1 Environnement d'essai

*Addition:*

Sauf spécification contraire dans la présente partie de l'IEC 61496, le VBPDPP doit être installé pour l'essai avec une intensité lumineuse ambiante comprise entre 50 lx et 300 lx mesurée sur l'arrière-plan.

Il convient que la source de lumière ambiante fournisse un éclairage réparti uniformément dans toute la mesure du possible.

### 5.1.2.2 Précision de mesure

*Addition au premier alinéa:*

- pour la mesure de l'intensité lumineuse:  $\pm 10 \%$

## 5.2 Essais de fonctionnement

### 5.2.1 Fonction de détection

*Addition:*

#### 5.2.1.1 Généralités

La fonction de détection et l'intégrité de la capacité de détection doivent être soumises à essai comme spécifié en tenant compte des points suivants:

- Les essais doivent être effectués avec l'éprouvette d'essai placée à proximité du motif de référence, de la zone à détection limitée et de la ou des zones de tolérance. Des essais à d'autres emplacements peuvent être nécessaires selon l'analyse de la conception et la prise en compte des cas les plus défavorables.
- Tous les essais doivent être effectués avec l'axe de l'éprouvette d'essai parallèle au motif de référence. Des essais à d'autres angles d'inclinaison peuvent être nécessaires selon l'analyse de la conception et la prise en compte des cas les plus défavorables.
- Pendant les essais, il convient que le dispositif de maintien de l'éprouvette d'essai ne soit pas visible par le capteur (dans la mesure où la pratique le permet).
- Les essais doivent vérifier que les éprouvettes d'essai spécifiées sont détectées lorsque l'éprouvette d'essai est placée en totalité à l'intérieur de la ou des zones de détection spécifiées, dans les limites de la capacité de détection établie.
- Les essais doivent vérifier que les éprouvettes d'essai spécifiées sont détectées de manière continue lorsque l'éprouvette d'essai pénètre ou est déplacée à l'intérieur de la zone de détection à n'importe quelle vitesse comprise entre 0 m/s et 1,6 m/s. Lorsque le fournisseur établit que des objets se déplaçant à des vitesses plus élevées peuvent être détectés, les exigences doivent être satisfaites à toutes les vitesses jusqu'aux vitesses maximales établies.
- Le nombre, la sélection et les conditions des essais particuliers doivent être tels qu'ils vérifient les exigences du 4.2.12.

Il doit être vérifié que le capteur est activé de façon continue et, lorsque c'est nécessaire, que le ou les OSSD passent à l'état INACTIF comme décrit ci-dessous, en prenant en compte le principe de fonctionnement du VBPDP et, en particulier, les techniques employées pour fournir une tolérance aux interférences de l'environnement.

Une vue d'ensemble des essais minimaux exigés pour la vérification de la capacité de détection est présentée dans le Tableau 1.

**Tableau 1 – Vérification des exigences relatives  
à la capacité de détection (voir également 4.2.12)**

Para- graphe	Essai relatif à	Conditions <sup>a</sup>	Distance de fonctionnement maximale du capteur au motif de référence		Distance de fonctionnement minimale du capteur au motif de référence <sup>b</sup>	
			Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>
5.2.1.1	Fonction de détection	Éprouvette d'essai applicable (voir 4.2.13)  Vitesse entre 0 m/s et 1,6 m/s	X	X	X	X
5.2.1.3	Vieillessement des composants	<sup>d</sup>	Voir 5.2.1.3	Voir 5.2.1.3		
5.4.2 Partie 1	Variation de température ambiante	50 °C ou maximum <sup>e</sup> 5.4.2 de l'IEC 61496-1:2012 s'applique.				X
5.4.2 Partie 1	Variation de température ambiante	0 °C ou minimale, sans condensation <sup>f</sup> 5.4.2 de l'IEC 61496-1 s'applique.				X
5.4.2	Humidité	5.4.2 s'applique.				X
5.4.3 Partie 1	Perturbations électriques	Les 4.3.2, 5.2.3.1 et 5.4.3 de l'IEC 61496-1:2012 s'appliquent.				X
5.4.4.1	Vibrations	5.4.4.1 s'applique				X
5.4.4.2	Chocs	5.4.4.2 s'applique				X
5.4.6	Interférence lumineuse	Voir Tableau 2				
5.4.7	Pollution sur la surface de la fenêtre optique (4.3.7.1)		Voir 5.4.7	Voir 5.4.7	Voir 5.4.7	Voir 5.4.7
5.4.7	Pollution dans la zone de détection (4.3.7.2)		Voir 5.4.7	Voir 5.4.7	Voir 5.4.7	Voir 5.4.7
5.4.8	Modifications du motif de référence passif	Changement homogène pour le vieillissement  Effets locaux pour tout endommagement	Voir 5.4.8	Voir 5.4.8	Voir 5.4.8	Voir 5.4.8
5.4.9	Interférence manuelle	Établie sur une analyse spécifique au VBPDPP	Voir 5.4.9	Voir 5.4.9	Voir 5.4.9	Voir 5.4.9
5.4.10	Occlusion optique	voir 5.4.10	X (position de l'éprouvette d'essai 5.4.10)	X  (position de l'éprouvette d'essai 5.4.10)		

<sup>a</sup> Des essais spécifiques peuvent être exigés selon l'analyse de la conception.

<sup>b</sup> Pour une facilité d'utilisation, des essais à une distance de 0,5 m peuvent être effectués si la distance de fonctionnement minimale indiquée par le fournisseur est inférieure à cette distance. Des essais effectués à d'autres et/ou des distances de fonctionnement supplémentaires peuvent être nécessaires sur

Para- graphe	Essai relatif à	Conditions <sup>a</sup>	Distance de fonctionnement maximale du capteur au motif de référence		Distance de fonctionnement minimale du capteur au motif de référence <sup>b</sup>	
			Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>
la base d'une analyse.						
<sup>c</sup> La détermination de l'emplacement de l'éprouvette d'essai dans la zone de détection peut nécessiter une analyse du système afin d'assurer qu'un essai dans les cas les plus défavorables est réalisé (par exemple, lorsque l'axe du capteur n'est pas perpendiculaire au motif de référence).						
<sup>d</sup> Il convient que l'essai d'endurance prenne en compte les effets du vieillissement des composants, des défauts non détectés de ces mêmes composants, ainsi que de la pollution à la surface de la fenêtre optique du boîtier, des essais supplémentaires peuvent se révéler nécessaires dans le cas contraire.						
<sup>e</sup> VBPDPP dans l'enceinte d'essai – enceinte d'essai ouverte – commencer l'essai en moins d'1 min.						
<sup>f</sup> VBPDPP dans l'enceinte d'essai – enceinte d'essai ouverte – essai sans condensation						

### 5.2.1.2 Intégrité de la capacité de détection du VBPDPP

Il doit être vérifié que la capacité de détection du VBPDPP est maintenue de façon continue ou que l'ESPE ne présente pas de défaillance dangereuse, par une analyse systématique de la conception du VBPDPP, au moyen d'essais le cas échéant et/ou lorsque requis, en prenant en compte 4.2.12.1 et 4.2.12.5.

### 5.2.1.3 Essai d'endurance de la capacité de détection

Il doit être vérifié que la capacité de détection est maintenue en réalisant un essai d'endurance comme suit. Les résultats de l'analyse et de l'essai selon 5.2.1.2 doivent permettre de déterminer les conditions et l'éprouvette d'essai appropriée (voir 4.2.13) à utiliser pour cet essai.

Un essai fonctionnel limité B (essai B) conformément au 5.2.3.3 de l'IEC 61496-1 doit être effectué avec l'ESPE en fonctionnement continu dans les conditions déterminées. L'éprouvette d'essai doit être placée de sorte qu'il y ait un contraste minimum de l'image d'évaluation entre le motif de référence et l'éprouvette d'essai, et doit rester dans cette position pendant une période de 96 h.

*Paragraphes supplémentaires:*

### 5.2.9 Vérification de la performance optique

Une analyse systématique du sous-système électro-optique doit être réalisée afin de déterminer

- la confirmation de chacune des techniques de filtrage (en particulier les algorithmes de filtrage logiciel) employées et leurs caractéristiques;
- les critères de décision employés pour déterminer si la ou les éprouvettes d'essai spécifiées sont détectées comme étant à l'intérieur de la zone de détection ou non;
- la discrimination de l'objet devant le motif de référence conformément au 4.2.12.5;
- l'effet des défauts non détectés, conformément au 4.2.2.4, sur les caractéristiques électro-optiques;
- le temps de réponse dans le cas le plus défavorable;
- l'effet de l'influence de l'environnement.

Les résultats de cette analyse doivent être utilisés afin de déterminer si les exigences de 4.1.2 peuvent être satisfaites.

### 5.2.10 Longueur d'onde

La longueur d'onde utilisée dans le VBPDPP doit être vérifiée par examen des spécifications écrites du dispositif ou par des mesures.

### 5.2.11 Intensité du rayonnement

Si le dispositif émetteur utilise la technologie DEL, l'intensité du rayonnement doit être vérifiée par des mesures réalisées conformément à l'IEC 62471 et par un examen de la documentation technique communiquée par le fournisseur.

Si le dispositif émetteur utilise la technologie laser, l'intensité du rayonnement doit être vérifiée par des mesures réalisées conformément à l'IEC 60825-1 et par un examen de la documentation technique communiquée par le fournisseur. Le marquage comme laser de classe 1 ou classe 1M doit être vérifié pour établir son caractère adapté.

## 5.3 Essais de performance sous condition de défaut

### 5.3.2 ESPE de type 1

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

### 5.3.3 ESPE de type 2

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

### 5.3.4 ESPE de type 3

*Addition:*

Il doit être vérifié que la dérive ou le vieillissement des composants ayant une incidence sur la capacité de détection est détecté(e) dans un délai de 5 s selon 4.3.11 et doit conduire à un état de verrouillage.

Dans la pratique, il est impossible de combiner les défauts uniques avec toutes les conditions et/ou influences de fonctionnement énumérées en 4.2.12.1 par l'essai pratique. Une combinaison d'un ou de plusieurs des éléments suivants est suffisante pour vérifier l'exigence de combiner des défauts uniques avec des conditions/influences de fonctionnement tel qu'il est requis en 4.2.2.4:

- analyse;
- simulation; et
- essais effectués en présence d'un défaut unique, le cas échéant.

### 5.3.5 ESPE de type 4

Le paragraphe correspondant de la Partie 1 n'est pas applicable.

## 5.4 Essais d'environnement

### 5.4.2 Variation de la température ambiante et humidité

*Addition:*

L'ESPE doit être soumis à l'essai de condensation suivant:

- l'ESPE doit être alimenté sous sa tension assignée et stocké dans une enceinte d'essai à une température ambiante de 5 °C pendant 1 h;

- la température ambiante et l'humidité doivent être modifiées dans un délai inférieur ou égal à 2 min pour atteindre une température de  $(25 \pm 5)$  °C et une humidité relative de  $(70 \pm 5)$  %;
- une séquence d'essai C doit être effectuée pendant une période de 10 min avec l'éprouvette d'essai (voir 4.2.13);
- la fonction de verrouillage au redémarrage, si elle existe, ne doit pas être activée au cours de la séquence d'essai C.

#### 5.4.4 Influences mécaniques

##### 5.4.4.1 Vibrations

*Addition:*

Si le capteur du VBPDPP n'est pas destiné à être monté sur une machine (c'est-à-dire non destiné à être soumis à de fortes vibrations), les niveaux en amplitude et fréquence peuvent être réduits pour la séquence d'essai A selon l'application prévue. Dans ce cas, on peut réaliser une séquence d'essai C au lieu d'une séquence d'essai B.

A la fin des essais, le VBPDPP doit être examiné pour vérifier l'absence de dommage, y compris le déplacement de composants optiques et de supports de montage. Il doit être vérifié par un essai que l'orientation, la taille ou la position de la zone de détection n'a pas varié.

##### 5.4.4.2 Chocs

*Addition:*

Si le capteur n'est pas destiné à être monté sur une machine (c'est-à-dire non destiné à être soumis à des chocs sévères), les conditions d'essai peuvent être réduites pour la séquence d'essai A selon l'application prévue. Dans ce cas, on peut réaliser une séquence d'essai C au lieu d'une séquence d'essai B.

À la fin des essais, le VBPDPP doit être examiné pour vérifier l'absence de dommage, y compris le déplacement de composants optiques et de supports de montage. Il doit être vérifié par un essai que l'orientation, la taille ou la position de la zone de détection n'a pas varié.

*Essais d'environnement complémentaires:*

#### 5.4.6 Interférence lumineuse

##### 5.4.6.1 Généralités

Chaque essai doit être réalisé à la distance de fonctionnement telle que spécifiée dans le Tableau 2, et dans les conditions établies comme exigence minimale. Des essais complémentaires doivent être réalisés dans différentes combinaisons de distances de fonctionnement et de conditions d'environnement lorsque

- le fournisseur établit des niveaux d'immunité plus élevés, qui doivent être vérifiés par des essais à ces niveaux avec les sources de lumière appropriées, et/ou
- une analyse montre que de tels essais sont nécessaires.

La lumière ambiante doit être délivrée à l'aide d'une source de lumière incandescente ou un éclairage naturel. Sauf spécification contraire, l'intensité lumineuse ambiante au cours des essais de lumière interférente doit se situer dans une gamme comprise entre 50 lx et 300 lx.

Dans les méthodes d'essai suivantes, sauf spécification contraire, la source de lumière interférente contribue aux limites de l'intensité lumineuse. Il convient d'ajouter les valeurs de la lumière ambiante au cours des mesures de l'intensité lumineuse.

Le Tableau 2 donne une vue d'ensemble des essais d'interférence lumineuse.

**Tableau 2 – Vue d'ensemble des essais d'interférence lumineuse**

N° d'essai	Para- graphe	Essai relatif à <sup>a</sup>	Source de lumière /Séquence d'essai <sup>a</sup>	Intensité lumineuse	Distance de fonctionnement maximale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>		Distance de fonctionnement minimale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>	
					Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>
1	5.4.6.4	Fonctionnement normal- Interférence sur le motif	Lumière incandescente /Séquence d'essai 1	1 500 lx	X	X	X	X
2	5.4.6.4	Fonctionnement normal- Interférence sur le motif	Lumière incandescente /Séquence d'essai 1	100 lx	X	X	X	X
3	5.4.6.4	Fonctionnement normal- Interférence sur le motif	Feu clignotant /Séquence d'essai 1	Issu de la distance de montage, 3 m de l'axe optique et 2 m au-dessus du sol	X	X		
4	5.4.6.4	Fonctionnement normal- Interférence sur le motif	Lumière incandescente avec une ombre /Séquence d'essai 1	1 500 lx sur une surface brillante – ≤ 750 lx sur une surface ombrée	X	X		
5	5.4.6.5	Défaillance dangereuse- Interférence sur le motif	Lumière incandescente /Séquence d'essai 2	3 000 lx	X	X	X	X
6	5.4.6.5	Défaillance dangereuse- Interférence sur le motif	Lumière incandescente /Séquence d'essai 2	50 lx	X	X	X	X
7	5.4.6.5	Défaillance dangereuse- Interférence sur le motif	Lumière stroboscopique /Séquence d'essai 2	Issu de la distance de montage, 3 m de l'axe optique et 2 m au-dessus du sol	X	X		

N° d'essai	Paragraphe	Essai relatif à <sup>a</sup>	Source de lumière /Séquence d'essai <sup>a</sup>	Intensité lumineuse	Distance de fonctionnement maximale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>		Distance de fonctionnement minimale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>	
					Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>
8	5.4.6.6	Fonctionnement normal- Interférence sur le capteur	Lumière incandescente /Séquence d'essai 1	1 500 lx sous lumière ambiante		X		
9	5.4.6.6	Fonctionnement normal- Interférence sur le capteur	Lumière fluorescente à la fréquence du réseau /Séquence d'essai 1	750 lx		X		
10	5.4.6.6	Fonctionnement normal- Interférence sur le capteur	Lumière fluorescente sous haute fréquence /Séquence d'essai 1	750 lx		X		
11	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	Lumière incandescente /Séquence d'essai 2	3 000 lx		X		
12	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	Lumière fluorescente à la fréquence du réseau /Séquence d'essai 2	1 500 lx		X		
13	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	Lumière fluorescente sous haute fréquence /Séquence d'essai 2	1 500 lx		X		
14	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	Faisceau laser /Séquence d'essai 3	Entre 0,7 mW et 1 mW		X		
15	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	VBPDP de conception identique /Séquence d'essai 3			X		
16	5.4.6.7	Défaillance dangereuse- Interférence sur le capteur	Lumière incandescente /Séquence d'essai 3	3 000 lx avec réduction jusqu'à 0 lx		X		

N° d'essai	Para- graphe	Essai relatif à <sup>a</sup>	Source de lumière /Séquence d'essai <sup>a</sup>	Intensité lumineuse	Distance de fonctionnement maximale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>		Distance de fonctionnement minimale entre le capteur et le motif de référence <sup>b</sup>	
					Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai à la distance de détection minimale <sup>c</sup>	Éprouvette d'essai sur le motif de référence <sup>c</sup>
<p><sup>a</sup> Des essais spécifiques peuvent être exigés selon l'analyse de la conception.</p> <p><sup>b</sup> Pour une facilité d'utilisation, des essais à une distance de 0,5 m peuvent être effectués si la distance de fonctionnement minimale indiquée par le fournisseur est inférieure à cette distance. Des essais effectués à d'autres et/ou des distances de fonctionnement supplémentaires peuvent être nécessaires sur la base d'une analyse.</p> <p><sup>c</sup> La détermination de l'emplacement de l'éprouvette d'essai dans la zone de détection peut nécessiter une analyse du système afin d'assurer qu'un essai dans les cas les plus défavorables est réalisé (par exemple, lorsque l'axe du capteur n'est pas perpendiculaire au motif de référence).</p>								

#### 5.4.6.2 Sources de lumière

Les sources de lumière doivent être les suivantes.

- a) Une source de lumière incandescente: une lampe halogène (quartz) à filament en tungstène avec les caractéristiques limites 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 gamme 100 V – 250 V;
  - tension d'alimentation: tension assignée  $\pm 5\%$ , courant alternatif sinusoïdal (50 Hz/60 Hz);
  - longueur nominale: 150 mm à 250 mm.
- b) Une source de lumière fluorescente à la fréquence du réseau: un tube fluorescent linéaire ayant les caractéristiques limites suivantes (fonctionnant sans réflecteur ou diffuseur):
  - taille: T8  $\times$  600 mm (diamètre nominal de 26 mm);
  - puissance assignée: 18 W à 20 W;
  - température de couleur: 3 000 K à 6 000 K;
  - fonctionnant sous sa tension d'alimentation assignée:  $\pm 5\%$ , courant alternatif sinusoïdal (50 Hz/60 Hz).
- c) Une source de lumière fluorescente à haute fréquence: un tube fluorescent linéaire ayant les caractéristiques limites suivantes (fonctionnant sans réflecteur ou diffuseur):
  - taille: T8  $\times$  600 mm (diamètre nominal de 26 mm);
  - puissance assignée: 18 W à 20 W;
  - température de couleur: 3 000 K à 6 000 K;
  - fonctionnant sous sa tension d'alimentation assignée  $\pm 5\%$ , courant alternatif sinusoïdal. (50 Hz / 60 Hz) combinée avec un ballast électronique ayant une fréquence de fonctionnement dans le domaine de 25 kHz à 50 kHz.
- d) Une source de lumière à feu clignotant: un feu clignotant utilisant un tube à éclair au xénon (sans enveloppe, réflecteur ou filtre) ayant les caractéristiques limites suivantes:
  - durée de l'éclair: de 40  $\mu$ s à 1 200  $\mu$ s (mesurée au point d'intensité moitié);
  - fréquence de l'éclair: 0,5 Hz à 2 Hz;
  - énergie d'entrée par éclair: 3 joules à 5 joules.

- e) Une source de lumière stroboscopique: un stroboscope utilisant un tube à éclair au xénon (sans enveloppe, réflecteur ou filtre) ayant les caractéristiques limites suivantes:
- durée de l'éclair: de 5  $\mu$ s à 30  $\mu$ s (mesurée au point d'intensité moitié);
  - fréquence de l'éclair: 5 Hz à 200 Hz (gamme réglable);
  - énergie d'entrée par éclair: 0,05 joule (à 200 Hz) à 0,5 joule (à 5 Hz).
- f) Un pointeur à faisceau laser: un faisceau laser collimaté ayant les caractéristiques limites suivantes:
- durée de l'éclair: régime continu (onde entretenue);
  - longueur d'onde: de 550 nm à 670 nm au plus;
  - profil du faisceau: diamètre inférieur à 5 mm;
  - intensité lumineuse: de 0,7 mW à 1 mW au plus;
  - classe de laser: 2.

Attention – Il convient de suivre les méthodes et mesures applicables pour l'utilisation en toute sécurité d'un dispositif à classe de laser 2 conformément à l'IEC 60825-1.

#### 5.4.6.3 Séquences d'essai

NOTE Les essais A, B et C ci-dessous sont définis dans l'IEC 61496-1:2012, 5.2.3.

Séquence d'essai 1:

- 1 – OSSD de l'ESPE à l'état ACTIF
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente (les OSSD doivent rester à l'état ACTIF)
- 3 – Essai B
- 4 – Mise hors tension de l'ESPE pendant 5 s. Réalimentation. Réinitialisation du verrouillage de démarrage, le cas échéant
- 5 – Essai B
- 6 – Coupure de la lumière interférente
- 7 – Essai B

Séquence d'essai 2:

- 1 – OSSD de l'ESPE à l'état ACTIF
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente
- 3 – Essais C répétés pendant 1 min
- 4 – Mise hors tension de l'ESPE pendant 5 s. Réalimentation. Réinitialisation du verrouillage de démarrage, le cas échéant
- 5 – Essais C répétés pendant 1 min
- 6 – Coupure de la lumière interférente
- 7 – Essais C répétés pendant 1 min

Séquence d'essai 3:

- 1 – OSSD de l'ESPE à l'état ACTIF
- 2 – Mise en marche de la lumière interférente
- 3 – Essais C répétés pendant 3 min

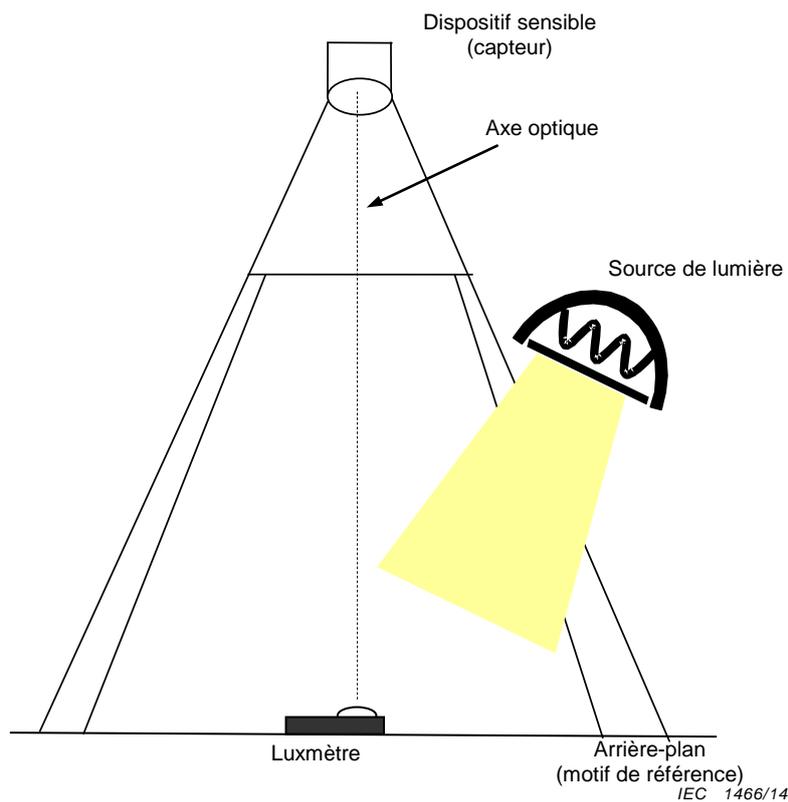
#### 5.4.6.4 Fonctionnement normal – Interférence sur le motif de référence

L'ESPE doit continuer à fonctionner normalement pendant toute la séquence d'essai 1 en 5.4.6.3 au cours de l'utilisation de chacun des types suivants de lumière interférente, placée en

dehors de la zone sensible. Les essais doivent être effectués aux distances présentées dans le Tableau 2.

Les mesures de l'intensité lumineuse doivent être réalisées conformément à la Figure 3.

- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant une intensité lumineuse de 1 500 lx.
- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant une intensité lumineuse de 100 lx sans lumière ambiante supplémentaire.
- La source de lumière à feu clignotant de 5.4.6.2 doit être placée en limite extérieure de la zone sensible mais au moins à une distance de 3 m de l'axe optique du capteur et à 2 m au-dessus du plancher de la zone sensible.
- La source unique de lumière incandescente de 5.4.6.2 qui produit une intensité lumineuse de 1 500 lx avec un objet cylindrique tenu devant la source de lumière et en dehors de la zone de tolérance produisant une ombre sur le motif passif. La taille de l'ombre doit se situer dans une gamme comprise entre 1 et 10 fois le niveau de la capacité de détection. L'intensité lumineuse à l'intérieur de la zone ombrée doit être inférieure à 50 % de la zone lumineuse.
- Le luxmètre doit être placé à l'arrière-plan et perpendiculaire à l'axe optique.



**Figure 3 – Dispositif de mesure de l'intensité lumineuse pour les essais avec lumière indirecte**

#### 5.4.6.5 Défaillance dangereuse – Interférence sur le motif de référence

L'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse pendant toute la séquence d'essai 2 en 5.4.6.3 au cours de l'utilisation de chacun des types suivants de lumière interférente, placée en dehors de la zone sensible. Les essais doivent être effectués aux distances présentées dans le Tableau 2.

Les mesures de l'intensité lumineuse doivent être réalisées conformément à la Figure 3.

NOTE Les valeurs de l'intensité lumineuse sont fondées sur les valeurs données par l'EN 12464-1. La position et la direction du luxmètre sont limitées de manière à obtenir une valeur d'intensité lumineuse reproductible.

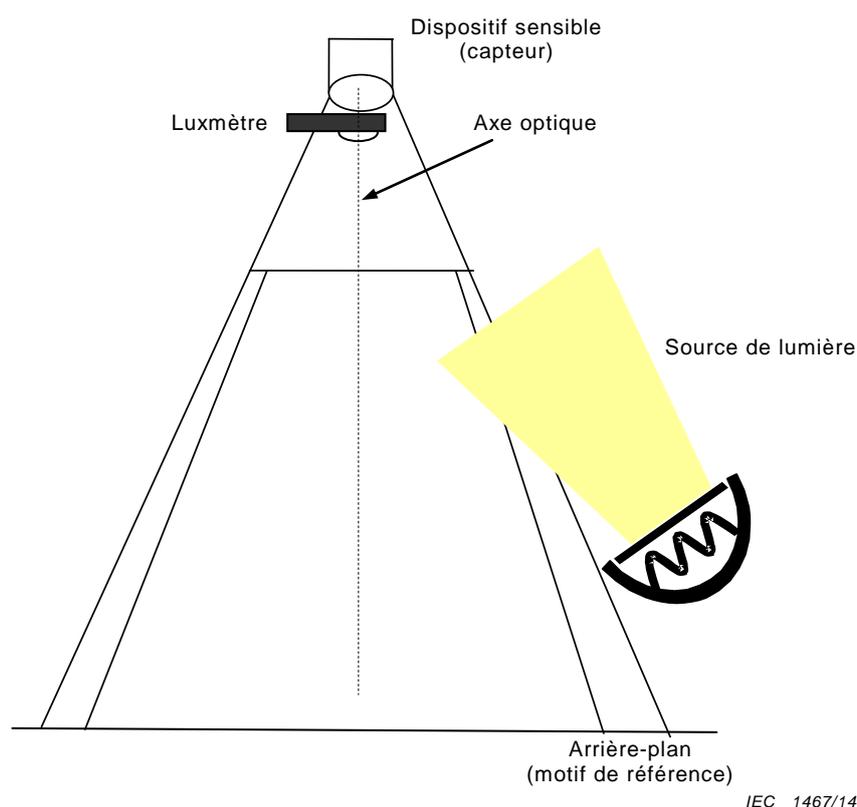
- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 3 000 lx.
- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant une intensité lumineuse de 50 lx sans lumière ambiante supplémentaire.
- La source de lumière stroboscopique de 5.4.6.2 doit être placée en limite extérieure de la zone sensible mais au moins à une distance de 3 m de l'axe optique du capteur et à 2 m au-dessus du plancher de la zone sensible.

#### **5.4.6.6 Fonctionnement normal – Interférence sur le capteur**

L'ESPE doit continuer à fonctionner normalement pendant toute la séquence d'essai 1 en 5.4.6.3 au cours de l'utilisation de chacun des types suivants de lumière interférente, placée en dehors de la zone sensible, mais contiguë à la zone de tolérance. Les essais doivent être effectués aux distances présentées dans le Tableau 2.

Les mesures de l'intensité lumineuse doivent être réalisées conformément à la Figure 4.

- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 1 500 lx.
- La source de lumière fluorescente à la fréquence du réseau définie au 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 750 lx.
- La source de lumière fluorescente sous haute fréquence définie au 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 750 lx.
- Le luxmètre doit être placé sur le capteur et perpendiculaire à l'axe optique.
- La source de lumière doit être placée contiguë à la zone de tolérance.



**Figure 4 – Dispositif de mesure de l'intensité lumineuse pour les essais avec lumière directe**

#### 5.4.6.7 Défaillance dangereuse – Interférence sur le capteur

Les sources de lumière interférente doivent être placées à l'extérieur de la zone sensible mais contiguës à la zone de tolérance. Les essais doivent être effectués aux distances présentées dans le Tableau 2.

Les mesures de l'intensité lumineuse doivent être réalisées conformément à la Figure 4.

L'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse pendant toute la séquence d'essai 2 en 5.4.6.3 au cours de l'utilisation de chacun des types suivants de lumière interférente:

- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 produisant une intensité lumineuse de 3 000 lx.
- La source de lumière fluorescente à la fréquence du réseau définie au 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 1 500 lx.
- La source de lumière fluorescente sous haute fréquence définie au 5.4.6.2 produisant un accroissement de l'intensité lumineuse de 1 500 lx.

L'ESPE ne doit pas présenter de défaillance dangereuse pendant toute la séquence d'essai 3 en 5.4.6.3 au cours de l'utilisation de chacun des types suivants de lumière interférente:

- La source de faisceau laser de 5.4.6.2 avec le faisceau laser placé à l'intérieur de l'ouverture de l'objectif du capteur.
- Un VBDPP de conception identique, si l'analyse montre que ce dispositif est sensible à ce type d'interférence.
- La source de lumière incandescente de 5.4.6.2 passe de 3 000 lx à 0 lx par étapes de 1 000 lx. La séquence d'essai 3 doit être répétée à chaque étape de luminosité réduite.

#### 5.4.7 Interférence due à la pollution

Une analyse systématique de la conception du VBPDPP doit être réalisée afin de décider quelles méthodes et conditions d'essai sont appropriées pour satisfaire aux exigences de 4.3.7. Ces essais doivent être réalisés pour vérifier l'absence de défaillance dangereuse.

Les modifications établies sur la pollution qui conduisent à une réduction de la discrimination par rapport à l'objet qui doit être détecté sont à prendre en compte.

Il convient que le dispositif d'essai inclue le champ de vision entier du motif passif contrôlé.

NOTE Des méthodes d'essai spécifiques seront élaborées.

#### 5.4.8 Modifications du motif de référence passif

Une analyse systématique de la conception du VBPDPP doit être réalisée afin de décider quels essais et quelles méthodes d'essai sont appropriés pour satisfaire aux exigences de 4.3.8. Ces essais doivent être réalisés pour vérifier l'absence de défaillance dangereuse.

Le vieillissement du motif de référence passif doit être considéré comme une modification homogène du motif complet.

L'endommagement du motif de référence passif doit être considéré comme un effet local sur le motif.

Les modifications du motif de référence qui conduisent à une réduction de la discrimination par rapport à l'objet qui doit être détecté sont à prendre en compte.

NOTE Des méthodes d'essai spécifiques seront élaborées.

#### 5.4.9 Interférence manuelle

Une analyse systématique de la conception du VBPDPP doit être réalisée afin de décider quels essais et quelles méthodes d'essai sont appropriés pour satisfaire aux exigences de 4.3.9. Ces essais doivent être réalisés pour vérifier l'absence de défaillance dangereuse.

NOTE Des méthodes d'essai spécifiques seront élaborées.

#### 5.4.10 Occlusion optique

L'immunité contre l'occlusion optique à l'intérieur de la zone de détection ou de la zone à capacité de détection limitée doit être vérifiée par essai comme suit:

- a) L'objet utilisé pour simuler l'occlusion optique doit être un cylindre d'une longueur efficace minimale de 0,3 m. La surface de l'éprouvette d'essai doit avoir une valeur de facteur de réflexion diffuse inférieure à 20 % à la longueur d'onde de fonctionnement.
- b) Le diamètre de l'objet d'occlusion doit être de 5 mm sauf détermination contraire par l'analyse de 4.3.10.
- c) Au cours de l'essai, l'objet d'occlusion doit être utilisé parallèlement au plan du motif de référence du VBPDPP.
- d) La zone de détection doit être réglée à sa valeur maximale, le cas échéant.
- e) L'essai doit être effectué en plaçant l'objet d'occlusion de manière contiguë à la zone de tolérance à l'intérieur de la zone de détection ou de la zone à capacité de détection limitée, le plus près possible du VBPDPP avec les OSSD à l'état ACTIF.
- f) L'éprouvette d'essai conforme au 4.2.13 doit être utilisée pour les essais C à réaliser.
- g) Les essais C doivent être effectués pour vérifier le maintien de la capacité de détection établie en présence d'occlusion optique. L'éprouvette d'essai doit être déplacée entre

l'objet d'occlusion et le motif de référence le plus près possible de l'objet d'occlusion, et à la distance de détection maximale établie.

- h) des essais supplémentaires doivent être effectués lorsque l'analyse de 4.3.10 montre que les éléments suivants peuvent affecter l'immunité à l'occlusion optique:
- 1) les distances entre le VBPDPP et l'objet d'occlusion autres que celles indiquées ci-dessus;
  - 2) les dimensions de la zone de détection autres que les dimensions maximales;
  - 3) les autres distances entre l'objet d'occlusion et l'éprouvette d'essai;
  - 4) des diamètres différents de l'objet d'occlusion à des distances différentes par rapport au VBPDPP;
  - 5) des positions différentes de l'objet d'occlusion devant le VBPDPP (par exemple, différents angles); et/ou
  - 6) plusieurs objets d'occlusion.

## 6 Marquage d'identification et de sécurité

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

### 6.1 Généralités

*Addition:*

- l) indication de la zone de détection;

Les marquages exigés en 6.1 b), c) et d) de l'IEC 61496-1:2012 peuvent en variante être donnés dans les documents d'accompagnement.

## 7 Documents d'accompagnement

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

*Additions:*

- aaa) instruction stipulant qu'il doit être vérifié que la vision du motif passif dans la zone de détection et la zone de tolérance n'est pas empêchée par des parties de la machine ou d'autres objets;
- bbb) instruction stipulant que la dimension de la capacité de détection doit être ajoutée aux calculs de distance de sécurité de l'ISO 13855. Ceci est dû au fait que les spécifications de temps de réponse présupposent que l'objet peut se trouver entièrement à l'intérieur de la zone de détection avant qu'il ne soit détecté;
- ccc) le fabricant doit informer l'utilisateur des difficultés potentielles non couvertes par les exigences de la présente partie de l'IEC 61496;
- ddd) le fabricant doit décrire des méthodes de fixation permanente du motif passif et d'autres mesures (par exemple, prévenir tout accès aisé des travailleurs au motif passif supplémentaire);
- eee) si le VBPDPP a une zone à capacité de détection limitée, le fabricant doit fournir les informations exigées au 4.1.6;
- fff) des exemples d'application indiquant la (les) zone(s) de tolérance, le cas échéant;

- ggg) les dimensions de la (des) zone(s) de détection et de la (des) zone(s) de tolérance maximale(s) et minimale(s);
- hhh) des informations sur la distance minimale exigée entre la limite d'une zone de détection et le milieu environnant sans détecter, par exemple, des parois ou des parties des machines afin de garantir la fiabilité du fonctionnement;
- iii) pour le réglage de la (des) zone(s) de détection y compris l'analyse de la (des) zone(s) de tolérance et des informations détaillées sur les autres fonctions facultatives du VBPDPP, décrites dans l'Annexe A de la présente partie de l'IEC 61496 si ces options sont disponibles. Une indication claire doit être donnée lorsqu'une (des) zone(s) est (sont) décrite(s), si sa description est liée à la (aux) zone(s) de détection comme défini en 3.4 de l'IEC 61496-1:2012 ou à la combinaison de la (des) zone(s) de détection et de la (des) zone(s) de tolérance.

## Annexe A (normative)

### Fonctions optionnelles de l'ESPE

L'Annexe A de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

L'Article A.8 ne s'applique pas.

*Fonctions facultatives supplémentaires:*

#### A.9 Réglage de la zone de détection et/ou d'autres paramètres relatifs à la sécurité

##### A.9.1 Exigences fonctionnelles

Le réglage de la zone de détection et/ou d'autres paramètres relatifs à la sécurité ne doit pas être possible sans l'aide d'une clé, d'un mot-clé ou d'un outil. Cet outil qui fait partie du VBPDP peut, par exemple, être un programme de configuration de logiciel protégé par mot de passe.

Si le réglage est effectué au moyen d'un ordinateur individuel ou équivalent doté d'un matériel et/ou d'un logiciel spécialisés non soumis à essai, une procédure spéciale doit être appliquée pour le réglage de la zone de détection. Cette procédure doit être conforme aux normes informatiques correspondantes (voir également 4.2.11 de l'IEC 61496-1:2012). Si l'outil est un logiciel, seul un logiciel autorisé par le fournisseur doit être utilisé.

La procédure doit comporter la confirmation des paramètres d'entrée à l'ESPE, par une retransmission de ces derniers à l'unité de configuration (par exemple, un ordinateur individuel), ainsi que la confirmation ultérieure de l'utilisateur.

Cette procédure de configuration doit être utilisée pour tous les réglages relatifs à la sécurité, par exemple, le réglage du temps de réponse.

Il convient que seules des personnes qualifiées effectuent le réglage des paramètres relatifs à la sécurité.

##### A.9.2 Vérification

Le réglage d'une zone de détection ou d'un autre ou d'autres paramètres relatifs à la sécurité doit être vérifié comme suit:

- a) vérification de la ou des fonctions de réglage correctes pour chaque paramètre de configuration (valeurs minimale, maximale et représentative);  
NOTE Il est possible que la zone de détection affichée à l'écran d'un outil de configuration (par exemple, un ordinateur individuel) soit différente de la zone de détection réelle de l'ESPE.
- b) vérification que les paramètres de configuration font l'objet d'un contrôle de plausibilité, par exemple, par l'emploi de valeurs non valides, etc.;
- c) vérification que l'accès et les méthodes de configuration par l'utilisateur sont conformes aux exigences des normes correspondantes (voir, par exemple, 4.2.11 de l'IEC 61496-1:2012, ou d'autres normes pertinentes);
- d) vérification, dans le cas des zones de détection dont la taille peut varier en fonctionnement, que les données/signaux nécessaires pour déterminer la taille d'une zone de détection sont générés et traités de sorte qu'un défaut unique ne doit pas entraîner la perte de la fonction de sécurité. Vérification que ce type de défaut unique est détecté et conduit les OSSD à conserver l'état INACTIF ou à passer à cet état dans le cadre du temps de réponse de l'ESPE.

## A.10 Sélection de zones de détection multiples

### A.10.1 Exigences fonctionnelles

Lorsqu'un ESPE comporte plusieurs zones de détection relatives à la sécurité, un défaut unique ne doit pas entraîner de changement intempestif d'une zone sélectionnée à une autre zone. Dans les cas où un défaut unique qui ne provoque pas de défaillance dangereuse de l'ESPE n'est pas détecté, l'apparition d'un défaut supplémentaire interne à l'ESPE ne doit pas provoquer de défaillance dangereuse.

Lorsque les signaux d'entrée sont issus d'un ou de plusieurs dispositifs externes à l'ESPE, il convient que ce ou ces dispositifs satisfassent aux exigences correspondantes d'autres normes appropriées (par exemple, ISO 13849-1, IEC 61508, IEC 62061).

Les défauts uniques qui empêchent tout changement prévu d'une zone sélectionnée à une autre, ou empêchent l'activation d'une zone de détection relative à la sécurité supplémentaire, doivent conduire l'ESPE à passer à un état de verrouillage lorsqu'une demande exige l'activation d'une autre zone ou l'activation d'une zone supplémentaire. Le ou les temps de réponse spécifiés doivent être maintenus dans ce cas.

NOTE 1 Il est possible que chaque zone ait un temps de réponse différent tel que spécifié par le fabricant.

Si la taille d'une zone de détection est modifiée en ligne, par exemple, par des signaux d'entrée externes, la même exigence s'applique.

L'activation des zones de détection doit être contrôlée par l'ESPE. L'utilisateur doit pouvoir configurer la séquence d'activation des zones de détection qui est contrôlée par l'ESPE. En cas de détection d'une séquence d'activation incorrecte des zones de détection, l'ESPE doit répondre en passant à l'état de verrouillage.

Il convient de tenir compte du fait que des personnes peuvent déjà se trouver dans la zone de détection au moment du basculement entre différentes zones de détection.

NOTE 2 La sélection automatique des zones de détection relatives à la sécurité n'est pas une fonction silencieuse (comme cela est décrit en A.7 de l'IEC 61496-1:2012).

### A.10.2 Vérification

Les exigences fonctionnelles concernant la sélection de zones de détection multiples doivent être vérifiées comme suit.

- a) Vérification qu'un défaut unique n'entraîne pas de changement intempestif d'une zone sélectionnée à une autre zone. Vérification qu'un défaut unique n'empêche pas le changement prévu d'une zone sélectionnée à une autre zone, ou empêche l'activation d'une zone de détection relative à la sécurité supplémentaire. La vérification qu'un défaut supplémentaire n'entraîne pas de défaillance dangereuse doit être effectuée selon 5.3.4.
- b) Vérification que les défaillances de mode commun ne peuvent pas entraîner une désactivation ou une variation des zones de détection.
- c) Vérification que le temps de réponse spécifié de l'ESPE est maintenu en cas de basculement entre différentes zones de détection.
- d) Vérification que l'utilisateur a la possibilité de configurer la séquence d'activation des zones de détection qui est contrôlée par l'ESPE.
- e) Vérification que l'ESPE passe à l'état de verrouillage lorsque la séquence d'activation est différente de celle configurée par l'utilisateur.

## **A.11 Réglage automatique des zones de détection**

### **A.11.1 Exigences fonctionnelles**

Si l'ESPE a la possibilité de régler automatiquement la ou les zones de détection, le réglage de cette zone de détection doit être valide uniquement après vérification par pénétration de tous les segments de ladite zone au moins une fois dans un couloir d'une largeur maximale de 0,75 m le long de la limite de la zone de détection dans le plan du motif de référence. Le couloir doit se trouver à l'intérieur de la zone de détection.

Le réglage automatique d'une zone de détection ne doit pas être possible sans l'aide d'un outil. Cet outil peut, par exemple, être un programme de configuration de logiciel protégé par mot de passe.

Lors de la détermination de la précision télémétrique d'une zone de détection à réglage automatique, toutes les conditions énumérées dans la présente partie de l'IEC 61496 doivent être prises en compte, notamment les interférences de l'environnement.

### **A.11.2 Vérification**

Les exigences fonctionnelles concernant le réglage automatique d'une zone de détection doivent être vérifiées au moyen des essais suivants:

- a) essais selon A.9.2 a), b) et c);
- b) vérifier par essai si la zone de détection a été correctement définie par pénétration de tous les segments de ladite zone au moins une fois dans un couloir d'une largeur maximale de 0,75 m le long de la limite de la zone de détection;
- c) vérification de la nécessité d'un outil (par exemple, un programme de configuration de logiciel protégé par mot de passe) pour permettre le réglage automatique d'une zone de détection dans le plan du motif de référence.

**Annexe B**  
(normative)

**Catalogue des défauts simples affectant l'équipement électrique  
d'un ESPE à appliquer conformément à 5.3**

L'Annexe B de la Partie 1 s'applique avec les exceptions suivantes:

*Addition:*

**B.7 Capteur image**

Défauts considérés	Exclusions
Adressage de ligne incorrect	Aucune
Adressage de colonne incorrect	Aucune
Diaphonies entre lignes, colonnes et pixels	Aucune
Image statique (aucune nouvelle image)	Aucune
Bloqué à un pixel élevé	Aucune
Bloqué à un pixel faible	Aucune
Modification des réglages du registre, le cas échéant	Aucune
Défaillance du convertisseur analogique-numérique, le cas échéant	Aucune
Défaillance dans le prétraitement des données, le cas échéant (voir Figure 1)	Aucune

## Annexe AA (informative)

### Positionnement du VBPD par rapport aux parties du corps

#### AA.1 Calcul des distances pour les équipements de protection électro-sensibles qui utilisent des dispositifs protecteurs par vision (VBPD)

NOTE 1 L'ISO 13855 fournit une méthodologie qui permet de déterminer la distance minimale  $S$  entre des capteurs ou des dispositifs de commande spécifiques des équipements de protection et une zone dangereuse. L'Article 6 de l'ISO 13855:2010 détaille le calcul des distances minimales pour les équipements de protection électro-sensibles qui utilisent des systèmes de protection optoélectroniques actifs. La présente Annexe AA adopte l'approche donnée et l'étend si nécessaire. Il est prévu de présenter cette méthodologie, au terme d'une certaine période, aux comités qui élaborent l'ISO 13855 et l'IEC 62046 pour adoption et intégration dans leurs normes.

Il convient que le calcul des distances minimales tienne compte des exigences et formules données dans l'Article 6 de l'ISO 13855: 2010 y compris les additions indiquées de AA.2 à AA.4.

L'ISO 13855 distingue dans le calcul de la distance minimale:

- la zone de détection orthogonale à la direction d'approche, et
- la zone de détection parallèle à la direction d'approche

Les deux cas peuvent s'appliquer pour un volume tridimensionnel; il est permis de choisir la distance minimale  $S$  plus faible qui en résulte. L'analyse a indiqué que les formules relatives aux zones de détection orthogonales à la direction d'approche conduisent à une distance minimale  $S$  inférieure ou égale dans les cas décrits ci-dessous. Pour les Formules AA.5 à AA.9, il est considéré que l'enveloppe extérieure de la zone de détection tridimensionnelle est perpendiculaire au plan de référence, par exemple le plancher. D'autres formes telles que les formes de boule ou de trapèze nécessitent plus d'analyse. De plus, il convient de traiter le contournement possible d'un VBPD par l'atteinte de la zone de détection conformément au Tableau 1 de l'ISO 13855:2010.

Pour s'assurer que la valeur  $C_{RO}$  selon le Tableau 1 de l'ISO 13855:2010 est inférieure à la valeur de  $(C + d)$  calculée selon les formules ci-dessous indépendamment de la hauteur  $a$  de la zone dangereuse, il convient que la hauteur  $b$  du bord supérieur de la zone de détection du VBPD soit de 1 400 mm au minimum pour une capacité de détection  $\geq 70$  mm et de 2 400 mm au minimum pour tous autres cas.

NOTE 2 Une hauteur  $b$  égale ou supérieure à 1 400 mm (respectivement 2 400 mm) signifie qu'il n'y a aucun contournement possible d'un ESPE selon l'ISO 13855 par l'atteinte de la zone de détection.

#### AA.2 Calcul de la distance minimale globale $S_o$

Lors du calcul de la taille ou du volume d'une zone qui est utilisée pour empêcher une personne d'atteindre la zone dangereuse avant la fin du fonctionnement dangereux de la machine, il convient de calculer une distance minimale globale  $S_o$  par la Formule (AA.1) (respectivement Formule (AA.4)). La Formule (AA.2) est une formule générale donnée dans l'ISO 13855.

$$S_o = S + S_a \quad (\text{AA.1})$$

$$S = (K \times T) + C \quad (\text{AA.2})$$

$$S_a = C_{tz} + d \quad (\text{AA.3})$$

$$S_o = (K \times T) + C + C_{tz} + d \quad (\text{AA.4})$$

où:

$S_o$  est la distance minimale globale, en millimètres, combinant la distance minimale  $S$  et une distance supplémentaire  $S_a$ ;

$S$  est la distance minimale, en millimètres, entre la zone dangereuse et le point, la ligne, le plan ou la zone de détection;

$S_a$  est une distance supplémentaire, en millimètres, combinant les effets des influences systématiques et aléatoires;

$K$  est un paramètre, en millimètres par seconde, déduit des données concernant les vitesses d'approche du corps ou des parties du corps (voir ISO 13855 pour plus de détails),

$T$  est la performance d'arrêt du système dans son ensemble, en secondes;

$C$  est une distance supplémentaire, en millimètres, établie sur la distance qu'une partie du corps peut parcourir en direction de la zone dangereuse avant que le dispositif de protection ne soit activé;

$C_{tz}$  est une distance supplémentaire, en millimètres, établie sur la zone de tolérance du dispositif de protection, afin de satisfaire aux influences systématiques et aléatoires;

$d$  est la capacité de détection en millimètres.

NOTE Les dispositifs de protection qui utilisent un volume en tant que zone de détection exigeront normalement qu'une éprouvette d'essai se situe dans ladite zone, avec une dimension équivalant au moins à sa capacité de détection établie. Ceci est pris en compte par les méthodes d'essai correspondantes (voir par exemple l'Article 5). Par conséquent, la dimension de l'éprouvette d'essai ( $d$ ) fait partie de la distance supplémentaire  $S_a$  dans les Formules AA.3 et AA.4. Si une intrusion partielle (voir AA.5, Exemple 2) satisfait aux exigences de la présente partie de l'IEC 61496, seule la portion correspondante de la dimension  $d$  est utilisée dans ces formules (c'est-à-dire  $d_1$  dans les Figures AA.4 à AA.6).

### AA.3 Dispositifs protecteurs par vision avec une capacité de détection > 40 mm et ≤ 55 mm

Il convient de calculer la distance minimale  $S$  en millimètres à l'aide de la Formule (AA.5) pour un VBPD dont la capacité de détection est comprise dans la gamme > 40 mm et ≤ 55 mm:

$$S = (K \times T) + C_{40} + C_{55} \quad (\text{AA.5})$$

où:

$S$  est la distance minimale, en millimètres, entre la zone dangereuse et le point, la ligne, le plan ou la zone de détection;

$K$  est un paramètre, en millimètres par seconde, déduit des données concernant les vitesses d'approche du corps ou des parties du corps (voir ISO 13855 pour plus de détails);

$T$  est la performance d'arrêt du système dans son ensemble, en secondes;

$C_{40}$  est une distance supplémentaire, en millimètres, établie sur les formules données par l'ISO 13855 avec  $C_{40} = 8 (d - 14 \text{ mm}) = 8 (40 \text{ mm} - 14 \text{ mm}) = 208 \text{ mm}$ ;

$C_{55}$  est une distance supplémentaire, en millimètres, établie sur la formule  $C_{55} = 12 (d - 40 \text{ mm})$ ;

$d$  est la capacité de détection en millimètres.

Alors

$$S = (K \times T) + 208 \text{ mm} + 12 (d - 40 \text{ mm}) \quad (\text{AA.6})$$

$$S = (K \times T) + 12 d - 272 \text{ mm} \quad (\text{AA.7})$$

NOTE La formule dédiée à  $C_{55}$  est déduite d'une estimation établie sur les données fournies par B. Flügel, H. Greil, K. Sommer, Anthropologischer Atlas, Verlag Tribüne Berlin 1986, ISBN 3-7303-0042-3.

Pour le calcul de  $C_{40}$ , il faut que la valeur de  $d$  soit de 40 mm, quelle que soit la capacité de détection établie par le fabricant. Pour le calcul de  $C_{55}$ , la valeur de  $d$  équivaut à la capacité de détection établie par le fabricant.

#### **AA.4 Dispositifs protecteurs par vision avec une capacité de détection > 55 mm et ≤ 200 mm**

Il convient de calculer la distance minimale  $S$  en millimètres à l'aide de la Formule (AA.8) pour un VBPD dont la capacité de détection est comprise dans la gamme > 55 mm et ≤ 200 mm.

$$S = (K \times T) + C \quad (\text{AA.8})$$

où:

$S$  est la distance minimale, en millimètres, entre la zone dangereuse et le point, la ligne, le plan ou la zone de détection;

$K$  est un paramètre, en millimètres par seconde, déduit des données concernant les vitesses d'approche du corps ou des parties du corps avec  $K = 1\,600$  mm/s (voir ISO 13855 pour plus de détails);

$T$  est la performance d'arrêt du système dans son ensemble, en secondes;

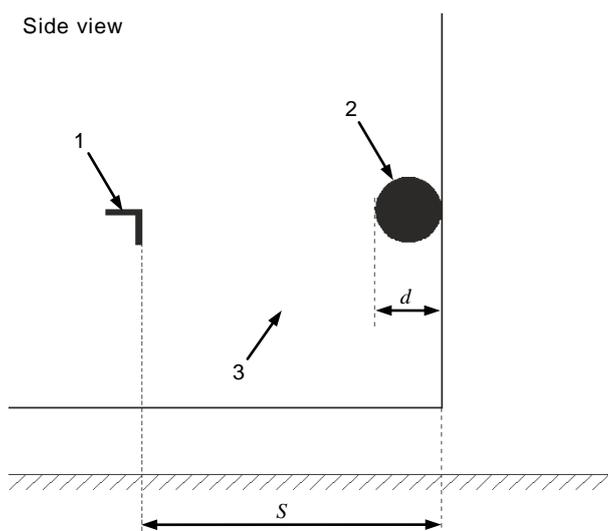
$C$  est une distance supplémentaire de 850 mm; selon l'ISO 13855, cette valeur est considérée comme étant la distance d'atteinte du bras normalisée.

Alors

$$S = (1\,600 \text{ mm/s} \times T) + 850 \text{ mm} \quad (\text{AA.9})$$

#### **AA.5 Exemples de zone détection et de zone de tolérance**

Voir AA.2 pour la description des symboles littéraux utilisés dans les Figures AA.1 à AA.6.



IEC 1468/14

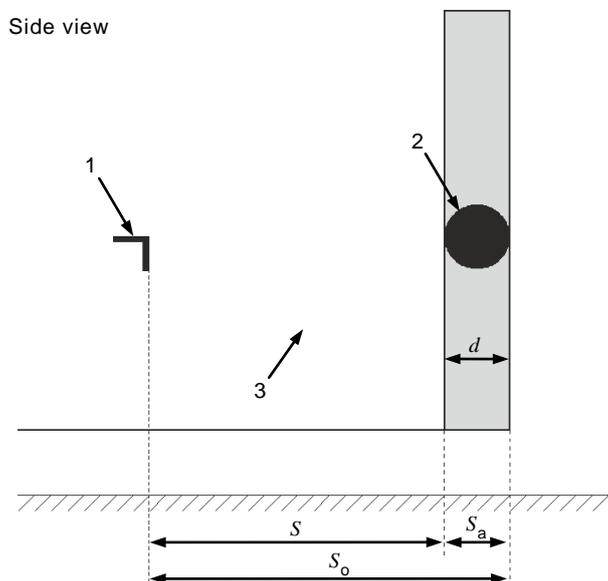
**Légende**

- 1 – Zone dangereuse
- 2 – Éprouvette d'essai
- 3 – Zone de détection

Side view: Vue de côté

**Figure AA.1 – Distance minimale  $S$  – Exemple 1**

Selon la description générale de la méthode d'essai en 5.2.1.1, l'éprouvette d'essai doit être détectée lorsqu'elle est placée à l'intérieur de la zone de détection à hauteur de la capacité de détection  $d$  établie.



IEC 1469/14

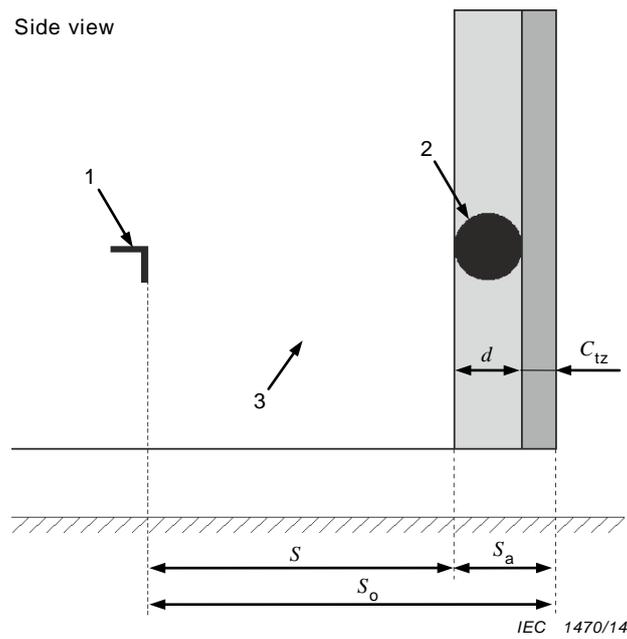
**Légende**

- 1 – Zone dangereuse
- 2 – Éprouvette d'essai
- 3 – Zone de détection

Side view: Vue de côté

**Figure AA.2 – Distance minimale globale  $S_0$  sans zone de tolérance – Exemple 1**

La dimension de la capacité de détection  $d$  est ajoutée à la distance minimale  $S$  pour garantir une distance appropriée entre la zone dangereuse et un objet.

**Légende**

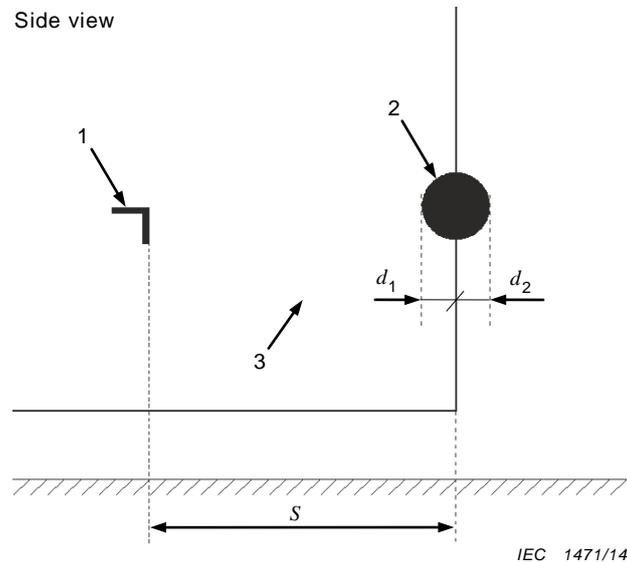
- 1 – Zone dangereuse
- 2 – Éprouvette d'essai
- 3 – Zone de détection

Side view: Vue de côté

**Figure AA.3 – Distance minimale globale  $S_o$  avec zone de tolérance – Exemple 1**

S'il y a une zone de tolérance, il convient de l'ajouter pour compléter la distance supplémentaire  $S_a$ .

NOTE 1 A l'heure actuelle, il n'y a aucun VBPDPP réputé pour utiliser une zone de tolérance.

**Légende**

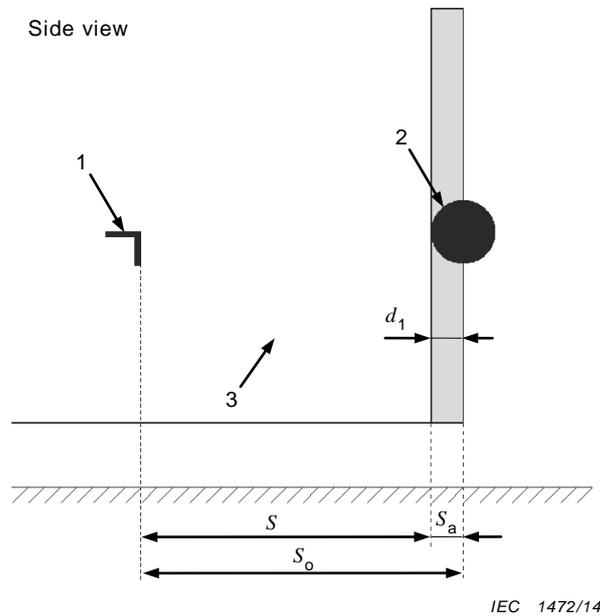
- 1 – Zone dangereuse
- 2 – Éprouvette d'essai
- 3 – Zone de détection

$$d = d_1 + d_2$$

Side view: Vue de côté

**Figure AA.4 – Distance minimale  $S$  – Exemple 2**

Selon la description générale de la méthode d'essai en 5.2.1.1, l'éprouvette d'essai doit être détectée lorsqu'elle est placée à l'intérieur de la zone de détection à hauteur de la capacité de détection  $d$  établie. Si l'intrusion partielle d'un objet dans la zone de détection telle que présentée par la dimension  $d_1$  à la Figure AA.4 conduit à la détection, alors la dimension  $d_1$  est ajoutée à la distance minimale  $S$ ; pour assurer la distance correcte entre la zone dangereuse et un objet, voir Figure AA.5.

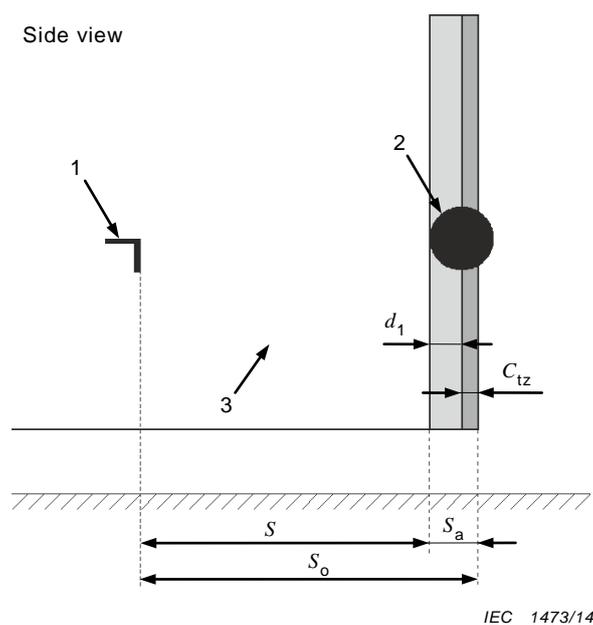


IEC 1472/14

**Légende**

- 1 – Zone dangereuse
- 2 – Éprouvette d'essai
- 3 – Zone de détection
- $d_1$  – voir Figure AA.4
- Side view: Vue de côté

**Figure AA.5 – Distance minimale globale  $S_o$  sans zone de tolérance – Exemple 2**

**Légende**

1 – Zone dangereuse

2 – Éprouvette d'essai

3 – Zone de détection

 $d_1$  – voir Figure AA.4

Side view: Vue de côté

**Figure AA.6 – Distance minimale globale  $S_o$  avec zone de tolérance – Exemple 2**

S'il y a une zone de tolérance, il convient de l'ajouter pour compléter la distance supplémentaire  $S_a$ .

NOTE 2 A l'heure actuelle, il n'y a aucun VBPDPP réputé pour utiliser une zone de tolérance.

## Bibliographie

- [1] DIN 33402-2:2007, *Ergonomics. Human body dimensions – Part 2: Values* (disponible en anglais seulement)
  - [2] EN 12464-1:2011, *Lumière et éclairage – Éclairage des lieux de travail – Partie 1: lieux de travail intérieurs*
  - [3] ISO 15534-1:2000, *Conception ergonomique pour la sécurité des machines – Partie 1: Principes de détermination des dimensions requises pour les ouvertures destinées au passage de l'ensemble du corps dans les machines* (disponible en anglais seulement)
  - [4] ISO 15534-2:2000, *Conception ergonomique pour la sécurité des machines – Partie 2: Principes de détermination des dimensions requises pour les orifices d'accès* (disponible en anglais seulement)
  - [5] ISO 15534-3:2000, *Conception ergonomique pour la sécurité des machines – Partie 3: Données anthropométriques* (disponible en anglais seulement)
  - [6] IEC TS 62046:2008, *Sécurité des machines – Application des équipements de protection à la détection de la présence de personnes*
  - [7] EN 547-3:2009, *Sécurité des machines – Mesures du corps humain – Partie 3: données anthropométriques*
  - [8] B. Flügel, H. Greil, K. Sommer, *Anthropologischer Atlas*, Verlag Tribüne Berlin 1986, ISBN 3-7303-0042-3 (disponible en allemand seulement)
-



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)