

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Safety of machinery – Application of protective equipment to detect the presence of persons

Sécurité des machines – Application des équipements de protection à la détection de la présence de personnes



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

Safety of machinery – Application of protective equipment to detect the presence of persons

Sécurité des machines – Application des équipements de protection à la détection de la présence de personnes

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XE

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviations	11
3.1 Terms and definitions	11
3.2 Abbreviations	18
4 Selection of protective measures.....	18
4.1 Procedure (relationship with ISO 12100 (all parts)).....	18
4.2 Machine characteristics	19
4.2.1 Suitability of protective equipment	19
4.2.2 Suitability of protective equipment as a trip device	20
4.3 Environmental characteristics.....	20
4.4 Uses of protective equipment	21
4.4.1 General	21
4.4.2 Trip device	22
4.4.3 Presence sensing device	24
4.4.4 Combination trip and presence sensing device	24
4.5 Human characteristics	24
4.5.1 General	24
4.5.2 Approach speed (<i>K</i>).....	25
4.5.3 Penetration/encroachment factor (<i>C</i>)	25
4.5.4 Ability to circumvent protective equipment.....	25
4.6 Protective equipment characteristics	26
4.6.1 ESPEs.....	26
4.6.2 Pressure sensitive mats and floors	28
4.7 Machine control system functions associated with the application of protective equipment.....	28
4.7.1 General	28
4.7.2 Stopping performance monitoring (SPM)	28
4.7.3 Muting	28
4.7.4 Reinitiation of cyclic operation by the protective equipment	29
4.7.5 Start interlock	29
4.7.6 Restart interlock	29
4.7.7 Blanking	29
4.7.8 External Device Monitoring (EDM).....	29
4.7.9 Provision of machine control functions.....	30
5 General application requirements	30
5.1 Positioning and configuration of the protective equipment detection zone.....	30
5.2 Integration with the safety-related control system.....	30
5.3 Performance of protective equipment	30
5.3.1 General	30
5.3.2 Classification of protective equipment.....	31
5.4 Stopping performance monitoring.....	32
5.5 Muting.....	33

5.5.1	General	33
5.5.2	Muting to allow access by persons	34
5.5.3	Muting to allow access by materials.....	34
5.5.4	Mute dependent override.....	34
5.6	Reinitiation of cyclic operation by the protective equipment.....	35
5.6.1	General	35
5.6.2	Particular requirements for press applications	36
5.7	Start interlock.....	37
5.8	Restart interlock	37
5.9	Blanking	37
6	Particular application requirements for specific protective equipment	37
6.1	AOPDs.....	37
6.1.1	General	37
6.1.2	Light beam device(s)	38
6.1.3	Light curtains.....	39
6.2	AOPDDRs	40
6.3	PIPDs.....	41
6.3.1	General	41
6.3.2	Mobile applications.....	42
6.4	Pressure-sensitive mats and floors.....	42
6.4.1	Pressure sensitive floors	42
6.4.2	Pressure sensitive mats.....	42
7	Inspection and test	44
7.1	General.....	44
7.2	Initial inspection and test.....	44
7.3	Periodic inspection and test.....	45
7.4	Functional checks	45
8	Information for safe use.....	47
Annex A (informative) Examples of interfacing ESPEs to a machine		48
Annex B (informative) Summary of minimum type test requirements for various protective equipment		55
Annex C (informative) Application examples		59
Annex D (informative) Protective devices for the detection of the position of a person		65
Annex E (informative) Additional recommendations for the application of AOPDDRs		68
Annex F (informative) Additional recommendations for the configuration of photoelectric muting sensors when used to allow access by materials		75
Annex G (informative) Periodic test intervals for Type 2 ESPE.....		99
Bibliography.....		102
Figure 1 – Relationship of this Technical Specification to other standards		9
Figure 2 – Risk reduction process (simplified version of Figure 2 of ISO 12100-1)		19
Figure 3 – Detection principle of through-beam AOPD		26
Figure 4 – Through-beam AOPD using mirrors.....		26
Figure 5 – Retro-reflective AOPD.....		27

Figure 6 – Detection principle of AOPDDR.....	27
Figure 7 – Example of the effect of reflective surfaces	38
Figure 8 – Example of use of blanking	40
Figure A.1 – Integration with the control system.....	48
Figure A.2 – Example of integration – Category 4	49
Figure A.3 – Example of integration – Category 4	50
Figure A.4 – Example of an incorrect integration – Category 4	50
Figure A.5 – Example of an incorrect integration – Category 4	51
Figure A.6 – Example of integration of an ESPE: Category 4	51
Figure A.7 – Example of integration – Category 3	52
Figure A.8 – Example of an incorrect integration – Category 3	53
Figure A.9 – Integration with a safety-related control system	54
Figure C.1 – Protective equipment used as a trip device.....	59
Figure C.2 – Protective equipment used as combined trip and presence sensing device	59
Figure C.3 – Protective equipment used as a combined trip and presence sensing device.....	60
Figure C.4 – Horizontal AOPD	61
Figure C.5 – Vertical AOPD	62
Figure C.6 – Increased separation distance	63
Figure C.7 – Additional mechanical protection	63
Figure C.8 – Use of a trip device.....	64
Figure E.1 – Example of the use of an AOPDDR on machinery.....	69
Figure E.2 – Example of the use of an AOPDDR on machinery.....	69
Figure E.3 – Example of the use of an AOPDDR on an AGV.....	70
Figure E.4 – Use of an AOPDDR as a whole-body trip device – Example 1	71
Figure E.5 – Use of an AOPDDR as a whole-body trip device – Example 2.....	72
Figure E.6 – Use of an AOPDDR as parts of a body trip device – Example 1	73
Figure E.7 – Use of an AOPDDR as parts of a body trip device – Example 2	73
Figure F.1 – T configuration with timing control.....	75
Figure F.2 – L configuration with timing control.....	76
Figure F.3 – Parallel beams with timing or sequence control.....	76
Figure F.4 – Four parallel beams with timing control	77
Figure F.5 – Positioning of the muting sensors to avoid muting by a person's body (plan view).....	78
Figure F.6 – Positioning of the muting sensors (side view).....	78
Figure F.7 – Timing diagram; four parallel beams with timing control	79
Figure F.8 – Four beams: Timing control and crossed beams (not recommended)	79
Figure F.9 - Timing diagram; four beams; sequence control.....	80
Figure F.10 – Four beams with additional swinging doors	81
Figure F.11 – Timing diagram for mute enable signal (mute enable activated)	81
Figure F.12 – Timing diagram for mute enable signal (mute enable not activated)	82
Figure F.13 – Avoidance of manipulation of the muting function (plan view).....	82
Figure F.14 – Avoidance of manipulation of the muting function (front view)	83

Figure F.15 – Connection of the muting sensors	83
Figure F.16 – Two sensors – Crossed beams	84
Figure F.17 – Two sensors – Crossed beams (risk of entering the hazardous zone without detection when $x > 200$ mm)	85
Figure F.18 – Positioning of the muting sensors.....	86
Figure F.19 – Detection of the test object	86
Figure F.20 – Timing diagram for two crossed beams (normal operation).....	87
Figure F.21 – Timing diagram for two crossed beams (timeout)	87
Figure F.22 – Single swinging doors in combination with a two-beam muting system (correct position).....	88
Figure F.23 Single swinging doors (incorrect position)	89
Figure F.24 – Single swinging doors (incorrect position)	90
Figure F.25 – Height of crossing point	91
Figure F.26 – Interruption of the beam	92
Figure F.27 – Two muting sensor beams – exit only.....	93
Figure F.28 – Timing diagram; two muting sensor beams – exit only, muting terminated by the ESPE	93
Figure F.29 – Timing diagram; two muting sensor beams – exit only, muting terminated by the 4 s timer.....	94
Figure F.30 – Timing diagram, muting terminated by the muting timeout.....	94
Figure F.31 – Production line incorporating two machines.....	95
Figure F.32 – Production line incorporating two machines.....	96
Figure F.33 – Example of an external override in a category 4 control system	96
Figure F.34 – Example of an external override in a category 3 control system	97
Figure F.35 – Example of an external override at a work area with two access points and two separate muting functions – Category 4	98
Figure G.1 – Failure occurrence after approach	100
Figure G.2 – Approach after a failure	100
Figure G.3 – Average time of approach.....	100
Table 1 – Beam heights for light beam devices	39
Table B.1 – List of environmental considerations to assist the selection of a protective equipment.....	56
Table F.1 – Truth table, four beams; sequence control.....	80

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF MACHINERY –
APPLICATION OF PROTECTIVE EQUIPMENT
TO DETECT THE PRESENCE OF PERSONS**

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62046, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 44: Safety of machinery – Electrotechnical aspects.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 2004. This second edition constitutes a general technical revision of the first edition, and includes further examples of interfacing and muting techniques.

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

Enquiry draft	Report on voting
44/534/DTS	44/552B/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.

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

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

This Technical Specification provides information on the application of protective equipment, which employs a sensing device(s) to detect person(s) in or approaching an area, in order to reduce or minimize a risk from hazardous parts of machinery, without providing a physical barrier.

The objective of this specification is to assist: standards writing committees responsible for developing machine standards ("C" Standards), machine designers, manufacturers and refurbishers, machine safety certification organizations, workplace authorities and others on the proper application of protective equipment to machinery.

Figures 1 and 2 show the general context and the intended use of this specification.

Clauses 1 to 5, 7 and 8 of this specification apply to all protective equipment included in the scope, Clause 6 contains guidance for the application of specific kinds of protective equipment.

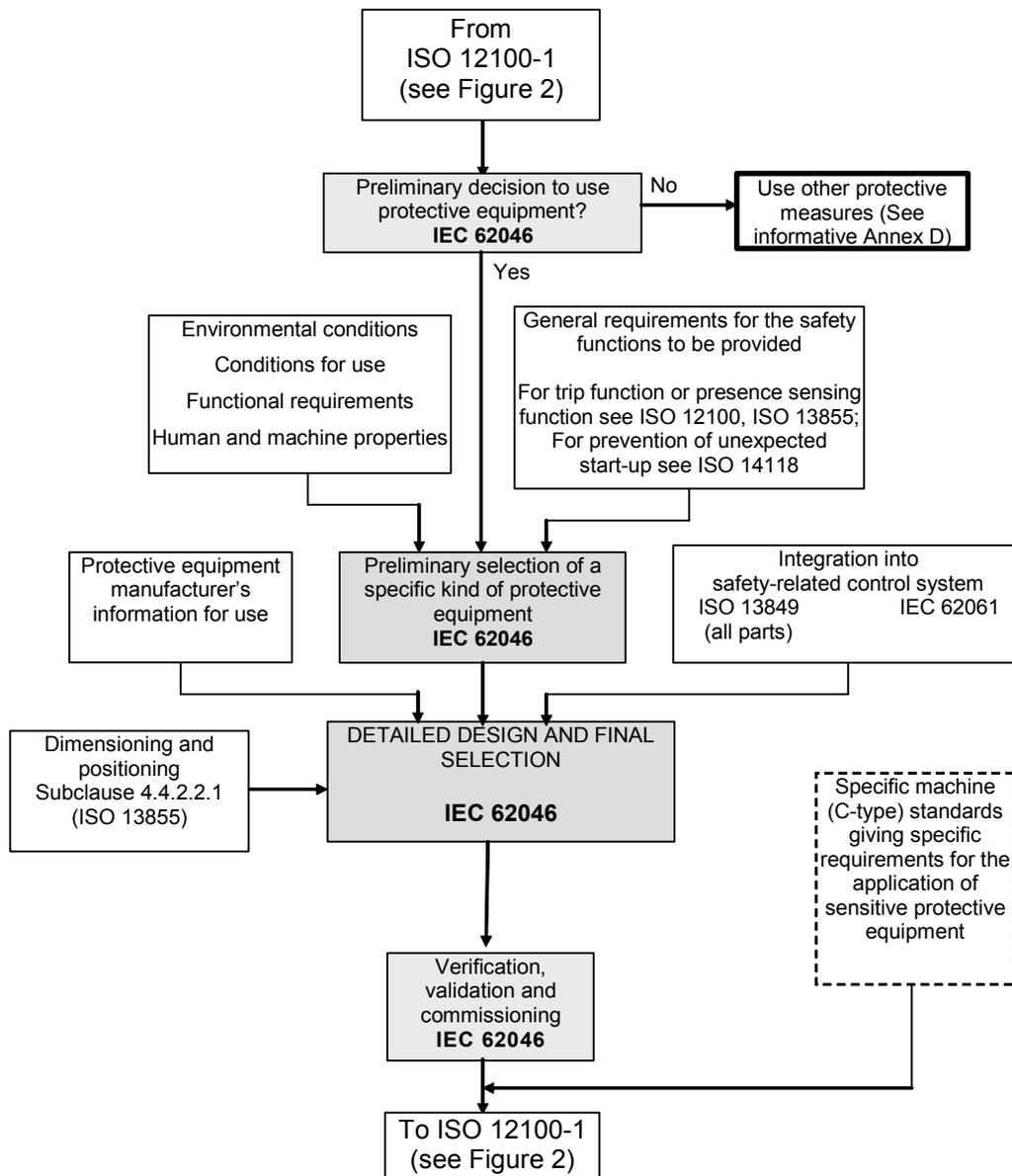


Figure 1 – Relationship of this Technical Specification to other standards

(see also Figure 2)

SAFETY OF MACHINERY – APPLICATION OF PROTECTIVE EQUIPMENT TO DETECT THE PRESENCE OF PERSONS

1 Scope

This Technical Specification specifies requirements for the selection, positioning, configuration and commissioning of protective equipment to detect the presence of persons in order to protect those persons from dangerous part(s) of machinery in industrial applications. This standard covers the application of electro-sensitive protective equipment (ESPE) specified in IEC 61496 (all parts) and pressure sensitive mats and floors specified in ISO 13856-1.

It takes into account the characteristics of the machinery, the protective equipment, the environment and human interaction by persons of 14 years and older.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 61496-1:2004, *Safety of Machinery – Electro-sensitive protective equipment – General requirements and tests*

IEC 61496-2:1997, *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Part 2: Particular requirements for equipment using active opto-electronic protective devices (AOPDs)*

IEC 61496-3:2001, *Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment – Particular requirements for equipment for Active Opto-Electronic Protective Devices responsive to Diffuse Reflection (AOPDDR)*

IEC 62061, *Safety of machinery – Functional safety of safety related electrical, electronic and programmable control systems*

ISO 12100-1: 2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 1: Basic terminology, methodology*

ISO 12100-2: 2003, *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Part 2: Technical principles*

ISO 13849 (all parts), *Safety of Machinery – Safety-related parts of control systems*

ISO 13855:2002, *Safety of machinery – Positioning of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body*

ISO 13856-1:2001, *Safety of machinery – Pressure-sensitive protective devices – Part 1: General principles for design and testing of pressure-sensitive mats and pressure-sensitive floors*

ISO 14121 (all parts), *Safety of machinery – Risk assessment*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1.1

active opto-electronic protective device AOPD

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

[IEC 61496-2, 3.201, modified]

3.1.2

active opto-electronic protective device responsive to diffuse reflection AOPDDR

device, whose sensing function is performed by opto-electronic emitting and receiving elements, that detects the diffuse reflection of optical radiations generated within the device by an object present in a detection zone specified in two dimensions

[IEC 61496-3, 3.301]

3.1.3

blanking

optional function that permits an object of a size greater than the detection capability of the ESPE to be located within the detection zone without causing an OFF-state of the OSSD(s)

[IEC 61496-1, 3.1]

3.1.4

detection capability

sensing function parameter limit specified by the supplier that will cause actuation of the protective equipment

[IEC 61496-1, 3.3, modified]

3.1.5

detection zone

zone within which a specified test piece will be detected by the electro-sensitive protective equipment (ESPE)

[IEC 61496-1, 3.4]

NOTE ISO 13856-1 uses the term “effective sensing area” when describing pressure-sensitive mats and floors. In this document the terms “detection zone” and “effective sensing area” are used synonymously.

3.1.6

electro-sensitive protective equipment ESPE

assembly of devices and/or components working together for protective tripping or presence-sensing purposes and comprising as a minimum

- a sensing device;
- controlling/monitoring devices;
- output signal switching devices

[IEC 61496-1, 3.5]

3.1.7

effective sensing area

part of the top surface area of the sensor or a combination of the pressure-sensitive mat or pressure-sensitive floor within which a response to an actuating force will take place

NOTE IEC 61496-1 uses the term “detection zone” when describing electro-sensitive protective equipment. In this document the terms “detection zone” and “effective sensing area” are used synonymously.

[ISO 13856-1, modified]

3.1.8

external device monitoring

EDM

means by which the electro-sensitive protective equipment (ESPE) monitors the state of control devices which are external to the ESPE

[IEC 61496-1, 3.6]

3.1.9

failure (of equipment)

termination of the ability of an item to perform a required function

NOTE 1 After failure the item has a fault.

NOTE 2 "Failure" is an event, as distinguished from "fault", which is a state.

NOTE 3 This concept as defined does not apply to items consisting of software only.

[IEV-191-04-01]

3.1.10

failure to danger

failure which prevents or delays all output signal switching devices going to, and/or remaining in the OFF-state in response to a condition which, in normal operation, would result in their so doing

[IEC 61496-1, 3.8]

3.1.11

fault

state of an item characterized by its inability to perform a required function, excluding the inability during preventive maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources

[IEV 191-05-01]

NOTE 1 A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure.

NOTE 2 In the field of machinery, the English term 'fault' is commonly used in accordance with the definition in IEV 191-05-01, whereas the French term “défaut” and the German term “fehler” are used rather than the term “panne” and “fehlzustand” that appear with this definition.

NOTE 3 In practice, the terms “fault” and “failure” (see 3.1.9) are often used synonymously.

3.1.12

Final Switching Device

FSD

component of the machine's safety-related control system that interrupts the circuit to the machine primary control element (MPCE) when the output signal switching device (OSSD) goes to the OFF-state

[IEC 61496-1, 3.10]

3.1.13**hazard**

potential source of harm

[ISO 12100-1, 3.6]

NOTE The word "hazard" is generally used in conjunction with other words defining its origin or the nature of the expected injury or damage to health: electrical shock hazard, crushing hazard, shearing hazard, toxic hazard, etc.

3.1.14**hazardous situation**

circumstance in which a person is exposed to at least one hazard. The exposure can immediately or over a period of time result in harm

[ISO 12100-1, 3.9]

3.1.15**hazard zone (danger zone)**

any space within and/or around machinery in which a person can be exposed to a hazard

[ISO 12100-1, 3.10]

NOTE The hazard generating the risk envisaged in this definition:

- either is permanently present during the intended use of the machine (motion of hazardous moving elements, electric arc during a welding phase);
- or can appear unexpectedly (unintended/unexpected start-up).

3.1.16**integrator**

individual or group of individuals responsible for selecting, configuring, installing and/or interfacing the protective equipment to achieve the safeguarding identified by the risk assessment

3.1.17**light beam device**

either a single light beam device or a multiple light beam device

- **single light beam device:** active opto-electronic protective device (AOPD) comprising one emitting element and one receiving element, where a detection zone is not specified by the supplier
- **multiple light beam device:** active opto-electronic protective device (AOPD) comprising multiple emitting elements and corresponding receiving elements, and where a detection zone is not specified by the supplier

[IEC 61496-2, 3.205, modified]

3.1.18**light curtain**

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

NOTE A light curtain with a large detection capability is sometimes referred to as a light grid.

[IEC 61496-2, 3.206, modified]

3.1.19**lock-out condition**

condition, initiated by a fault, preventing normal operation of the protective equipment which is automatically attained when all output signal switching devices (OSSDs) and, where

applicable, all final switching devices (FSDs) and secondary switching devices (SSD) are signalled to go to the OFF-state

[IEC 61496-1, 3.13, modified]

**3.1.20
machine primary control element
MPCE**

electrically powered element that directly controls the normal operation of a machine in such a way that it is the last element (in time) to function when machine operation is to be initiated or arrested

[IEC 61496-1, 3.14]

**3.1.21
machine secondary control element
MSCE**

machine control element, independent of the machine primary control element(s), that is capable of removing the source of power from the prime mover of the relevant hazardous parts

[IEC 61496-1, 3.15]

**3.1.22
mute dependent override function**

function that allows manual operation of the machine when the detection zone of the ESPE is interrupted to allow the evacuation of the pallet or of the material from the muting area

NOTE This function can be necessary in case of a fault in the muting sequence(s) or when a blockage occurs in the transport system or when a pallet is already present in front of the muting sensors at “power on”.

**3.1.23
muting**

temporary automatic suspension of a safety function(s) by safety-related parts of the control system

[IEC 61496-1, 3.16]

NOTE When muting is provided as part of the protective equipment and the protective equipment is muted, the OSSD(s) remain in the ‘ON’ state upon activation of the protective equipment sensing function and safety is maintained by other means.

**3.1.24
muting area**

area between the detection zones of the first and last muting sensors, including the detection zone of the ESPE

**3.1.25
muting sensor**

device used to initiate and/or terminate muting

**3.1.26
OFF-state**

state in which the output circuit is interrupted and does not permit the flow of current

[IEC 61496-1, 3.17]

**3.1.27
ON-state**

state in which the output circuit is complete and permits the flow of current

[IEC 61496-1, 3.18]

3.1.28
output signal switching device
OSSD

component of the electro-sensitive protective equipment (ESPE) connected to the machine control system which, when the sensing device is actuated during normal operation, responds by going to the OFF-state

[IEC 61496-1, 3.19]

that part of the pressure-sensitive-mat or pressure-sensitive floor that, when the sensor or monitoring function means is actuated, responds by producing an OFF-state

[ISO 13856-1, 3.6]

3.1.29
overall system stopping performance

time interval resulting from the sum of the protective equipment response time and the time to the cessation of hazardous machine operation

[IEC 61496-1, 3.20, modified]

3.1.30
passive infrared protective device
PIPD

device whose sensing function is performed by a receiving element(s) detecting thermal radiation emitted by an object placed in, or moving within, the specified detection zone

3.1.31
periodic test

technique which stimulates or simulates the input of the protective equipment sensing device(s) to determine if the protective equipment OSSD(s) go to the OFF-state when required to do so

NOTE The test input signal is usually produced by an external machine test input and is performed at intervals, determined by the risk assessment, which provide a reasonable degree of confidence that the intended risk reduction will be achieved.

3.1.32
protective equipment

assembly of devices using non-contact (electro-sensitive) or contact (pressure sensitive) sensing means for detection of the presence of person(s) or parts of person(s) for the purpose of controlling hazards associated with machinery and comprising as a minimum:

- a sensing device;
- control and monitoring devices;
- output signal switching devices

NOTE The safety related control system associated with the protective equipment, or the protective equipment itself, can include additional safety features such as secondary switching devices, muting function, stopping performance monitoring, etc.

3.1.33
presence sensing function

detection of the presence of a person, or a part of a person, while in a hazardous zone to enable prevention of hazardous situations such as unexpected/unintended start-up of the machine

3.1.34

pressure-sensitive mat (floor)

safety device that detects a person standing on it or who steps onto it comprising a sensor(s) that responds to the application of pressure, a control unit and one or more output signal switching device(s)

NOTE In a pressure-sensitive mat the effective sensing area is deformed locally when the sensor(s) is actuated. In a pressure-sensitive floor, the effective sensing area is moved as a whole when the sensor(s) is actuated.

[ISO 13856-1, 3.1 and 3.2]

3.1.35

**protective measure
safety measure**

measure intended to achieve risk reduction, implemented:

- by the designer (inherent design, safeguarding and complementary protective measures, information for use) and
- by the user (organization: safe working procedures, supervision, permit-to-work systems, additional safeguards; personal protective equipment; training)

[ISO 12100-1, 3.18]

3.1.36

reasonably foreseeable misuse

use of a machine in a way not intended by the manufacturer, but which can result from readily predictable human behaviour

[ISO/IEC Guide 51, 3.14, modified]

3.1.37

(protective equipment) response time

maximum time between the occurrence of the event leading to the actuation of the sensing device and the output signal switching device (OSSD) achieving the OFF-state

NOTE For pressure-sensitive protective devices, the event leading to the actuation of the sensing device is the application of a force within the effective sensing area.

[IEC 61496-1, 3.21, modified]

3.1.38

restart interlock

means of preventing automatic restarting of a machine after actuation of the sensing device during a hazardous part of the machine operating cycle, after a change in mode of operation of the machine, and/or after a change in the means of start control of the machine

[IEC 61496-1, 3.22]

NOTE Modes of operation include inch, single stroke, automatic. Means of start control include foot switch, two-hand control, and single or double actuation of an electro-sensitive protective equipment (ESPE) sensing device.

3.1.39

risk

combination of the probability of occurrence of harm and the severity of that harm

[ISO 12100-1, 3.11]

3.1.40

risk assessment

overall process comprising a risk analysis and a risk evaluation

[ISO 12100-1, 3.13]

3.1.41
safety-related part of a control system
SRCS

part or subpart(s) of a control system which respond(s) to input signals and generate(s) safety-related output signals

NOTE 1 This also includes monitoring systems.

NOTE 2 The combined safety-related parts of a control system start at the points where the safety-related signals are initiated and end at the output of the power control elements (see also Annex A of ISO 12100-1).

[IEC 61496-1, 3.23, modified]

3.1.42
secondary switching device
SSD

device which, in a lock-out condition goes to the OFF-state. It may be used to initiate an appropriate machine control action, for example de-energizing the machine secondary control element (MSCE)

[IEC 61496-1, 3.24]

3.1.43
start interlock

means which prevents an automatic machine start when the electrical supply to the protection equipment(s) is switched on, or is interrupted and restored

[IEC 61496-1, 3.26 modified]

3.1.44
start test

manual or automatic test which is performed after the protective equipment has been switched on in order to test its complete safety-related control system before normal machine operation is initiated

[IEC 61946-1]

3.1.45
stopping performance monitor
SPM

monitoring means to determine whether or not the overall system stopping performance is within the preset limit(s)

[IEC 61496-1, 3.27]

3.1.46
trip function

detection of a person or a part of a person entering into a hazardous zone, to initiate a stop function (or otherwise ensure a safe condition)

3.1.47
unexpected (unintended) start-up
any start-up caused by

- a start command, which is the result of a failure in, or an external influence on, the control system;
- a start command generated by inopportune action on a start control or other parts of the machine as, for example, a sensor or a power control element;

- restoration of the power supply after an interruption;
- external/internal influences (gravity, wind, self-ignition in internal combustion engines) on parts of the machine

NOTE Automatic machine start-up during normal operation is not unintended, but can be considered to be unexpected from the point of view of the operator. Prevention of accidents in this case involves the use of safeguarding.

[ISO 12100-1, 3.29 modified]

3.2 Abbreviations

Abbreviation	Description
AGV	Automated Guided Vehicle
AOPD	Active Optoelectronic Protective Device
AOPDDR	Active Optoelectronic Protective Device responsive to Diffuse Reflection
ESPE	Electro-Sensitive Protective Equipment
EDM	External Device Monitoring
FSD	Final Switching Device
MPCE	Machine Primary Control Element
MSCE	Machine Secondary Control Element
OSSD	Output Signal Switching Device
PIPD	Passive Infrared Protective Device
PSPD	Pressure Sensitive Protective Device
SSD	Secondary Switching Device
SPM	Stopping Performance Monitor

4 Selection of protective measures

4.1 Procedure (relationship with ISO 12100 (all parts))

This procedure is an expansion of Step 2 “risk reduction by safeguarding” of the iterative 3-step method of risk reduction for the design of safe machinery, contained in Clause 5 of ISO 12100-1 (see Figure 2).

NOTE 1 This procedure presumes that a risk assessment has been carried out in accordance with ISO 14121, that measures have been taken to remove or reduce risks by inherently safe design and safeguarding by means of protective equipment is being considered.

The following characteristics shall be considered in the selection process when protective equipment and other protective measures as necessary are being evaluated as a risk reduction means:

- machine characteristics;
- environmental characteristics;
- human characteristics;
- protective equipment characteristics.

NOTE 2 These characteristics should be considered for both normal use and reasonably foreseeable misuse.

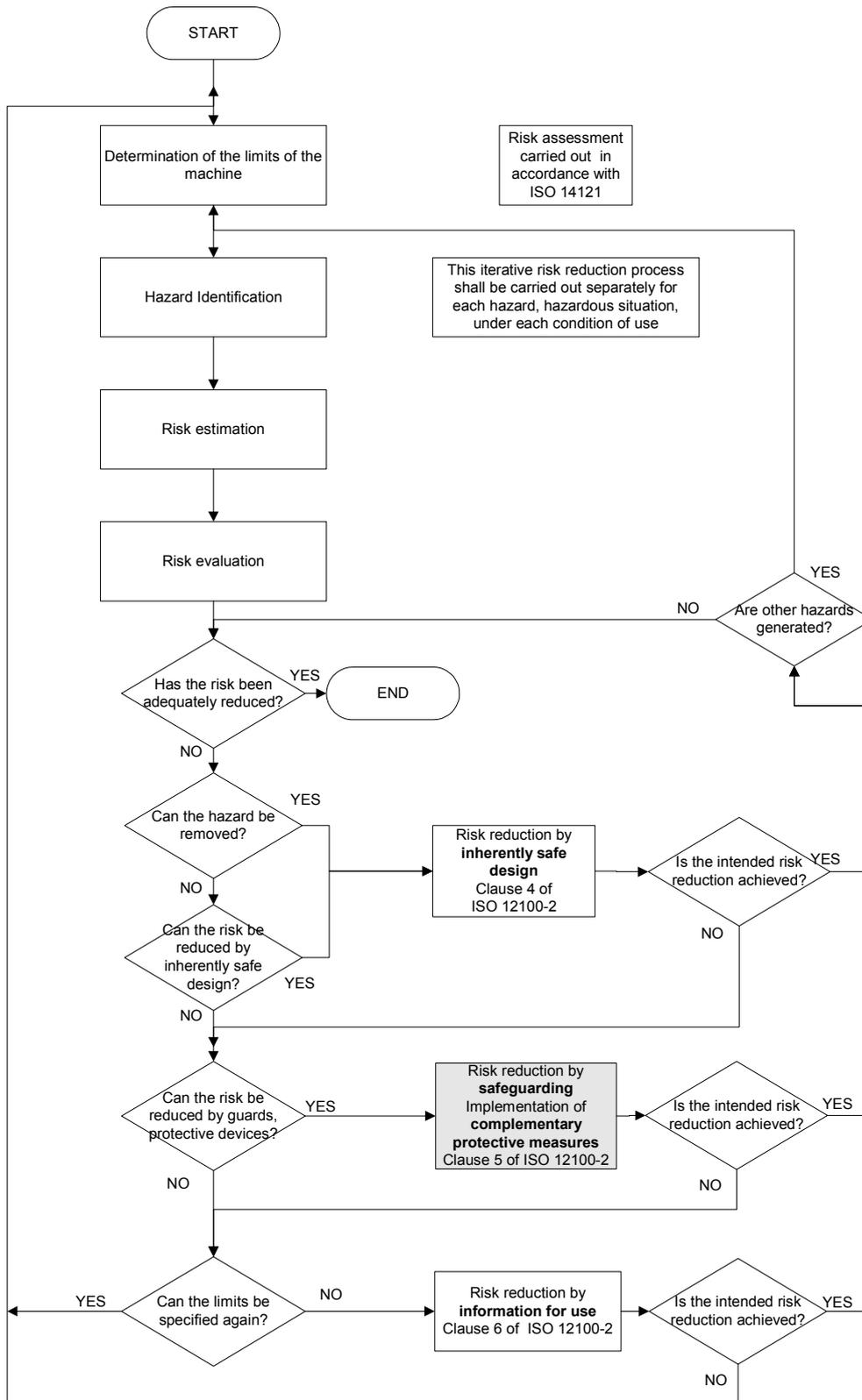


Figure 2 – Risk reduction process (simplified version of Figure 2 of ISO 12100-1)

4.2 Machine characteristics

4.2.1 Suitability of protective equipment

Protective equipment as described in this specification is typically selected when machine operation requires frequent access, personnel interaction with the machine, good visibility of

the machine or process, or when it is difficult to provide fixed guarding. However, some characteristics of particular machines can preclude the use of protective equipment as the sole protective measure. Examples of these machine characteristics are:

- a) possibility that the machinery will eject materials, swarf or component parts;
- b) risk of injury from thermal or other radiation;
- c) unacceptable noise levels;
- d) an environment likely to adversely affect the function of the protective equipment (see 4.3); and
- e) a material being processed that can influence the effectiveness of the protective measure.

Where such situations exist, additional or other safety measures can be required. An example of an additional measure that can be applied in these circumstances is local guards to prevent ejection.

4.2.2 Suitability of protective equipment as a trip device

When protective equipment is used as a trip device (i.e. to detect the approach of a person or a part of a person), the machine shall stop reliably before it is possible to reach to the hazardous part(s) of the machine (for the minimum distances, see ISO 13855). However, some characteristics of particular machines can preclude the use of protective equipment as a trip device.

Protective equipment is unsuitable as a trip device or as a combined trip and presence sensing device when the stopping performance of the machine is unknown, inconsistent or inadequate due, for example, to

- the reaction characteristics of the machinery control circuitry;
- inadequate braking.

NOTE If a machine has variable speed, load or inertia, then the worst case should be taken into account.

- the inability of the machine to stop part-way through a cycle due, for example, to:
 - the nature of the process, where stopping would create additional hazards;
 - the method of drive, for example positive key clutches or similar mechanisms for engaging the drive so arranged that once started, the machinery can only be stopped when the cycle is complete;
 - stored energy, for example in the form of stored pressure in pneumatic reservoirs or hydraulic accumulators.

When protective equipment is unsuitable for a particular application, other protective measures such as mechanical guards can be necessary; see ISO 12100 (all parts) and informative Annex D.

4.3 Environmental characteristics

The functionality of protective equipment can be affected by environmental influences such as temperature, pollution, electromagnetic disturbance, radiation, etc. The degree to which environmental influences can affect the functionality of protective equipment can depend on the sensing technology used by the protective equipment. Careful evaluation of the expected environment and the sensing technology of the protective equipment should be performed during the selection process of protective equipment.

Specifiers (i.e. integrators, end users, machine builders) of protective equipment should ensure they have appropriate information to ensure that the protective equipment is suitable for the intended use under all reasonably foreseeable environments to which the protective equipment can be exposed over its entire operational lifecycle. This can take the form of information for safe use provided by the protective equipment manufacturer and/or information

in the relevant product standard. Specifiers should request additional information if the intended operating environment contains particular environmental conditions that are not addressed by the information available.

Examples of environmental influences that should be considered include, but are not limited to (see also Table B.1):

- electromagnetic interference;
 - electrostatic discharge;
 - radio frequency interference, for example mobile telephones;
- vibration/shock;
- light interference;
 - ambient light;
 - infra-red, for example remote controls;
 - reflective surfaces;
 - other ESPEs that can emit interfering light;
- pollution;
 - water;
 - dust;
 - corrosive chemicals;
- temperature;
- humidity;
- weather conditions;
- radiation.

Additional and special requirements can apply to the protective equipment of machines that:

- are used in the open air (i.e. outside buildings or other protective structures);
- use, process, or produce potentially explosive material (for example paint or sawdust);
- are used in potentially explosive and/or flammable atmospheres;
- have special risks when producing or using certain materials;
- are used in mines.

The minimum values (for example operating range, immunity level, no failure to danger level, etc.) specified in the product standards are shown in Table B.1.

NOTE 1 Table B.1 provides guidance for the environmental selection criteria of protective equipment. It does not address the risk reduction contribution of the protective equipment.

NOTE 2 International product standards specify the information for safe use that is required to be provided by the supplier. Suppliers' promotional material is outside the scope of international product standards requirements and can contain insufficient information.

NOTE 3 Information specific to particular protective equipment is provided in Clause 6.

NOTE 4 Where an application is under consideration which uses a combination of protective equipment sensing techniques, the specifier should consider the relevant environmental characteristics for each protective equipment sensing technique. In addition, consideration should be given to possible cross-interference between sensing techniques.

4.4 Uses of protective equipment

4.4.1 General

A protective equipment may be used as a:

- trip device; or
- presence sensing device; or
- combination trip device and presence sensing device.

4.4.2 Trip device

4.4.2.1 Distance to the hazard

Where the protective equipment is used as a trip device, it shall be positioned at a sufficient distance from the specific machine hazard(s) to ensure the machine can stop or otherwise reach a safe condition before any part of an approaching person can reach the hazard zone. The minimum separation distance shall be maintained for all foreseeable directions of approach.

This distance shall take into account:

- a) protective equipment detection capability in relation to human characteristics (see 4.5) including:
 - approach speed;
 - body part penetration/encroachment;
 - possibility of circumvention, and
- b) the overall system stopping performance (see 3.1.29 and 4.4.2.2);
- c) in the case of moving parts of machines (for example punch presses, surface grinders) or moving workpieces that can reduce the separation distance, the separation distance used shall apply from the maximum extension of the moving part towards the direction of approach.

4.4.2.2 Stopping performance

The overall system stopping performance used for calculation of the separation distance shall include:

- a) the response time of the protective equipment;
- b) the maximum time under worst-case conditions, for example maximum load, maximum speed, etc. for the machine to stop or otherwise reach a safe condition after receiving the output signal from the protective equipment;
- c) factors which can lead to a deterioration in performance of hydraulic, pneumatic, electrical and mechanical components, for example wear, ageing, temperature;
- d) an allowance for the accumulation of such factors as variations in stopping performance, installation tolerances, time measurement accuracy, SPM accuracy, etc.

NOTE In general the total allowance for deterioration in performance and variation in stopping performance, etc. under c) and d), should not be less than 10 %.

4.4.2.3 Calculation of the minimum separation distance

The minimum distance of the trip device from the machine hazard (danger zone) shall be calculated by using the general formula below, which is taken from ISO 13855:

$$S = (K \times T) + C$$

where

S is the minimum distance, in millimetres, from the machine hazard (danger 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;

NOTE 1 ISO 13855 specifies the following values for K : walking speed; 1 600 mm/s, upper limbs; 2 000 mm/s.

NOTE 2 In some applications, it can be necessary to consider the relative speed of a person and a moving machine, for example, an AGV.

T is the overall system stopping performance in seconds (see 3.1.29 and 4.4.2.2);

C is an additional distance, in millimetres, based on intrusion of the body or part(s) of the body towards the machine hazard (danger zone) prior to actuation of the trip device (see 4.5.3).

NOTE 3 The following information is derived from ISO 13855 (see also Annex C):

Upper limbs: $C = 8(d - 14)$ where d is the detection capability and is ≤ 40 mm

$C = 850$ when the detection capability is >40 mm

Lower limbs: $C = 1\,200 - 0,4H$ where H is the height of the detection zone

$H \leq 15(d - 50)$ where d is the detection capability

Whole body: $C = 1\,200$ when the protective equipment is at floor level

$C = 1\,200 - 0,4H$ where H is the height of the detection zone at the point furthest from the hazard

When the calculated value of C is less than zero, a value of $C =$ zero is used.

The value of 1 200 mm used for C when considering ground-level trip devices includes an allowance for the first stride of a person stepping into the sensing zone of the trip device.

Where adjustment of the detection capability or response time is available, the parameters used to calculate the minimum separation distance shall be the actual settings that the application uses, or where those settings are not protected against unauthorised change, the maximum (worst case) values.

4.4.2.4 Restricted separation distance

In some applications, calculation of the minimum separation distance can give a result that cannot be accommodated in practice, i.e., the calculated minimum separation distance is too great. In such cases the following may be considered:

- a) Selection of protective equipment with a better detection capability or faster response time;
- b) Reduction of the overall stopping time, e.g. by improved braking, reduced speed or inertia;
- c) Reduction of the overall system response time, e.g. using hard-wired connections instead of a fieldbus, using components with a faster response time, reducing the number of interposing devices;
- d) Using a different configuration of approach to reduce intrusion towards the hazard, e.g. raising ground-level trip devices so that the first stride allowance is reduced.

4.4.2.5 Supplementary protective measures

Supplementary protective measures shall be provided as necessary to ensure that:

- the hazardous zone of the machine can be approached only through the detection zone of the trip device;
- unexpected start-up of the machine is not possible after a person has passed through the detection zone of the trip device to the hazardous zone of the machine.

These supplementary protective measures can include, for example:

- barriers to ensure that a person cannot approach the machine hazard from directions not protected by the protective equipment;
- provision of a restart interlock;
- provision of a presence sensing device;
- measures to prevent a person being present between the protective equipment and the hazardous zone.

If additional measures (for example obstacles) are used to prevent a person being present between the protective equipment and the hazardous zone, and the additional means is designed to be removed, it shall be interlocked with the safety-related control system so that hazardous machine movement is not possible if the additional means is not present.

It shall not be possible to create an additional hazardous situation after any person has passed through the detection zone of a protective equipment.

If it is possible for a person to pass through a trip device and, when behaving in a foreseeable manner, attain a position that is hidden from the location of the reset control, supplementary protective measures (for example, time-limited additional reset control inside the safeguarded area, presence sensing device, trapped-key system), shall be provided to prevent resetting the restart interlock when a person or part of a person is inside the safeguarded area.

4.4.3 Presence sensing device

Where the protective equipment is used to provide a presence sensing function (i.e. it continually senses the presence of a person or part of a person in its detection zone), it signals the machine to remain in a non-hazardous state. Upon detection, the protective equipment OSSD(s) go to the OFF-state and remain in the OFF-state until the person or part of a person is outside the detection zone and the equipment is reset.

Where a protective equipment is used only as a presence sensing device, it shall be used in conjunction with other safety measures (for example an interlocking guard) as necessary to ensure that the machine is in a non-hazardous state before access is possible.

The detection zone of presence sensing devices shall be positioned and configured so that a person or part of a person will be detected throughout the hazard zone.

Supplementary measures can be required to ensure that the detection zone cannot be circumvented, for example by remaining between the detection zone and the hazardous zone or by reaching into the hazard zone. Examples of measures to prevent persons remaining between the detection zone and the hazard zone are:

- use of sloping surfaces to prevent standing on machine frame/feet, and
- making inside surfaces of fencing free of protrusions that can be climbed on.

4.4.4 Combination trip and presence sensing device

Where the protective equipment is used as a combination trip and presence sensing device, the requirements of 4.4.2 and 4.4.3 apply.

4.5 Human characteristics

4.5.1 General

The human characteristics that shall be taken into account when selecting protective equipment are:

- approach speed and direction;
- part of human anatomy (for example finger, hand, leg, whole body) to be detected;

- human interaction with the machine, including foreseeable misuse (see 5.3.c) of ISO 12100-1).

These factors will also determine the positioning of the protective equipment. See 5.1.

4.5.2 Approach speed (K)

Approach speeds are specified in ISO 13855 as 1 600 mm/s for normal walking and 2 000 mm/s for normal unhurried reaching with upper limbs. Depending on the application, it can be necessary to take into account higher speeds (for example use of bicycles in the vicinity, foreseeable reasons for running towards the machine, etc.).

In the case of applications on mobile machines (for example AGVs), a risk assessment shall be performed to determine the appropriate approach speed to be used (i.e. where the risk of collision can be avoided), but as a minimum the speed used shall be the greater of the speed of the mobile machine or 1,6 m/s.

4.5.3 Penetration/encroachment factor (C)

A protective equipment designed to detect large parts of the body can allow small parts of the body to penetrate the detection zone. This will allow smaller parts of the body to approach the hazard without detection. When calculating the minimum distance, an additional distance (C) will have to be added to take this into account.

This additional distance (C) will vary between, for example, where the protective equipment is intended to detect whole bodies but an arm can remain undetected or where the protective equipment is intended to detect hands but fingers can remain undetected. (See ISO 13855.)

Encroachment is similar to penetration; however, instead of the body part penetrating the detection zone, the body is extended over the detection zone. For example; for a protective equipment with its sensing function positioned at waist height; the body configuration of bending at the waist with an outstretched arm should be considered. In the case of a ground-level trip device, the first stride length should be considered.

NOTE The value of 1 200 mm used in ISO 13855 for C when considering ground-level trip devices includes an allowance for the first stride of a person stepping into the detection zone of the trip device.

4.5.4 Ability to circumvent protective equipment

Protective equipment and additional protective measures, as necessary, shall be selected and installed to prevent access to the hazard zone from any direction. Additional protective measures, can include for example fixed or interlocking guards or screens or additional protective equipment.

The protective equipment shall be selected and installed with other protective measures so as to minimize the possibility that persons can be exposed to a hazard due for example to:

- reaching over, under or around detection zones;
- bending over detection zones;
- stepping over detection zones;
- straddling ground level detection zones;
- repositioning of the protective equipment sensing device;
- deflection of the beam(s) by using reflective surfaces that cause modification of the detection zone.

When it is foreseeable that a person can circumvent the detection zone of a presence sensing device, for example by climbing on a machine, then additional protective measures shall be provided, for example, a restart interlock or a manual reset.

4.6 Protective equipment characteristics

4.6.1 ESPEs

4.6.1.1 Types of ESPEs

This standard considers ESPEs using the following sensing technologies:

- Active Opto-electronic Protective Devices (AOPD) consisting of light curtains and single or multiple light beam devices specified in IEC 61496-2;
- Active Opto-electronic Devices operating by Diffuse Reflection (AOPDDR) specified in IEC 61496-3.

4.6.1.2 AOPD

An AOPD uses the principle of interruption of one or more light beams between its emitter and its receiver. When an opaque object (for example a person or part of a person) interrupts a light beam, the receiver no longer receives the emitted light and an output signal is generated. This principle is illustrated in Figure 3.

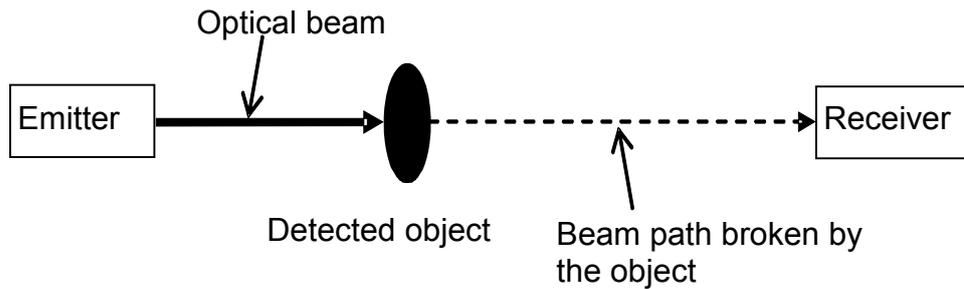


Figure 3 – Detection principle of through-beam AOPD

Through-beam devices can be used on opposing sides of a protected opening or the path can be configured by the use of mirrors to surround an area as shown in Figure 4.

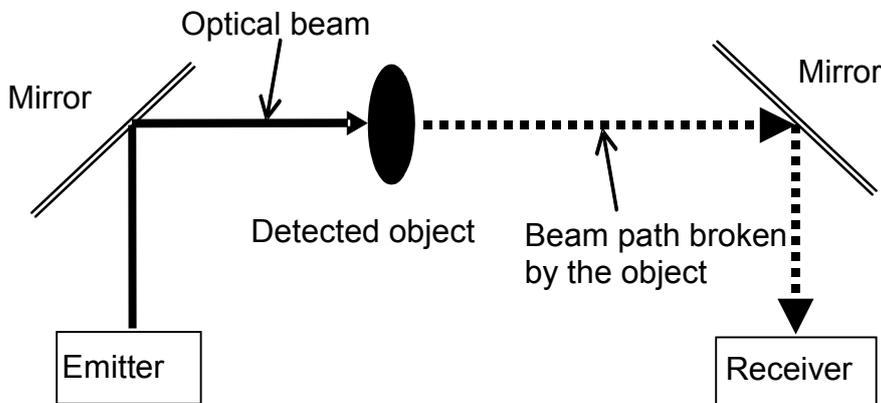


Figure 4 – Through-beam AOPD using mirrors

Retro-reflective devices have the emitter and receiver in the same housing and use a retro-reflector to reflect the emitted light back to the receiver as shown in Figure 5.

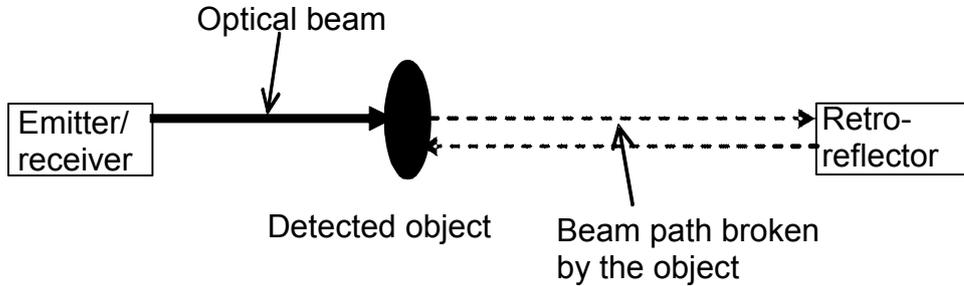


Figure 5 – Retro-reflective AOPD

4.6.1.3 AOPDDR

An AOPDDR consists of an emitter and a receiver in the same housing.

The emitted light is reflected back from an object by diffuse reflection and the AOPDDR determines the location of the object. When an object is detected within the defined detection zone, an output signal is generated. This principle is illustrated in Figure 6.

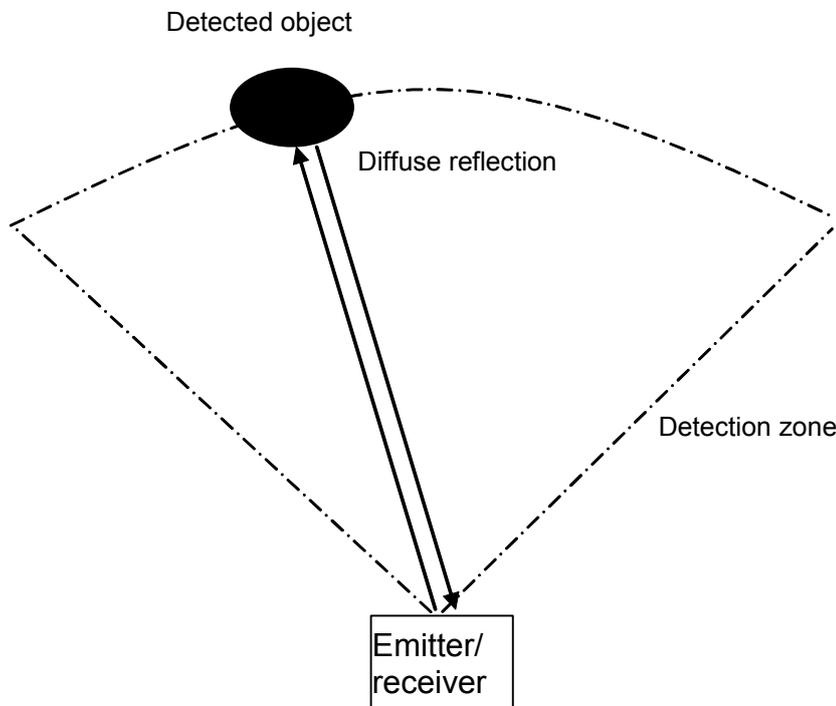


Figure 6 – Detection principle of AOPDDR

An AOPDDR receives reflected light from the object, therefore an emitter fault (no light emission) or a receiver fault leads to loss of detection. Therefore, when the emitter has a fault, the fault detection function of the AOPDDR causes a lockout condition within the specified response time.

The detection zone can usually be configured into various shapes to take into account stationary obstacles and avoid the unwanted generation of an output signal that leads to an OFF-state of the AOPDDR. AOPDDRs can be used as combined trip and presence sensing devices to stop a machine when a person approaches it and to prevent the start-up of a machine while a person is in the hazardous zone.

4.6.1.4 PIPD

Passive infrared protective devices consist of a receiver that detects the difference between the thermal radiation from a person or part of a person and the thermal radiation from the background. They have a three-dimensional detection zone.

NOTE There is no product standard for PIPDs.

4.6.2 Pressure sensitive mats and floors

Pressure sensitive mats and floors are actuated by the weight of a person on the mat or floor. They generate a signal by the use of, for example, mechanical contacts, fibre-optic sensors, pneumatic sensors. Requirements for pressure-sensitive mats and floors are given in ISO 13856-1.

4.7 Machine control system functions associated with the application of protective equipment

4.7.1 General

Machine control system functions that can be required for the application of protective equipment include external device monitoring (EDM), stopping performance monitoring (SPM), muting, blanking, single/double break actuation, start interlock and restart interlock. These control system functions are explained in 4.7.2 to 4.7.9.

4.7.2 Stopping performance monitoring (SPM)

The SPM provides signals to the protective equipment related to the time taken by, and/or the amount of travel of, the hazardous parts of the machine in coming to rest or reverting to a safe condition.

NOTE Requirements for the characteristics of the stopping performance monitor are given in Clause A.3 of IEC 61496-1.

4.7.3 Muting

4.7.3.1 General

Muting is a temporary automatic suspension of a safety function by the machine safety-related control system. It can be used to allow access by persons or by materials:

- during a non-hazardous portion of the machine cycle, or
- when safety is maintained by other means.

4.7.3.2 Mute dependent override function

Mute dependent override function allows a manual operation of the machine in order to clear material in the detection zone of the protective equipment. The override function is only available when at least one muting sensor is activated. See also 9.2.4 of IEC 60204-1.

4.7.4 Reinitiation of cyclic operation by the protective equipment

In some applications, in addition to its safeguarding function, the protective equipment can be used to reinitiate cyclic operation of a machine. The following modes of reinitiation are defined in IEC 61496-1:

- single break, where an actuation and de-actuation of the sensing device reinitiates machine operation;
- double break, where two consecutive actuations and de-actuations of the sensing device reinitiate machine operation.

4.7.5 Start interlock

A start interlock is a means of preventing automatic starting of hazardous operation of a machine when the power supply is switched on, or is interrupted and restored. The start interlock is reset by a deliberate human action.

NOTE Resetting of the start interlock may be performed by a manual start actuator or other manual means.

4.7.6 Restart interlock

A restart interlock is a means of preventing automatic restarting of hazardous machine operation after one or more of the following:

- actuation of a safeguarding function,
- a change in operating mode of the machine,
- a change in the means of start control of the machine.

NOTE 1 Modes of operation include inch, single stroke, automatic. Means of start control include foot switch, two-hand control, and single or double actuation of the electro-sensitive protective equipment (ESPE) sensing device.

NOTE 2 Resetting of the restart interlock is performed by a deliberate human action, for example operation of a manual actuator.

4.7.7 Blanking

4.7.7.1 General

Blanking is a function by which one or more defined area(s) of the detection zone of an AOPD are configured such that parts of the workpiece or of the machine can project into the detection zone without generating an OFF signal.

Blanking can be fixed or floating.

4.7.7.2 Fixed blanking

The locations of the blanked areas of the detection zone do not change during operation of the blanking function.

4.7.7.3 Floating blanking

The blanked area of the detection zone follows the location of a moving object during operation of the blanking function.

4.7.8 External Device Monitoring (EDM)

External Device Monitoring (EDM) can be used to detect failure of devices in the stopping/starting circuit, such as final switching devices and machine primary control elements (contactors, pneumatic valves, hydraulic valves).

4.7.9 Provision of machine control functions

Those functions described in 4.7.2 to 4.7.8, can either be provided as part of the protective equipment or can be built into the machine safety-related control system. When provided as part of an ESPE in accordance with IEC 61496 these functions will satisfy the relevant requirements of Annex A of the appropriate part of IEC 61496. When supplied as part of the machine safety-related control system, see IEC 62061 and ISO 13849 (all parts) for requirements. See Clause 5 for application and interfacing requirements.

NOTE Care should be taken to ensure that the provision of additional switching outputs or functions external to the protective equipment (for example by external modules) does not reduce the performance of the protective equipment below that required for the risk reduction.

5 General application requirements

5.1 Positioning and configuration of the protective equipment detection zone

The selection of the protective equipment, and its positioning and configuration with regard to the hazard is determined by the function to be performed, i.e. presence sensing function, trip function, or combined trip and presence sensing function (see 4.4).

The positioning and configuration of the protective equipment detection zone shall be determined taking into account:

- machine characteristics (see 4.2);
- environmental characteristics (see 4.3);
- human characteristics (see 4.5);
- protective equipment characteristics (see 4.6);
- intended interaction of personnel.

Adjustments of the configuration of the protective equipment shall require the use of a key, keyword or tool.

5.2 Integration with the safety-related control system

The protective equipment shall be connected to the control system and configured in accordance with the manufacturer's instructions and in the manner identified by the designer of the safety-related control system as meeting the safety requirements specification. Further information is given in ISO 13849 (all parts) and IEC 62061.

Particular care should be taken when using a safety-related communication system (fieldbus). In particular, the overall system response time used for calculation of the minimum separation distance should take into account the worst-case response time of the communication system. This response time can vary depending on the protocol, architecture, and configuration of the communication system.

NOTE 1 See IEC/TR 62513.

NOTE 2 The diagrams in Annex A show examples of interfacing of ESPEs to a machine.

5.3 Performance of protective equipment

5.3.1 General

The designer of the safety-related control system that performs the safety functions should establish the performance requirements for the protective equipment and select the protective equipment to achieve the required risk reduction. Further information is given in ISO 13849 (all parts) and IEC 62061. Only persons with suitable experience and knowledge should select and install protective equipment.

5.3.2 Classification of protective equipment

5.3.2.1 General

ESPEs are classified in the relevant parts of IEC 61496. Pressure-sensitive mats and floors are specified in ISO 13856-1.

5.3.2.1.1 Types of ESPE

The relevant parts of IEC 61496 define 3 ‘types’ of ESPE:

- Type 2 ESPEs (defined for AOPD) employ a periodic test to reveal failures to danger. The test can be initiated internally or externally;
- Type 3 ESPEs (defined for AOPDDR) are designed to not fail to danger due to a single fault but can fail to danger due to an accumulation of faults;
- Type 4 ESPEs (defined for AOPD) are designed to not fail to danger due to a single fault or an accumulation of faults.

NOTE 1 The Types of the relevant parts of IEC 61496 contain additional requirements to the categories of ISO 13849 (all parts).

NOTE 2 There are additional differences in the performance requirements for Types 2, 3, and 4 ESPEs. See Table B.1.

NOTE 3 Guidance on selection of the appropriate Type of ESPE is under consideration.

5.3.2.1.2 Type 2 ESPE functional test duration

The duration of the functional test of a Type 2 ESPE shall be taken into account to ensure that it is not possible for a person to enter a hazardous zone during the functional test without being detected. A restart interlock should be considered if the test duration can exceed 150 ms.

5.3.2.1.3 Classification of pressure-sensitive mats

Pressure-sensitive mats and floors are specified in ISO 13856-1. Pressure-sensitive mat systems are classified according to the categories of ISO 13849 (all parts). The mat itself (“sensor” in the product standard) is normally Category 1, the control module can be Category 2, 3 or 4.

Where the category of the mat system requires that a periodic functional test is performed, the duration of the functional test shall be taken into account to ensure that it is not possible for a person to enter a hazardous zone during the functional test without being detected. A restart interlock should be considered if the test duration can exceed 150 ms. When taking into account the maximum test duration, the overall response time shall not exceed 200 ms.

5.3.2.2 Relationship with the risk assessment

The sensing technology chosen shall be appropriate for the risk reduction required by the application.

The behaviour of the protective equipment in case of failure shall be suitable for the risk reduction required by the application.

Product standards for specific machines (type C standards) can provide recommendations for the selection of protective equipment.

NOTE 1 The overall risk for each hazard depends on the severity of possible injury and the probability of occurrence of a hazardous condition. This probability of occurrence depends on the frequency of exposure, the duration of exposure, and the possibility of avoidance.

NOTE 2 The risk reduction contribution required from the protective equipment will depend on the overall risk, the degree of tolerable risk, and the level of risk reduction contribution by other protective measures. The risk reduction contribution provided by the protective equipment will depend on the sensing technology. Reference to "low", "medium" or "high" in the following 3 paragraphs refers to the risk reduction contribution by the protective equipment.

Type 2 ESPEs can fail to danger as a result of a single fault between tests. For this reason, Type 2 ESPEs are unlikely to be suitable for applications demanding a high risk reduction.

Type 3 ESPEs and Type 4 ESPEs can be suitable for applications demanding a medium to high risk reduction when their sensing technology is appropriate.

Category 2 mats can fail to danger as a result of a single fault between tests. For this reason, Category 2 mats are unlikely to be suitable for applications demanding a high risk reduction.

Category 3 mats can be suitable for applications demanding a medium to high risk reduction.

Category 4 mats can be suitable for applications demanding a high risk reduction.

NOTE 3 ISO 13856-1 states that it is not possible for the majority of pressure-sensitive mat sensors to meet the requirements specified in Categories 2, 3 and 4, in particular when considering mechanical damage and long-term deterioration. Most sensors use a single channel and therefore the control unit cannot detect faults in the sensor. Most pressure-sensitive mats therefore cannot meet the requirements of Category 3 or 4.

Where the safety performance of the protective equipment is dependent on periodic testing (e.g Type 2 ESPEs, Category 2 mat systems), the frequency of testing should be greater than the frequency of exposure to the hazard. Further information is given in informative Annex G. As a minimum an automatic test shall be performed at each power-on of the protective equipment.

5.4 Stopping performance monitoring

Stopping performance monitoring shall be provided where the stopping performance can be subject to deterioration (for example due to wear of friction brakes, pneumatic valves, hydraulic valves) leading to a hazardous situation (for example on cyclic hand-fed machines). Monitoring of the stopping performance should take place each time the machine stops, whether the stop is initiated by actuation of the protective equipment or by normal operation. When this cannot be achieved, the machine conditions during testing shall be comparable to the worst-case conditions that can exist (for example similar inertia, speed, direction, load).

Stopping performance monitoring is not always necessary when:

- it has been established that the stopping performance is consistent and not subject to deterioration;

NOTE As a guide, unless it can be assured that under maximum load conditions that the overall system stopping performance will not deteriorate by more than 10 % over the life of the machine or over the period between thorough examinations by a competent person, stopping performance monitoring can be necessary.

- there is low frequency of demand on the stopping system (i.e. the machine stops infrequently);
- the risk assessment shows that there is no risk of serious injury even if the stopping performance deteriorates;
- the design and rating of the stopping system are adequate and an effective maintenance regime is implemented.

The stopping performance monitor shall be set so that a lock-out occurs when the overall system stopping performance exceeds that used for calculation of the minimum separation distance.

5.5 Muting

5.5.1 General

Muting shall only be provided when it is necessary for the process being performed on the machine. It shall be ensured where practicable that a person cannot remain undetected in the hazardous zone when muting is terminated.

Depending on the risk assessment, an indicator to show when the muting function is active can be necessary. This indicator shows that the normal protective function is suspended. The muting indicator should have sufficient brightness and be installed so as to be readily visible from any foreseeable position where a person can attempt to access the hazard zone.

The muting function shall be initiated and terminated automatically. This may be achieved by the use of appropriately selected and placed sensors or, in some cases, by signals from the safety-related control system. Incorrect signals, sequence, or timing of the muting sensors or signals shall not allow a mute condition.

NOTE When muting is performed externally to the protective equipment, the OSSDs of the protective equipment continue to operate but do not cause interruption of machine operation.

The circuit that performs the muting function shall have an appropriate safety-related performance (SIL or PL, see IEC 62061 or ISO 13849-1). The safety-related performance of the circuit that performs the muting function shall not adversely affect the performance of the protective function.

It shall not be possible to initiate the muting function when:

- the protective equipment OSSDs are in the OFF-state;
- the protective equipment is in the lock-out condition.

Interruption and/or restoration of the power supply to the AOPD and/or the muting sensors shall not initiate muting or allow a muted condition to continue. Any fault in the muting circuit shall not allow a muted condition to occur.

It shall not be possible for muting to be initiated by an earth fault or open-circuit of the signal lines or the power supply to the muting sensors. Selection of the mode in which the muting function can be initiated shall require the use of a key, keyword, or tool.

Manual adjustment of the position or timing at which muting occurs shall require the use of a key, keyword, or tool.

When considering the application of the muting function, the following points shall be taken into account (see also Annex F):

- initiation and termination of the muting function only at the appropriate times in the operating cycle, for example by provision of a mute enable function;
- initiation of the muting function by two or more independent muting sensors such that a single fault cannot cause a muted condition;
- termination of the muting function when any of the muting sensors maintaining the function is deactivated;
- use of timing and/or sequence control of the muting sensors to ensure correct muting operation;
- provision of alternative measures to prevent circumvention of the protective equipment;
- protection against mechanical damage and/or misalignment;
- protection against foreseeable misuse including manipulation;

- elimination of trapping and crushing hazards from the material being transported.

5.5.2 Muting to allow access by persons

Muting may be used to allow access by a person or part of a person only:

- during a non-hazardous portion of the machine cycle (for example a non-hazardous opening stroke of a press), or
- when safety is maintained by other means (for example for machine setting under reduced speed or power),

in order, for example, to remove/replace a workpiece.

The inclusion of the muting function shall not reduce the performance of the relevant safety functions.

5.5.3 Muting to allow access by materials

Muting may be used to allow access by materials only when safety is maintained by other means, for example when the presence of a loaded pallet on a conveyor prevents access to the hazardous zone by persons.

The following measures shall be considered (see informative Annex F):

- limiting muting to a fixed time that is only sufficient for the material to pass through the detection zone. When this time is exceeded, the muting function shall be cancelled and all hazardous movements stopped;
- configuration of the muting sensors to distinguish a person from the material that is allowed to pass through the detection zone;
- positioning the muting sensors to detect the load being conveyed, but not the pallet or the transport unit so that people are prevented from entering the zone by climbing onto the pallet or the transport unit;
- installing the muting sensors sufficiently close to the ESPE so that it is not possible for persons to enter the hazardous zone undetected by immediately preceding or following the pallet or the transport system while the muting function is active;
- positioning of the ESPE or muting sensors to avoid the risks arising from the possibility of trapping of body parts, for example between the ESPE or muting sensors (or the fixed elements of the installation) and a transport unit or the product. (Example of a solution: flexible, 500 mm swing doors monitored by position sensors);

NOTE 1 Information on minimum gaps to avoid crushing is given in ISO 13857.

- designing the access to the hazardous zone so that it is not possible for persons to enter undetected by passing through the gap between the load being conveyed and the fixed elements of the installation while the muting function is active and the product or transport unit is moving or stationary in the muting area;

NOTE 2 Trapping and crushing hazards should be considered.

- provision of a mute dependent override function.

NOTE 3 Mute dependent override can require a separate restart interlock in some applications.

When the product (the pallet or the transport unit) leaves the monitored section (control access zone), the safety function (access control by the AOPD) shall be reinstated.

5.5.4 Mute dependent override

A manually operated, mute dependent override function can be necessary to allow blockages to be removed from the detection zone of the protective equipment. When a mute dependent override function is active, access to the hazardous zone can be possible without actuating the trip function. Mute dependent override shall permit operation of the hazardous elements

only in reduced risk conditions. For details of reduced risk conditions see ISO 12100-2, 4.11.9.

When a product or transport unit is stopped in the detection zone of the ESPE or of the muting sensors, the muting function shall be cancelled and all dangerous movements stopped. Restarting the installation shall only be possible by means of a deliberate action once safe operating conditions have been re-established.

The override function shall be enabled only when the output of the ESPE is in the OFF-state and/or at least one muting sensor is actuated. From a lockout condition (when a dangerous fault is detected) it shall not be possible to actuate the override function.

The mute dependent override function shall:

- be activated either:
 - by the use of a spring return hold-to-run device located so that it is not possible to enter the hazardous zone whilst maintaining the action on the hold-to-run device, and so that the hazardous zone is visible while actuating the device;
 - or by the use of a key operated switch or equally secure momentary action pushbutton when:
 - the override function is automatically terminated after a correct muting signal sequence is identified, and
 - no access to the hazardous zone is possible during the override sequence;
 - an emergency stop can be initiated from the same position.
- only be activated when at least one of the muting sensors is actuated;
- automatically terminate when all the muting sensors are de-actuated;
- automatically terminate after a pre-determined time limit has expired;
- only enable those movements that are necessary to permit blockages to be removed from the detection zone of the protective equipment.

Measures shall be provided to prevent activation of the mute dependent override function due to a fault or inadvertent operation of the initiating device.

5.6 Reinitiation of cyclic operation by the protective equipment

5.6.1 General

The use of this function is restricted to applications using type 4 AOPDs used as a combined trip and presence-sensing device. Reinitiation of cyclic operation by the protective equipment shall only be considered for single-operator, hand-fed machines having repetitive, short cycle time operations.

If there is more than one AOPD safeguarding the machine, only one of them at any one time shall be capable of cycle re-initiation. Following a change of which AOPD is capable of reinitiation of cyclic operation, a restart performed by a deliberate manual action shall be necessary.

NOTE In the case of cascade configuration of AOPDs with a common OSSD, this configuration is considered as only one AOPD.

The protective equipment shall not be the only means of initiating machine operation. Conventional machine start controls (for example pushbuttons, footpedals) and appropriate mode selection (guard-only, single actuation reinitiation, double actuation reinitiation) of the protective equipment using, for example a key operated switch shall be provided.

A start interlock and a restart interlock shall be provided.

To reduce the possibility of unexpected reinitiation, the minimum detection capability of the protective equipment shall be 30 mm for hand detection or 50 mm for leg or whole body detection.

It shall not be possible for persons to pass through the detection zone towards the hazardous zone and so cause reinitiation of machine operation (see 4.4.2). This can require the use of additional protective measures. When removable mechanical guards are used they shall be interlocked with the control system so that their removal stops the machine and prevents restarting until a manual restart has been performed.

Access to the hazardous zone shall not be possible without actuating the AOPD.

NOTE 1 The possibility of actuation of the protective equipment by the workpiece should be considered.

When single actuation or double actuation is selected, the operation conditions shall be as follows:

The first cycle of the machine shall be initiated using a conventional start control. Further operations can then be actuated, depending on which actuation mode is selected, provided that:

- operation is reinitiated within a time commensurate with the cycle time of the machine, and
- when the reinitiation does not occur within the expected time, the protective equipment shall initiate a restart interlock. This time shall be as short as practicable, but shall not exceed 30 s;
- reinitiation will only occur when the duration of actuation of the protective equipment is not less than 100 ms;
- there is no actuation of the protective equipment during hazardous operation. Such actuation shall initiate a restart interlock requiring a conventional manual restart of the machine.

NOTE 2 Setting, maintenance and similar non-production operations should be performed in the guard-only mode.

NOTE 3 A functional check of the protective equipment is recommended before starting to use reinitiation by single actuation or double actuation.

5.6.2 Particular requirements for press applications

The height of the press table shall be at least 750 mm above the standing level of the operator. If the table is less than 750 mm in height, this height shall be achieved by the use of fixed or interlocking guard(s) close to the press table. Opening of any interlocked guard, giving access to the tools, shall cause the single or double actuation reinitiation function(s) to be stopped. These functions shall require reselection before they can be used after the interlocking guard has been closed.

It shall not be possible to stand between the physical barrier and the table or tools, or beside the table or tools.

The opening stroke length shall be equal to or less than 600 mm and the depth of the press table shall be equal to or less than 1 000 mm.

It shall only be possible to select single or double actuation reinitiation when the press is in a specified position, e.g. at top dead centre (TDC).

5.7 Start interlock

A start interlock shall be provided except where the risk assessment shows that the possibility of injury will not be reduced by a start interlock, for example when start interlock is already provided by other parts of the machine control system.

5.8 Restart interlock

A restart interlock shall be provided except where the risk assessment shows that the possibility of injury will not be reduced by a restart interlock, for example when it is not possible to be in the hazardous zone without detection.

NOTE 1 Particular care should be taken in the risk assessment for mobile machines, for example where it can be possible to fall or climb on the machine so that the protective device is not activated.

NOTE 2 Consideration should be given to the possibility of exiting and re-entering the hazardous zone without detection via the structure of the machine or by other foreseeable methods.

A restart interlock shall be provided where protective equipment is used as a trip device for perimeter guarding.

A restart interlock shall not have a time delay.

5.9 Blanking

Blanking is only applicable to AOPDs. See 6.1.3.3.

6 Particular application requirements for specific protective equipment

NOTE Application examples are given in Annex C and Annex E.

6.1 AOPDs

6.1.1 General

Light beam devices and light curtains depend for their activation on the interruption of one or more light beams. Reflective surfaces in the vicinity of the light beam(s) can reduce the ability of the AOPD to detect the intended object, as shown in Figure 7.

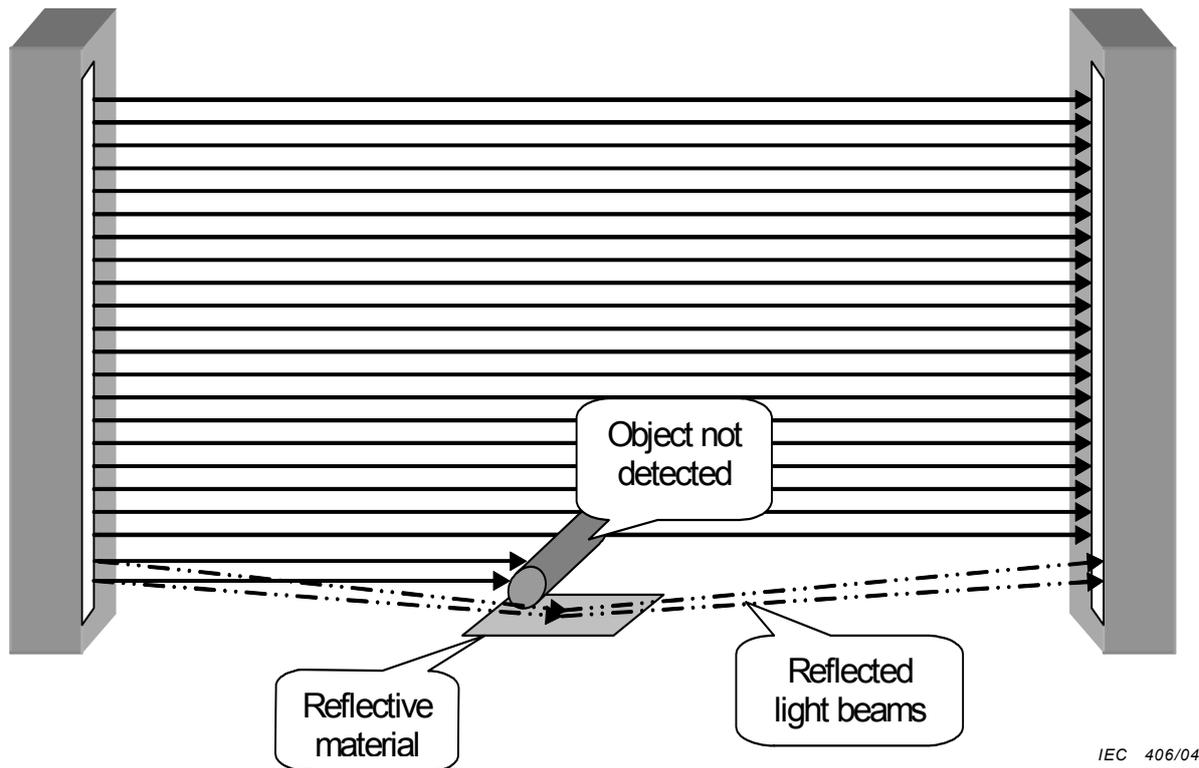


Figure 7 – Example of the effect of reflective surfaces

The AOPD manufacturer’s guidance on avoiding the effect of reflective surfaces shall be followed. To achieve this throughout the lifecycle of the machine, it is necessary to consider factors such as wearing of painted surfaces, changes of process material, beam divergence, environmental influences, etc.

6.1.2 Light beam device(s)

6.1.2.1 General

Light beam devices may consist of one or more beams. They are usually used as trip devices for whole body detection in perimeter guarding. A restart interlock or a presence-sensing device is usually necessary to prevent unexpected restarting. Because light beam devices usually have no specified detection capability but only detect interruption of the beam(s), they require careful positioning to ensure they are effective.

For the calculation of the minimum separation distance, the response time of each beam with respect to the size and speed of the body part that will pass at each height shall be considered.

The positioning shall take into account the possibility of

- encroachment between, over or under the beams;
- undetected penetration of parts of the body, for example hands/arms;
- crawling under, climbing through or jumping over.

The heights for 2, 3, and 4 beams given in Table 1 (derived from ISO 13855) have been found to be the most practical in application.

Table 1 – Beam heights for light beam devices

No. of beams	Heights above reference plane, for example floor mm
4	300, 600, 900, 1 200
3	300, 700, 1 100
2	400, 900

NOTE A greater number of beams can reduce the possibility of penetration or circumvention. Two beams should be used only when circumvention is difficult, for example due to fixed obstacles in the opening.

6.1.2.2 Cross-interference

Light beam devices can be subject to cross-interference between adjacent beams, or between adjacent devices. Measures shall be taken to reduce the risk of cross interference. Such measures can include:

- measures provided by the device manufacturer, for example different codes;
- secure installation and fastening;
- alternating the direction of adjacent beams;
- orientation of the beam direction;
- alignment of devices, use of light baffles and avoidance of reflective surfaces to prevent a transmitter energizing the receiver of a different light beam device.

6.1.3 Light curtains

6.1.3.1 Orientation of the detection zone

Light curtains can be oriented in one of six formats (see Annex C):

- normal approach – where the detection zone is normal to the direction of approach;
- parallel approach – where the detection zone is parallel to the direction of approach;
- angled approach – where the detection zone is at some other angle to the direction of approach;
- combination approach – where the detection zone combines two or more of the above;
- fixed dual format – where the detection zone can be selected to be either normal or parallel to the direction of approach. The separation distance shall be maintained in both orientations of the detection zone;
- rotating dual format – where the detection zone can be converted to a position either normal or parallel to the direction of approach by rotating the light curtain about a pivot. It shall not be possible to rotate the light curtain towards the dangerous parts if the minimum separation distance cannot be maintained.

For separation distance calculations, where the angle of approach is greater than 30°, it is considered as a normal approach and where the angle of approach is less than 30°, it is considered as a parallel approach.

6.1.3.2 Cross-interference

Light curtains can be subject to cross-interference between adjacent devices. Measures shall be taken to reduce the risk of cross interference. Such measures can include:

- measures provided by the light curtain manufacturer, for example different codes;
- secure installation and fastening;
- alternating the beam direction of adjacent devices;

- alignment of devices, use of light baffles and avoidance of reflective surfaces, to prevent a transmitter energizing the receiver of a different light curtain.

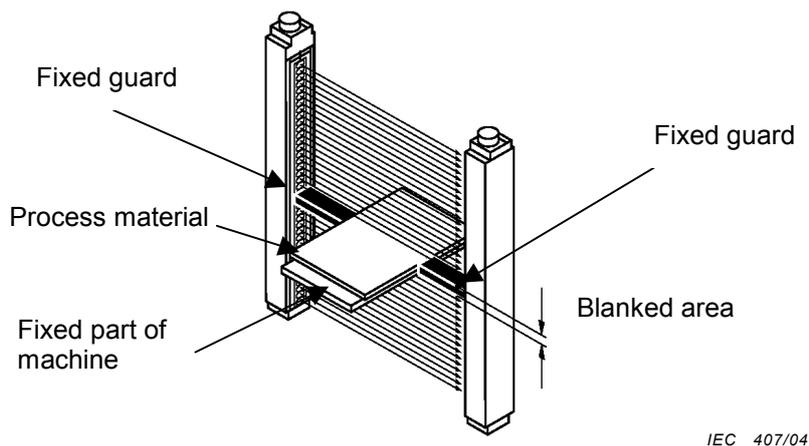
6.1.3.3 Blanking

To prevent possible misuse, blanking shall not be available except when necessary for the operation of the machine.

Blanking can be used to allow the presence of parts of the workpiece or of the machine in the detection zone when safety is maintained by other measures, for example:

- the blanked area is continuously and entirely occupied by material, fixtures, fixed guards or removable interlocking guards (see Figure 8); or
- the light curtain operates in 'opposite mode' for all fixed blanked beams, i.e. the light curtain will go to the OFF-state if an area that should be obstructed becomes clear, or
- the separation distance is increased in accordance with ISO 13855 due to the modified detection capability. Information on the modified detection capability is needed from the AOPD manufacturer.

The installation shall be such as to minimize the possibility of loss of detection capability caused by reflective surfaces in the blanked zone (see also 6.1.1).



IEC 407/04

Figure 8 – Example of use of blanking

6.2 AOPDDRs

AOPDDRs are used both in static and mobile applications.

NOTE Application examples are given in Annex C and Annex E.

AOPDDRs in accordance with IEC 61496-3 are Type 3 ESPEs.

When configuring the detection zone of an AOPDDR, care shall be taken to ensure that:

- the detection zone fully covers the hazardous zone;
- no shadow zones are created behind objects, that can allow persons to approach closer to the danger zone than the calculated minimum separation distance;
- the AOPDDR manufacturer's instructions regarding nearby reflective surfaces and interference from the background have been taken into account;
- the instructions for setting the detection zone(s) including consideration of the tolerance zone(s) are taken into account;

- instructions about the minimum required distance between the boundary of a detection zone and objects that need not be detected (for example, walls or parts of machines) are taken into account;
- no hazard can arise in a particular application due to the presence of zone(s) with limited detection capability.

NOTE It can be helpful to mark the boundary of the detection zone on the floor.

In mobile applications, there shall be no trapping or crushing hazards at the edge of the overall detection zone. In mobile applications, several additional factors shall be considered in order to maintain an adequate separation distance, for example:

- difficult environmental conditions;
- the physical environment (for example reflecting properties) changes as a result of the movement;
- the stopping system performance and possible deterioration;
- changing floor or ground conditions (e.g. water, oil or ice present occasionally) that can influence the stopping distance;
- the hazardous zone moves together with the machine (the primary hazard is the impact or crushing caused by the moving machine);
- the direction of approach of an object can vary, for example due to changes in direction of movement of the vehicle;
- the direction of approach of a person can vary due to changes in direction of movement of the vehicle and/or the person;
- if the machine moves over uneven surfaces the effective height of the detection zone can vary from its intended position;
- different speeds of movement shall be considered, for example:
 - speed of the machine (and AOPDDR);
 - relative speed of the machine and the object to be detected, for example
 - person,
 - bicycles,
 - forklift trucks,
 - other vehicles.

6.3 PIPDs

6.3.1 General

Until a product standard for PIPDs is published, PIPDs are not considered suitable as the sole means of protection from machine hazards and great care should be taken in the selection and use of these devices. A safety function should not rely on detection of a person by a PIPD.

PIPDs can detect the difference between a person and an inanimate object, provided that the thermal radiation from the person is different from that of the background. Some PIPDs can only detect moving persons. Such PIPDs shall not be used as presence sensing devices.

Spurious tripping by PIPDs can occur where thermal radiation from objects other than persons (e.g. hot process material, space heaters) is detected.

The calculated minimum separation distance shall be increased by a supplementary distance representing the intrusion towards the hazardous area before the actuation of the sensing element of the PIPD. This distance is an inherent characteristic of the PIPD, specified by the manufacturer of the PIPD.

6.3.2 Mobile applications

When setting the detection zone, the values of the tolerance zone and the required extension to the detection zone shall be added to the minimum separation distance S .

If it is possible for a person to stand between the front of the vehicle and the detection zone when the vehicle is at rest, then other safety measures shall be provided to prevent injury when the vehicle starts.

A PIPD is not a means of prevention of collision between vehicles.

6.4 Pressure-sensitive mats and floors

6.4.1 Pressure sensitive floors

Pressure sensitive floors consist of moving rigid plates that actuate position sensors, for example limit switches. Pressure sensitive floors shall not be used when deformation of the plate or foreign objects under the plate can render the device unable to detect a person stepping on it.

6.4.2 Pressure sensitive mats

6.4.2.1 Selection criteria

Factors that shall be taken into account when selecting a pressure sensitive mat as a protective device include the construction of the mat, the environmental conditions, the behaviour in the presence of faults (for example category in accordance with ISO 13849 (all parts)) and the operational conditions (for example the possibility of circumvention).

6.4.2.2 Mat construction

The safety integrity of the mat depends on its reliability and fault resistance rather than fault detection, therefore undetected deterioration of sensing performance (for example due to slow ingress of dust, liquids or gases) can occur.

Some types of pressure sensitive mat cannot detect a person already standing on the mat when the power is switched on, or is interrupted and restored. These mats shall not be used as protective devices..

Sensitivity can be adversely affected by static loading (for example process material resting on the surface of the mat).

Cable entry points to mats shall be such that:

- there are no tripping hazards due to connecting cables;
- any dead zone adjacent to the entry point of connecting cables is not in the area intended for the detection of persons;
- the cable is not in a position where mechanical damage is likely.

When the difference in height of adjacent horizontal surfaces is 4 mm or more, a ground-flush installation or a small ramp shall be used. If a ramp is used, its slope shall not exceed 20°.

When using a combination of mats, dead areas in the detection zone shall be avoided. For guidance, see Figures B.1 and B.2 of ISO 13856-1.

When a mat system is used as a trip device, the minimum separation distance of the mat edge from the hazard shall take into account the worst case conditions, for example the length of a person's first stride onto the mat from any possible direction of approach.

The dimensions of the mat shall be selected to prevent a person stepping over or jumping over the mat.

6.4.2.3 Environmental conditions

Environmental conditions that shall be taken into account when considering the selection of a pressure sensitive mat as a protective device include:

- surface contamination of the mat giving rise to a slipping hazard;
- irregularities of the mat mounting surface that can impair the sensitivity of the mat;
- wheeled traffic on the mat (forklift trucks or other heavy vehicles can cause damage to the mat especially when braking, accelerating or turning);
- chemicals (for example oils, solvents, cutting fluids) that can cause changes in the properties of the mat, such as swelling or hardening of the material, resulting in a change of sensitivity;

NOTE 1 The manufacturer of the mat usually gives information in the data sheet about the permissible chemical environment. Special surface coverings may also be available.

- effects of temperature. The minimum temperature range required in ISO 13856-1 is +5 °C to +40 °C. Cold environments can make the material of the mat stiff and hot environments can make the material soft, thus changing the sensitivity of the mat;
- foreign bodies such as welding splatter, swarf or sand can wear or damage the mat. Additional protective coverings specified by the manufacturer may be used.

NOTE 2 Other additional coverings can impair the sensitivity of the mat.

6.4.2.4 Frequent actuation

The safety integrity of the mat depends on its reliability and fault resistance. The mat shall be chosen to withstand the expected number of actuations and frequency of operation.

6.4.2.5 Infrequent actuation

Where mats are infrequently actuated, it will be necessary for the user to perform periodic tests to verify the mat's integrity.

6.4.2.6 Physical properties of the mat

The physical properties of the mat can cause problems in some applications. At least the following points shall be taken into account:

- permanent deformation or hardening of the mat surface can form "bridges" over parts of the sensing field;
- in most designs there is an internal air gap inside the mat. Ingress of material (small or large particles), vermin, corrosive gases or fluid can cause the mat to fail. Small holes might not be detected during maintenance.

6.4.2.7 Mounting surface

Irregularities of the floor or other mounting surface can impair the function of the mat and shall therefore be within the limits stated by the manufacturer of the mat.

The mat shall be securely fixed in place to prevent accidental or intended movement of the mat thus leaving unprotected access to the hazardous zone.

7 Inspection and test

7.1 General

The following procedures should be used to ascertain that the machine and protective equipment can be operated safely:

- a) Initial inspection and test. When the installation is first commissioned, and after repair or modification, the machine and protective equipment should be inspected and tested.
- b) Periodic inspection and test at suitable intervals.

Additionally, functional checks should be performed to ensure that the machine and protective equipment continues to operate safely between periodic inspections and tests.

7.2 Initial inspection and test

The initial inspection and test should be performed by competent persons with the necessary knowledge and experience who possess, or have access to, all the technical information provided by the machine and protective equipment supplier.

The results of the initial inspection and test should be recorded, and copies of this record kept by the user. The results of inspection and test following repair or modification should also be recorded and copies kept by the user.

The persons performing the inspection and test should ensure that the following general standard of performance is achieved:

- a) it should not be possible for the dangerous parts of the machine to be set in operation while any part of a person is in such a position as to actuate the protective equipment; and
- b) actuation of the protective equipment during a phase of the operating cycle when there is or can be a risk shall result in the machine being brought to a non-hazardous state before any part of any person can reach a hazard. It shall not be possible for the hazardous operation to recommence until the protective equipment has been completely restored to its normal condition and the machine manually restarted.

The persons carrying out the inspection and test should also:

- c) inspect the position of the protective equipment (e.g. light curtain) to ensure that it is set at the correct separation distance from the hazard zone as recorded in the machine and/or protective equipment information for use;
- d) ensure that additional safeguards have been provided where necessary to prevent access to the hazard zone from any direction not protected by the protective equipment;
- e) test the overall response time using a timing instrument suitable for that purpose and ensure that it is the same as, or less than, the overall response time recorded on the information label or plate;
- f) ensure that it is not possible for a person to stand between the protective equipment and the danger zone;
- g) test the protective equipment detection capability according to the supplier's recommendations;
- h) check that the protective equipment suppliers recommendations regarding reflective surfaces near the detection zone have been complied with;
- i) inspect the machine controls and connections to the protective equipment to ensure that the machine and protective equipment designer's requirements are met;
- j) inspect the stopping performance monitor (if fitted) to ensure that it is correctly positioned and fitted, test that the monitor is working satisfactorily to the supplier's recommendations, and ensure that the means by which the overall system stopping performance can be assessed by the operator is indicating correctly;

- k) test the muting and/or blanking arrangements (if fitted) and check that they are not easy to manipulate;
- l) check each channel of a two channel system for correct operation;
- m) check that adjustments of the protective equipment that can result in an unsafe condition require the use of a key, keyword or tool;
- n) check all functions, including the operation of the start and restart interlocks where specified, are operable;
 - i) the protective equipment is operative in all relevant modes of operation of the machine;
 - ii) when it is possible to switch off the protective equipment, hazardous machine operation ceases within the specified response time;
- o) when transient suppression devices are used, check that they are connected across the load and not across the output circuits;
- p) verify that electromechanical devices in output circuits are monitored in accordance with the design;
- q) where functions such as muting, blanking, and/or initiation of cyclic operation are provided, check that safety is maintained while each function is active;
- r) inspect any brakes or clutches (if fitted) to the supplier's recommendations.

7.3 Periodic inspection and test

The user should ensure that persons who carry out the periodic inspections and tests are suitably trained and/or qualified. The period between each periodic inspection and test will depend on any national regulations, the machine it is fitted to and the risk reduction provided by the protective equipment but in general should not be greater than six months.

The results of the inspection and test should be recorded and a copy of this record kept by the user.

The person carrying out the inspection and test should ensure that the same general standards of performance are achieved as in the initial inspection and test and should also:

- a) check that the protective equipment is securely mounted in the position determined in commissioning;
- b) ensure that additional safeguards are fitted where necessary to prevent access to the danger zone from any direction not protected by the protective equipment;
- c) check that the overall stopping performance is satisfactory;
- d) ensure that it is not possible for a person to stand between the protective equipment and the danger zone without being detected unless a restart interlock is provided;
- e) check the machine primary control elements (MPCE) to ensure that they are functioning correctly and are not in need of maintenance and/or replacement;
- f) inspect the machine to ensure that there are no other mechanical or structural aspects that would prevent the machine from stopping or assuming an otherwise safe condition when called upon by the protective equipment to do so;
- g) inspect the machine controls and connections to the protective equipment to ensure that no modifications have been made which might adversely affect the system;
- h) where applicable, check the cycle reinitiation arrangements;
- i) perform the functional tests described in the machine documentation and 7.4.

7.4 Functional checks

Functional checks should be carried out on a frequent (e.g. daily) basis, depending on the risk. These checks may be carried out by a suitably trained operator. The checks shall include:

- a) check that the protective equipment (including muting sensors where applicable) is securely mounted in position and there are no signs of modification, damage or deterioration;
- b) a check that access to the dangerous parts of machinery is not possible from any direction not protected by the protective equipment, and that additional mechanical protection such as side and rear guards are in place and undamaged;
- c) a check that the separation distance from the hazard zone to the sensing field of the protective equipment is not less than the distance stated on the machine and/or protective equipment information plate;
- d) a check that it is not possible for a person to stand between the sensing field of protective equipment (e.g. light curtain) and the danger zone;
- e) a check of the effectiveness of the protective equipment with power on but with the machine at rest as follows:
 - 1) first establish that the protective equipment is functioning by checking the state of the appropriate indicators, and ensure that the protective equipment is not muted;
 - 2) insert the appropriate test piece into the sensing field of the protective equipment.
 - i) when an AOPD is used, the test piece should be passed very slowly down the light curtain in three separate places: close to one transmitter/receiver column, close to the other transmitter/receiver column, and in the middle of the light curtain. The indicator light that indicates actuation (interruption) of the protective equipment (e.g. light curtain) should change state whenever the test piece enters and leaves the protective equipment (light curtain) and should not change state for the whole time the test piece is in the detection zone;
 - ii) when a pressure-sensitive mat or floor is used, actuate the mat/floor at several places (e.g. by standing on it) and check that the mat/floor functions (e.g. by observing indicator lights);
 - iii) when an AOPDDR is used, insert the test piece into the detection zone at various points around the boundary of the detection zone. The indicator light that indicates actuation of the AOPDDR should change state whenever the test piece enters and leaves the detection zone and should not change state for the whole time the test piece is in the detection zone. This check shall be performed for all the available detection zones.
 - 3) when the protective equipment is used as a trip device, initiate machine operation and insert the test piece into the detection zone of the protective equipment. The axis of the test piece should be at right angles to the detection zone so as to interrupt the minimum area. Under no circumstances should an attempt be made to insert the test piece into the danger zone. Upon insertion of the test piece during hazardous operation, the dangerous parts of the machine should come to rest, or to an otherwise safe condition, without apparent delay;
 - 4) when the protective equipment is used as a presence sensing device, insert the test piece into the detection zone of the protective equipment and attempt to initiate machine operation. Under no circumstances should an attempt be made to insert the test piece into the danger zone. It shall not be possible to initiate hazardous operation while the protective equipment is actuated. In the case of pressure-sensitive mats or floors, a weight should be used to actuate the mat/floor to avoid having to stand near the hazard zone.
- f) check that when the protective equipment is muted the machinery operation is no longer hazardous or safety is maintained by other means. For example, during the up-stroke (opening) of a power press. Check that the mute indicator (when provided) is illuminated when the protective equipment has been muted;
- g) check that the stopping performance monitor (where provided) is in use and is set up and functioning in the manner recommended by the supplier;
- h) check for external signs of damage to equipment or to electrical wiring.

8 Information for safe use

The integrator shall provide all necessary information for operation and maintenance.

This information shall at least contain:

- general description of the protective equipment safety system;
- identification of safety related parts;
- wiring schematics;
NOTE This requirement is not intended to include the internal circuit diagram of the protective equipment.
- overview (block) diagrams;
- where relevant, information on the parameters of muting systems, for example the position of muting sensors;
- instructions for use, including guidance for periodic inspection;
- identification of residual risks;
- maintenance instructions;
- advice on periodic inspection and testing;
- environmental limits;
- where relevant, the information for use provided by the protective equipment manufacturer;
- where relevant, details of additional mechanical protection, for example protection against overreaching.

Annex A (informative)

Examples of interfacing ESPEs to a machine

A.1 Integration of protective equipment with the output of a machine control system

NOTE The example circuits are not intended to be the only solutions to a given application and are not intended to restrict innovation or advancement of technology. The examples are provided only as representative solutions to illustrate some of the concepts of integration of protective equipment, and have been simplified for clarity, so they may be incomplete.

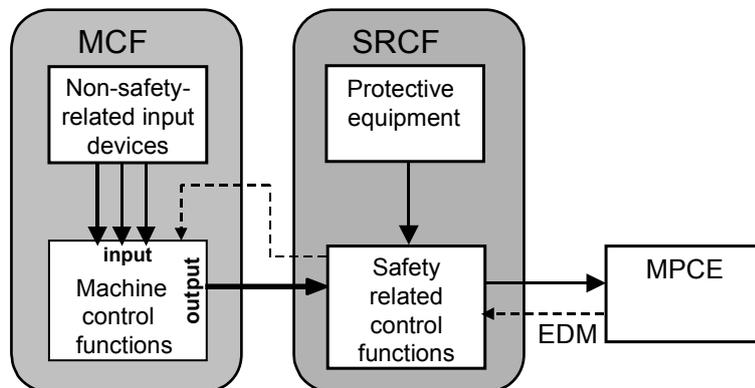
A.1.1 Integration principle

Figure A.1 shows the principle of integration of electrosensitive protective equipment with a safety-related control system and with a machine's operational control system that is not safety-related. The operation of the protective equipment and other safety-related functions on the MPCE is independent of the operational functions of the machine control system.

NOTE The protective equipment may perform safety related control functions.

The following additional abbreviations are used in the Figures in this Annex:

- MCF Machine control functions
- SRCF Safety Related Control Functions
- MPCE Machine Primary Control Element
- MSRCS Machine safety-related control system



NOTE Arrows indicate functions, not the number of channels.

Figure A.1 – Integration with the control system

A.1.2 Examples of integration of an ESPE with a non safety-related PLC

Figure A.2 shows an example of integration in a Category 4 circuit.

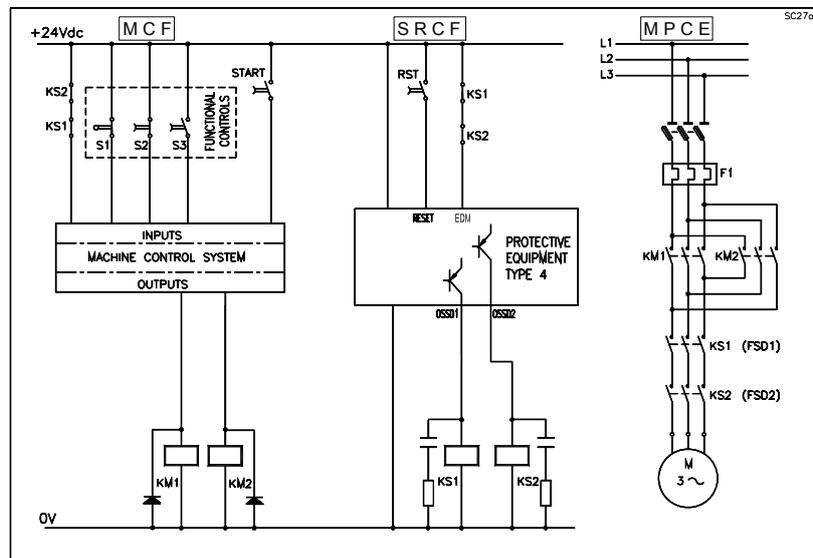


Figure A.2 – Example of integration – Category 4

KS1 and KS2 are contactors with mirror contacts.

KS1 and KS2 are the FSDs.

The dual channel structure is assured by the chain consisting of OSSD1 – coil of KS1 / OSSD2 – coil of KS2, and the series connection of the contacts of KS1 and KS2 on the power supply line of the motor.

Monitoring of the status of the contacts of KS1 and KS2 is performed by the EDM input line of the AOPD.

The KS1 - KS2 line on the inputs of the PLC is for information purposes only.

The response time of the SRCF is the sum of the response time of the AOPD and of the deactivation time of KS1 or KS2 (whichever is the greater) including the bounce time of the contacts. The deactivation time of KS1 or KS2 includes the delay introduced by the R-C network in parallel with the coils.

The total stopping time is the sum of the SRCF response time plus the MPCE response time plus the machine stopping time. The response time of any additional device added in the SRCF - MPCE chain shall be considered in the total stopping time computation.

If the AOPD does not monitor the possibility of short circuit between the wires connecting the OSSDs and the coils of the FSDs, the possibility of this short circuit shall be avoided by an appropriate layout of the wiring.

Figure A.3 shows an example of integration with additional protective equipment in a Category 4 circuit.

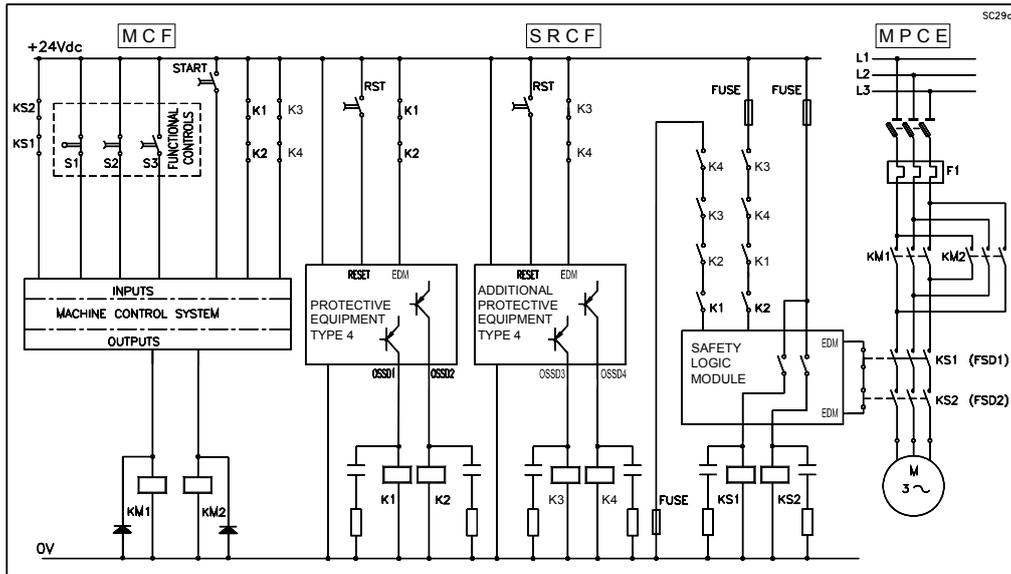


Figure A.3 – Example of integration – Category 4

Any additional protective device added along the safety chain (Additional Protective Equipment in the example) shall have redundant safety outputs and shall be monitored.

Any non safety-related device, or safety-related devices with a lower level of safety integrity added to a safety chain, or safety devices not monitored, will prevent or reduce the protection characteristics of the safety system.

Figure A.4 shows an example of an incorrect integration that is commonly claimed to meet the requirements of Category 4.

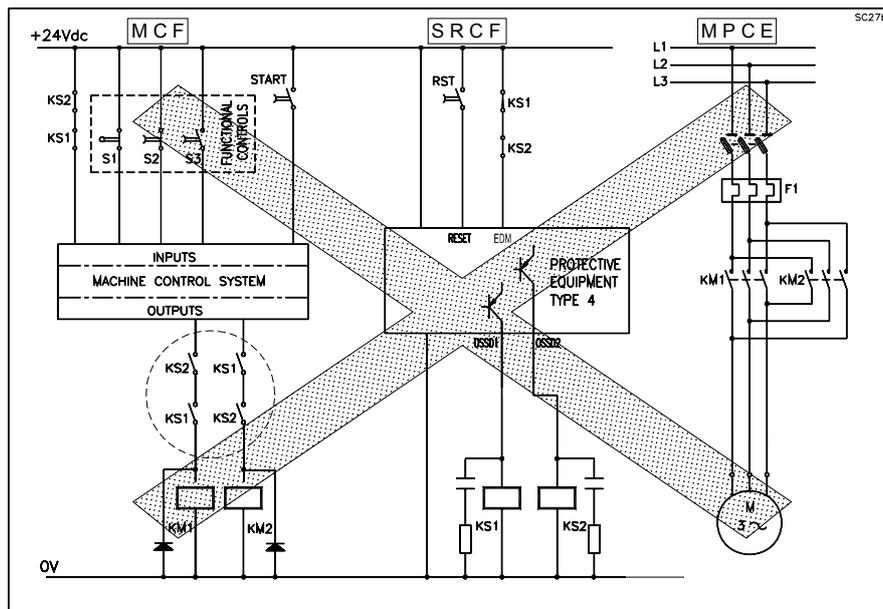


Figure A.4 – Example of an incorrect integration – Category 4

If the contacts of KS1 and KS2 interrupt the power to the coils of the motor contactors KM1 or KM2 the dual channel structure on the power supply line of the motor is not achieved. A failure to open (e.g. caused by welded contacts) of KM1 or KM2 prevents stopping of the motor by the AOPD.

For this application see Figure A.2

Figure A.5 shows an example of an incorrect integration that is commonly claimed to meet the requirements of Category 4.

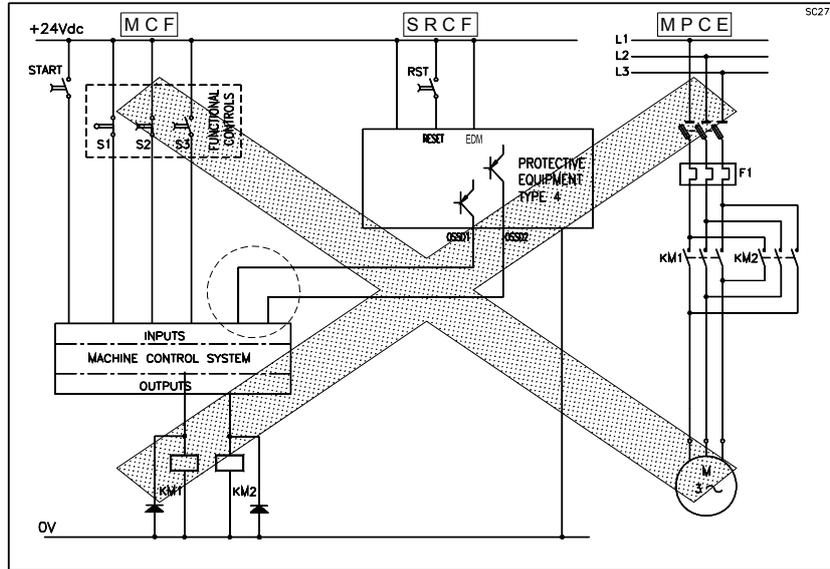


Figure A.5 – Example of an incorrect integration – Category 4

If the OSSDs of the AOPD are connected to the inputs module of a non safety-related PLC, the dual channel structure is missing. In addition to the failure of the contacts of KM1 or KM2, hardware and software faults within the PLC can prevent stopping of the motor.

An example of integration of an ESPE in a Category 4 system is shown in Figure A.6.

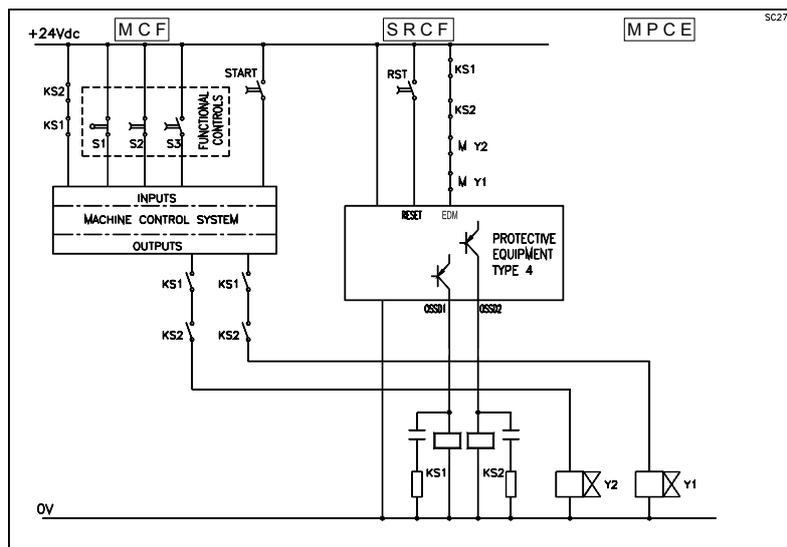


Figure A.6 – Example of integration of an ESPE: Category 4

In this case the MPCE is an electro-hydraulic valve with internal redundancy and monitoring.

The dual channel structure is assured by the chain consisting of OSSD1 - coil of KS1 / OSSD2 – coil of KS2, and the series connection of the contacts of KS1 and KS2 between the output of the PLC and the coil of the electro-hydraulic valve.

The FSDs are monitored through the EDM input of the AOPD.

The response time of the SRCF is the sum of the response time of the AOPD and of the deactivation time of KS1 or KS2 (whichever is the greater) including the bounce time of the contacts. The deactivation time of KS1 or KS2 also includes the delay introduced by the R-C network in parallel with the coils.

The total stopping time is the sum of the SRCF response time plus the electro-hydraulic valve response time plus hydraulic circuit stopping time. The response time of any additional device added along the SRCF - MPCE chain shall be considered in the total stopping time computation.

If the risk analysis requires the monitoring of the position of the electro-hydraulic valve the output of the position sensor (MY1 in Figure A.6) can be connected in series with KS1 and KS2 on the EDM input; in this case the EDM input can only monitor the status and not the switching time of the electro-hydraulic valve because its operation is a consequence of the status of the KS1 and KS2 contacts.

Figure A.7 shows an example of integration in a Category 3 configuration.

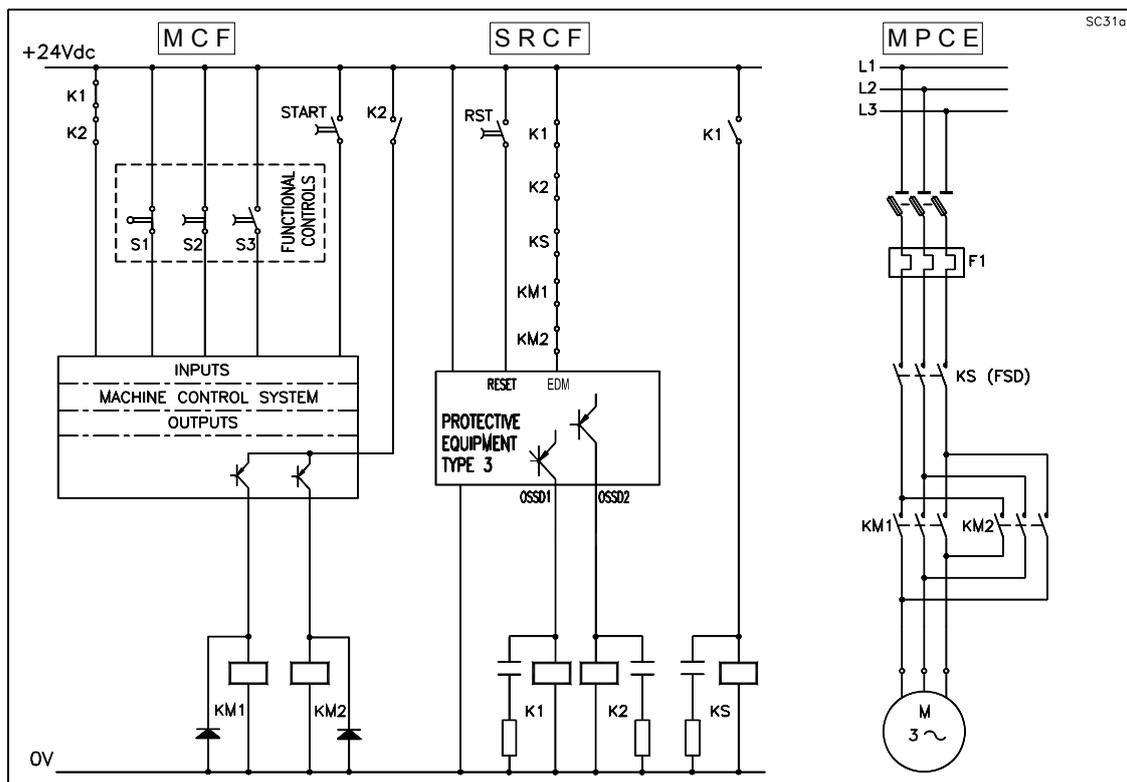


Figure A.7 – Example of integration – Category 3

The dual channel structure is provided by:

- OSSD1 and OSSD2 connected respectively to the coils of K1 and K2;
- contacts of K1 and K2 connected respectively to the coil of an auxiliary contactor KS and to the power supply of the output module of the PLC;
- contacts of KS and contacts of the motor contactors KM1 (or KM2) in series on the power supply line of the motor.

This safety chain is redundant but not fully monitored because KM1 (or KM2) do not have (usually) mirror contacts and because faults in the output module of the PLC (e.g. faults that

can cause a voltage on the coils of KM1 or KM2 high enough to energize them) are not monitored. It should be noted that these faults can be easily detected by the operator because they do not stop the motor when requested by the normal cycle of the machine.

Figure A.8 shows an example of an incorrect integration – Category 3.

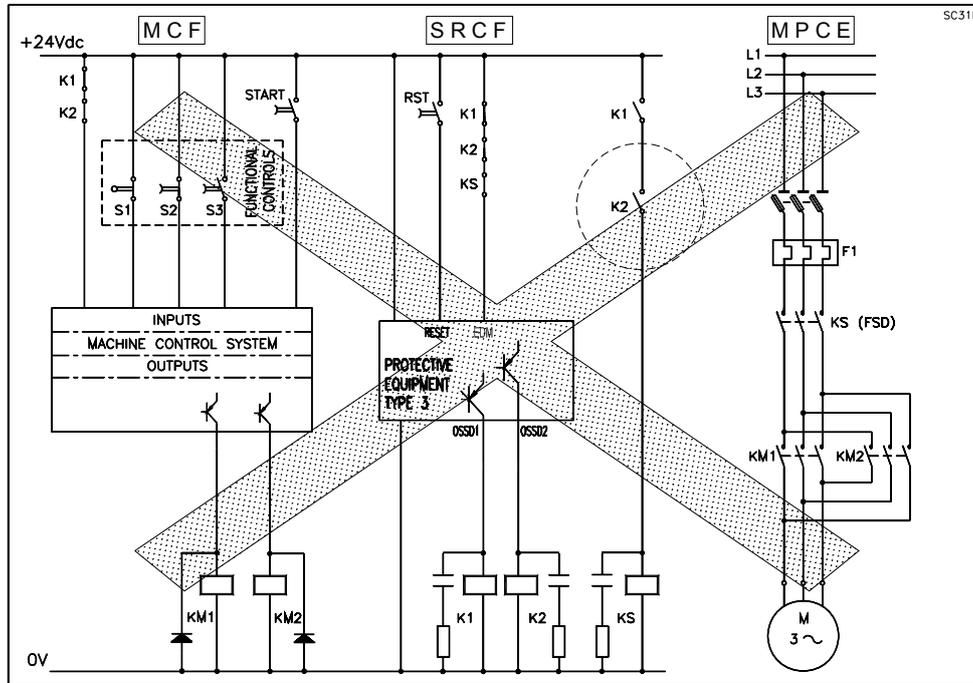


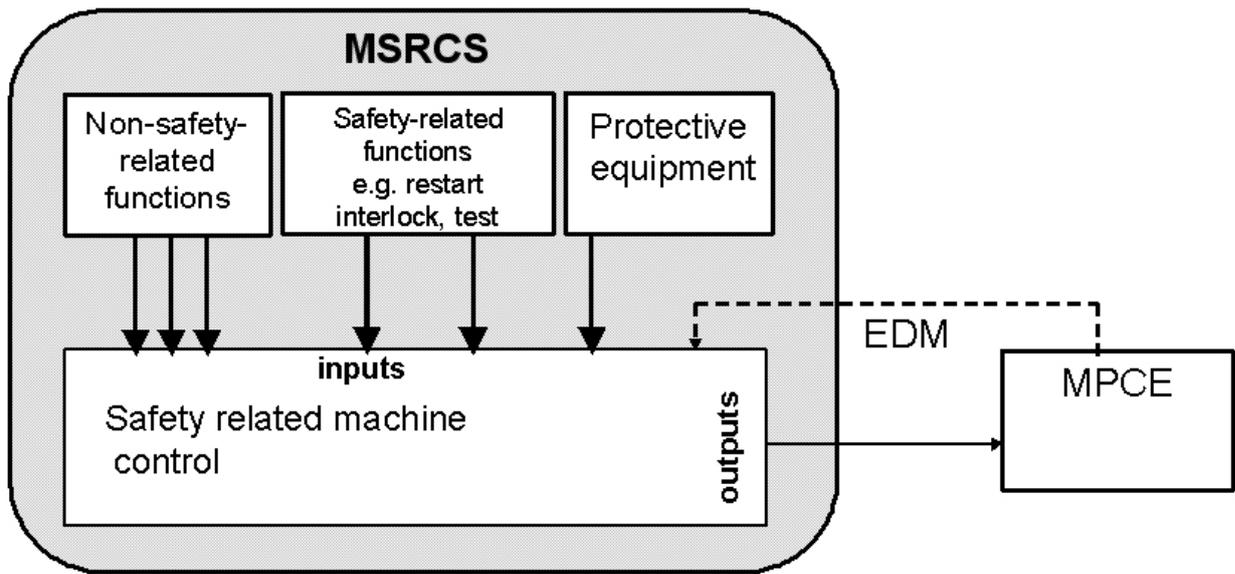
Figure A.8 – Example of an incorrect integration – Category 3

The dual channel structure is missing on the MPCE because the series of contacts K1 and K2 act only on the coil of KS.

A.2 Integration with a safety-related control system

A.2.1 Integration principle

Figure A.9 shows the principle of integration of electrosensitive protective equipment when the machine control system is safety-related. The machine's functions, including both operational control functions and safety-related functions, are performed by the safety-related system.



NOTE Arrows indicate functions, not the number of channels

Figure A.9 – Integration with a safety-related control system

Annex B (informative)

Summary of minimum type test requirements for various protective equipment

The values (for example operating range, immunity level, no failure to danger level, etc.) shown in Table B.1 are the requirements as specified in the product standards.

NOTE Users of this document should refer to the manufacturer's literature before the final selection of protective equipment.

Table B.1 – List of environmental considerations to assist the selection of a protective equipment

Environmental consideration		Protective device				Pressure sensitive mats and floors
		AOPD	AOPDDR	PIPD	ISO 13856-1	
Product standard		IEC 61496-2 Type 4	IEC 61496-2 Type 3	NONE		ISO 13856-1
		Type 2	Type 3	Type 2		
Radio frequency signal lines <10 m	Normal operation	3 V/m level 2	3 V/m level 2	3 V/m level 2		NR
	No failure to danger	10 V/m level 3	10 V/m level 3	NR		NR
Radio frequency signal lines >10 m	Normal operation	10 V/m level 3	10 V/m level 3	10 V/m level 3		NR
	No failure to danger	30 V/m level X	30 V/m level X	NR		NR
Electrostatic	Normal operation	8 kV air	8 kV air	8 kV air		Level 3
	No failure to danger	15 kV air	NR	NR		NR
Electromagnetic	Normal operation	10 V/m level 3	10 V/m level 3	10 V/m level 3		Level 3
	No failure to danger	30 V/m level X	NR	NR		NR
Surge	Normal operation	Level 2 DC/level 3 AC	Level 2 DC/level 3 AC	Level 2 DC/level 3 AC		NR
	No failure to danger	Level 3 DC/level 4 AC	NR	NR		NR
Burst	Normal operation	Level 2 DC/level 3 AC	Level 2 DC/level 3 AC	Level 2 DC/level 3 AC		Level 3
	No failure to danger	Level 3 DC/level 4 AC	NR	NR		NR
Power supply interruptions	Normal operation	100 % at 10 ms	100 % at 10 ms	100 % at 10 ms		3 ms
	No failure to danger	50 % at 20 ms	50 % at 20 ms	50 % at 20 ms		20 % at 20 ms
Power supply variation	Normal operation	50 % at 500 ms	50 % at 500 ms	50 % at 500 ms		20 % at 20 ms
	No failure to danger	85 % to 110 % VAC	85 % to 110 % VAC	85 % to 110 % VAC		90 % to 110 % VAC
Temperature range	Normal operation	85 % to 115 % VDC	85 % to 115 % VDC	85 % to 115 % VDC		85 % to 115 % VDC
	No failure to danger	Nominal to 0 in 10s	Nominal to 0 in 10s	Nominal to 0 in 10s		NR
Changing temperature	Normal operation	± 2 % short time	± 2 % short time	± 2 % short time		± 2 % short time
	No failure to danger	(0 to 50) °C	(0 to 50) °C	(0 to 50) °C		(5 to 40) °C
Humidity	Normal operation	(0 to 50) °C at 0,3 °C/min	(0 to 50) °C at 0,3 °C/min	(0 to 50) °C at 0,3 °C/min		0,8 °C/min
	No failure to danger	95 % non-condensing	95 % non-condensing	95 % non-condensing		IEC 60068-2-3 test
		95 % at (0 to 50) °C	95 % at (0 to 50) °C	95 % at (0 to 50) °C		NR

Environmental consideration	Protective device						Pressure sensitive mats and floors
	AOPD		AOPDDR	PIPD	Pressure sensitive mats and floors		
Product standard	IEC 61496-2 Type 4	IEC 61496-2 Type 2	IEC 61496-3 Type 3	NONE	ISO 13856-1		
Vibration	Normal operation	(10 to 55) Hz at 1 octave/min 0,35 amplitude	(10 to 55) Hz at 1 octave/min 0,35 amplitude	(10 to 55) Hz at 1 octave/min 0,35 amplitude	(10 to 55) Hz at 1 octave/min 0,35 amplitude	(10 to 55) Hz at 1 octave/min 0,15 mm amplitude (control unit only)	
Bump	No failure to danger	NA	NA	NA	NR	NR	
Impact	Normal operation	10 g at 16 ms pulse	10 g at 16 ms pulse	10 g at 16 ms pulse	10 g at 16 ms pulse	NR	
Ingress protection	No failure to danger	NA	NA	NR	NR	NR	
Contaminants (fallen) for example fluids, corrosives, debris, etc.	Normal operation	NR	1,0 J energy	NR	NR	NR	
Airborne particles for example dust, oil mist, steam, smoke, rain, snow	No failure to danger	NR	2,0 J energy	NR	NR	NR	
Background changes	Normal operation	IP54	IP65	IP54	IP54	IP54	
Distance to reflective surfaces	Minimum	IP20	IP65	IP20	IP20	IP54	
Misalignment	Normal operation	NA	30 % signal attenuation	NR	NR	NR	
	No failure to danger	NA	NR	NR	30 % signal attenuation	NR	
	Normal operation	NR	18 % to 22 % signal attenuation	NR	NR	NA	
	No failure to danger	NA	NR	30 % signal attenuation	30 % signal attenuation	NA	
	Normal operation	NA	NR	60 °C object at 0,9 emissivity outside detection zone	60 °C object at 0,9 emissivity outside detection zone	NA	
	No failure to danger	NA	NR	60 °C object at 0,9 emissivity inside detection zone	60 °C object at 0,9 emissivity inside detection zone	NA	
	No optical bypass	<3 m range, 131 mm	<3 m range, 262 mm	No reflective surfaces in the detection zone	No reflective surfaces in the detection zone	NA	
	Normal operation	>3 m range, range x tan2,5°	>3 m range, range x tan5°				
	No failure to danger	NA	NA	NR	NR	NA	
	No failure to danger	>2,5°	>5°	NR	NR	NA	

Environmental Consideration	Protective Device					
	AOPD	AOPDDR	PIPD	Pressure sensitive mats and floors		
Product standard	IEC 61496-2 Type 4	IEC 61496-2 Type 3	NONE Type 2	ISO 13856-1		
DC light, for example sunlights, head lamps, halogen lamps	Normal operation 600 lux 3 000 lux	600 lux 3 000 lux	600 lux 3 000 lux	NA NA		
Fluorescent light, for example overhead lights, machine lights	Normal operation No failure to danger	1 500 lux NR	1 500 lux NR	NA NA		
Stroboscopic light	Normal operation No failure to danger	NR 2 000 lux, 5 to 200 Hz	NR 40 lux, (5 to 200) Hz	NA NA		
Flashing beacons	Normal operation No failure to danger	(3 to 5) J, 0,5 to 2 Hz NR	NR NR	NA NA		
Emitter of same design for example other like devices	Normal operation No failure to danger	NR Pass or fail	NR Pass or fail	NA NA		
Remote controls, for example overhead cranes, robots	Normal operation No failure to danger	NR NR	NR NR	NA NA		
Other, for example photoelectric light, lasers, microwave, ultrasonics	Normal operation No failure to danger	NR NR	NR NR	NA NA		
Maximum radiation intensity of ESPE	< Class 1 laser a)	< Class 1 laser a)	< Class 1 laser a)	NA		

NR – No Requirements in product standards. Users of this specification should satisfy themselves as to the suitability of the product, for example by studying the manufacturer's specification.

NA – Not Applicable for the technology used.

a) Use of Class 2 devices is under consideration in IEC 61496.

Annex C (informative)

Application examples

C.1 Protective equipment used as a trip device

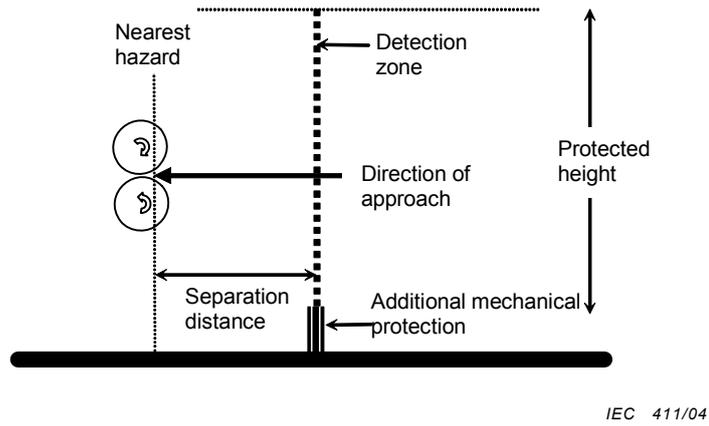


Figure C.1 – Protective equipment used as a trip device

Figure C.1 gives an example of the use of protective equipment as a trip device. In this example the detection zone is normal to the direction of approach.

Additional mechanical protection and height of detection zone maintain safety by preventing encroachment.

C.2 Use of protective equipment as a combined trip and presence sensing device

C.2.1 Example 1

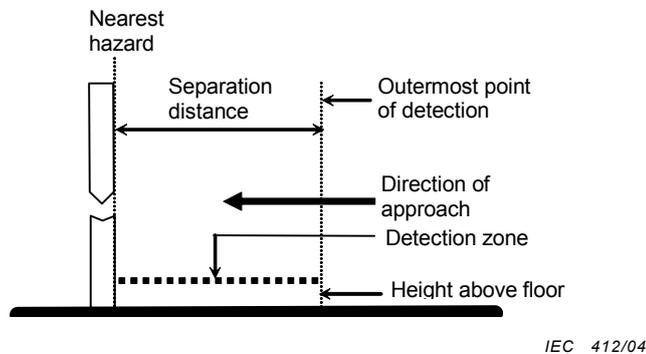


Figure C.2 – Protective equipment used as combined trip and presence sensing device

Figure C.2 gives an example of the use of protective equipment as a combined trip and presence sensing device. In this example the detection zone is parallel to the direction of approach.

The detection capability required depends on the height of the detection zone above the floor.

Additional means to ensure safety can be required around the sides of the detection zone.

C.2.2 Example 2

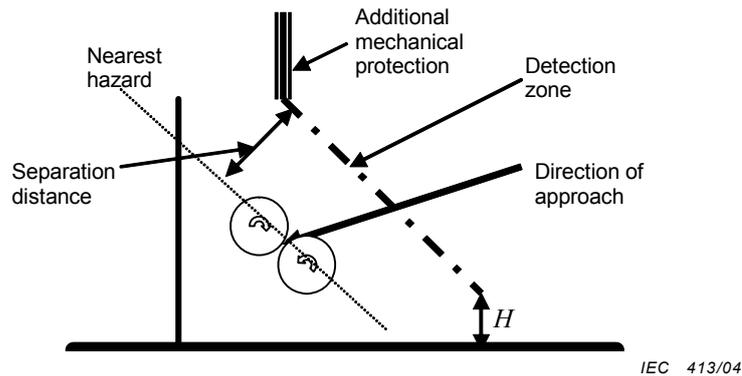


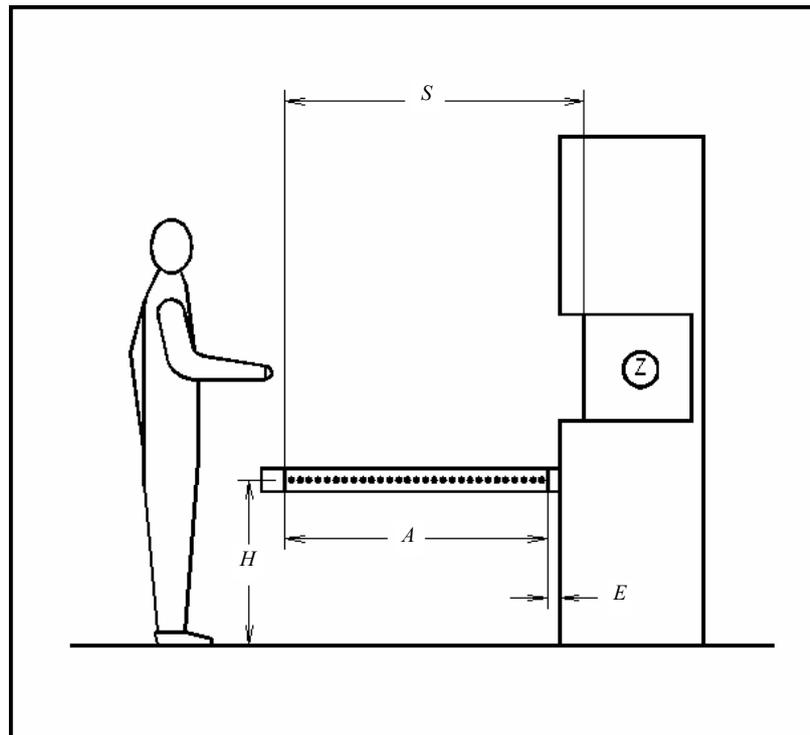
Figure C.3 – Protective equipment used as a combined trip and presence sensing device

Figure C.3 gives an example of the use of protective equipment as a combined trip and presence sensing device. In this example the angle of approach is greater than 30° to detection zone.

If H is 300 mm or greater, then additional mechanical protection will be needed to prevent reaching under the detection zone.

The dimension of the detection zone shall be such that it is not possible to reach the hazardous zone from the top, or additional mechanical protection shall be used.

C.2.3 Example 3; horizontal AOPD



IEC 414/04

Figure C.4 – Horizontal AOPD

Figure C.4 gives an example of a machine protected with an AOPD (light curtain) used as a combined trip and presence sensing device. The detection zone is parallel to the direction of approach. The detection capability d required depends on the height H of the detection zone above the floor (see 4.4.2.3).

$$d \leq H/15 + 50$$

where:

S is the separation distance (see 4.4.2.1);

A is the length of the detection zone;

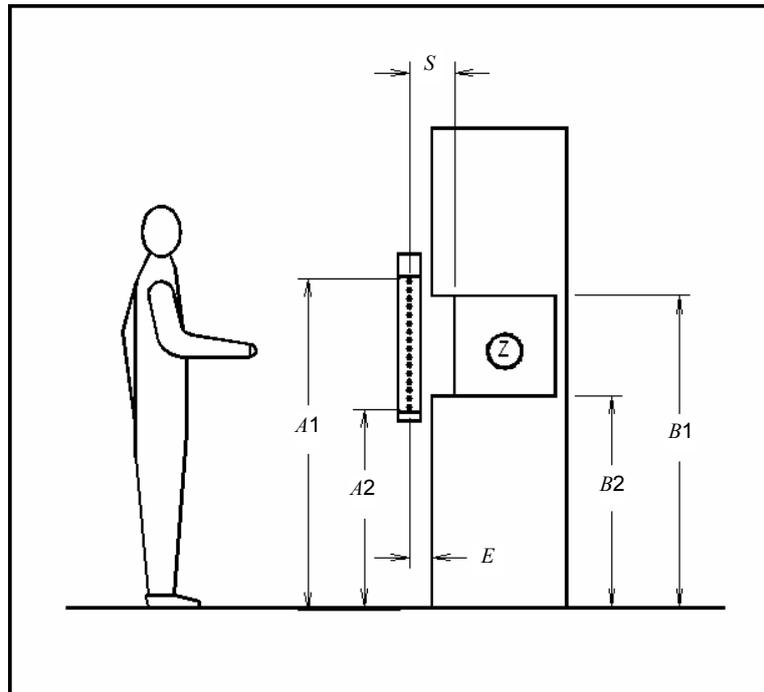
E is the distance from the detection zone to the mechanical guard or the machine body. This distance should be sufficiently small to prevent reaching through the gap, or standing between the detection zone and the hazardous zone, and can be specified in machine standards ("C" standards).

$$E \leq d$$

Depending on the height of the detection zone from the floor (H), it can be necessary to select an AOPD with a detection capability sufficient to prevent reaching through the detection zone from underneath. This can require the use of the upper limb formula from ISO 13855 (see Note 3 of 4.4.2.3).

Additional mechanical protection can be required to prevent reaching around the detection zone.

C.2.4 Example 4; vertical AOPD



IEC 415/04

Figure C.5 – Vertical AOPD

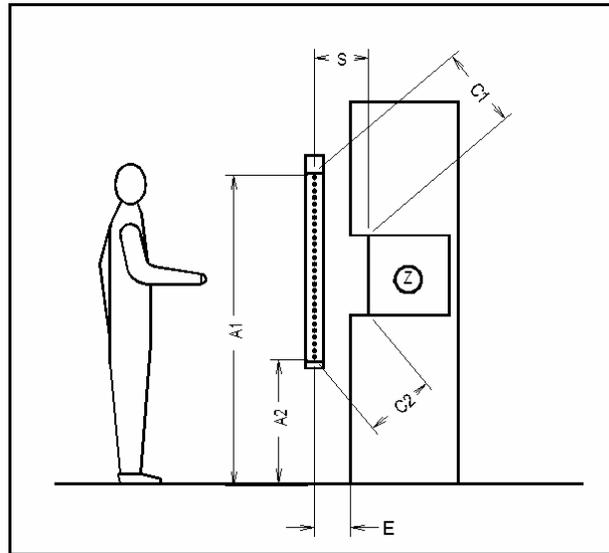
Figure C.5 gives an example of a machine protected with an AOPD (light curtain) used as combined trip and presence sensing device. The detection zone is normal to the direction of approach.

- S is the separation distance (see 4.4.2.1);
- $A1 - A2$ is the height of the detection zone;
- $B1 - B2$ is the height of the hazardous zone;
- E is the distance from the detection zone to the mechanical guard or the machine body.

In this example, E is sufficiently small to prevent reaching under or over the detection zone or standing between the detection zone and the hazardous zone, and can be specified in machine standards ("C" standards).

When E cannot be sufficiently small, (for example because S is too great) it is necessary to use an AOPD with a greater height or additional measures to prevent reaching over or under the detection zone, or standing between the detection zone and the machine.

C.2.5 Example 5



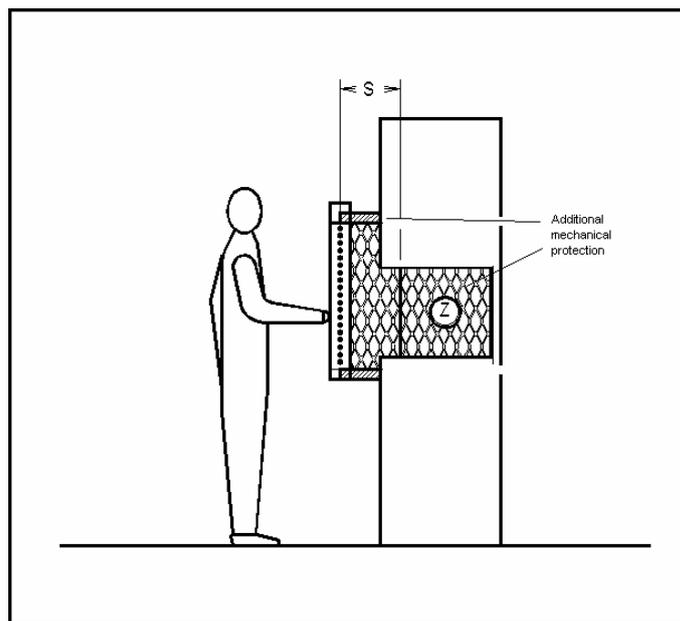
IEC 416/04

Figure C.6 – Increased separation distance

Figure C.6 gives an example of a machine in which S is greater than in Figure C.5 and therefore E has increased. The height of the detection zone has been increased so that $C1$ and $C2$ are sufficient to prevent reaching over or under the detection zone (see ISO 13852).

Where E is sufficient to allow a person to stand between the detection zone and the machine, additional measures such as a pressure-sensitive mat, mechanical obstacles (see Figure C.7), or an additional horizontal AOPD (see Figure C.4) can be used depending on the risk assessment.

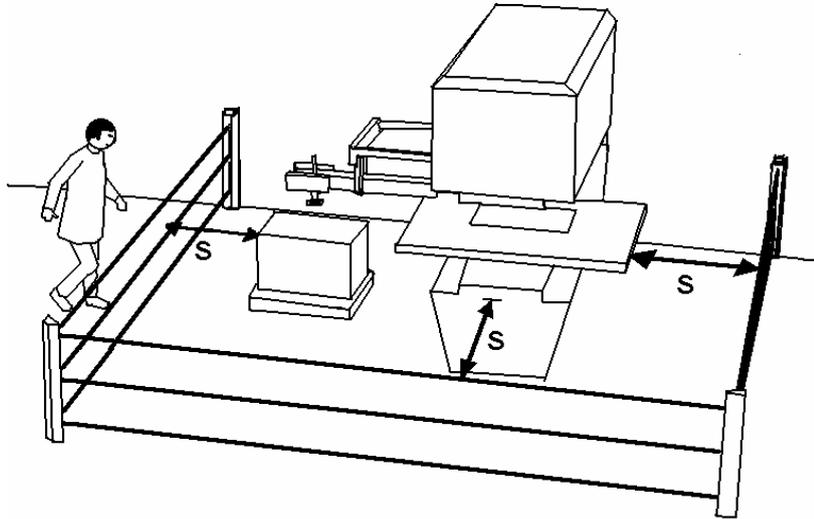
Additional protective measures (for example mechanical protection) can be required to prevent reaching around the detection zone (see Figure C.7).



IEC 417/04

Figure C.7 – Additional mechanical protection

C.3 Perimeter guarding



IEC 418/04

Figure C.8 – Use of a trip device

The example shown in Figure C.8 uses a multiple-beam light beam device as a trip device. A restart interlock which is reset by a deliberate human action is required, located outside the hazardous zone. Additional measures can be necessary when it is not possible to locate the reset actuator in such a position that the entire hazardous zone is visible.

The separation distance calculation takes into account the furthest extent of hazardous movement of the machine and the stopping performance of different parts of the machine.

Annex D (informative)

Protective devices for the detection of the position of a person

D.1 General

This Technical Specification covers:

- Electro-Sensitive Protective Equipment (ESPE);
 - Active Optoelectronic Protective Devices (AOPD);
 - Active Optoelectronic Protective Devices responsive to Diffuse Reflection (AOPDDR);
 - Passive Infrared Protective Devices (PIPD);
- Pressure Sensitive Protective Equipment (PSPD);
 - pressure sensitive mats.

Other measures can offer similar safeguarding functions to ESPEs. These can for example:

- detect the opening of an interlocked guard;
- detect a person or obstruction touching a pressure sensitive bumper, for example on an automatically guided vehicle;
- detect that a person is at a certain position (for example when a person is using a fixed hold-to-run control or an enabling device).

Most of the safety principles described in this specification can also be used when designing or selecting these other protective measures, which are briefly described in this Annex.

D.2 Interlocking guard (see ISO 12100-1 and ISO 14119)

Interlocking guards can be used to provide a trip function, for example in perimeter guarding. When it is not possible for a person to pass through the interlocking guard and reclose the guard, that is, it stays open during the person's intervention with the machine, it can function as a combined trip and presence sensing device.

An interlocking guard is a mechanical obstacle and therefore gives some protection even when the interlocking means has failed, as long as the guard is kept closed. It also gives protection against, for example, ejection of materials.

The necessary separation distance from the door to the nearest hazard is difficult to calculate. The opening time of the guard, after the interlock has been actuated (and has generated a stop signal), should be estimated and included in the stopping time (see 4.4.2.2). The necessary separation distance from the door to the nearest hazard depends on the distance the door can be opened before the stop signal is generated (determines the encroachment factor in the formula) and the time it takes to open the guard so much that reaching to the hazard is possible.

In order to reduce the necessary separation distance, an interlocking guard with guard locking can be provided, so that the state of the process and the movement of the machine elements are monitored and the guard can be opened only when the machine has reached a non-hazardous condition. Guard locking can be achieved by using limit switches with integral locking solenoids that release the guard when actuated. The mechanical strength of the

locking means should be adequate for the application under all conditions including foreseeable misuse.

D.3 Moving plate or bar as a trip device

Moving (for example hinged) plates or bars combined with an interlocking device (for example limit switches) can provide a combined trip and presence sensing function.

For example, a moving bar can be used on cylinders with in-running nips, so that the bar is deflected when a person's hands get too near the hazardous zone. While the hands are in the hazardous zone, the protective device stays actuated and the presence of the person (or the hand of a person) is detected.

More information is given in ISO 13856-2 (bars) and ISO 13856-3 (plates).

D.4 Pressure sensitive edges or bumpers on mobile machines or on moving parts of the machine

Pressure sensitive edges or bumpers on mobile machines or on moving parts of the machine can provide a combined trip and presence sensing function. When sufficient force is applied, a stop signal is generated (trip function). While the pressure sensitive protective device stays actuated (person is in the hazardous zone), the presence is detected and the stop signal is maintained.

Common applications are pressure sensitive edges on power operated closing doors and pressure sensitive bumpers on automatic vehicles (automatically guided vehicles, transfer cars, etc.).

The stopping performance and the positioning of these protective devices need careful consideration. Further information is given in ISO 13856-2 and ISO 13856-3.

D.5 Devices which detect a person in a certain position

D.5.1 General

Several different kinds of devices are used to allow the operation of the machine only when the operator is in a certain position (when the presence of the operator in that position is detected). These devices can be considered to be combined trip and presence sensing devices, as they generate a stop signal (trip) as soon as the device is released (presence is no longer detected).

With these devices, the presence of only one person (the operator) is detected. The safety of other persons depends on the operator. When using these devices it should be ensured that the visibility of the whole hazardous zone is good, the speeds of the machine slow and the stopping time short so that the operator has the possibility to notice other persons approaching the hazardous zone and to react and stop the machine before any harm is done to the person. In addition, care should be taken to avoid manipulation, for example by using a weight.

D.5.2 Position monitoring

Position monitoring devices allow the operation of the machine only when the device is actuated, but does not provide a start function. Examples are:

- Presence in the operator's position on a mobile machine.

The machine can be moved and the tools can be used only when the operator is sitting on the seat of the machine. The presence can be detected for example by a limit switch which detects the position of the seat when occupied.

Pressure sensitive plates (or a pressure sensitive mat or a foot operated switch) on the floor of a forklift truck are used when the truck is intended to be operated by a standing person. The presence of the operator in the correct position is required to prevent the operator steering the truck while walking beside the vehicle.

- Fixed enabling devices (see 9.2.6.3 and 10.9 of IEC 60204-1:2005).
- Dead man's switch.

A dead man's switch can be used where it is necessary to make sure that the operator is not only present in a certain place, but also alive and awake.

Some devices of this type need active actuation with a certain frequency (for example every 2 min). If an actuation is not received within a specified time, then a stop signal is generated.

D.5.3 Hold-to-run control device

Hold-to-run control devices are used to start and to maintain the operation only when the operator is actually actuating the device (usually a push button, a lever or a foot pedal).

The separation distance from the device to the hazardous zone can be estimated using the formula in 4.4.2.1, with $C = 2\ 000$ mm.

A two-hand control device can be used to protect the operator. Additional safeguards will be needed if other persons can be exposed to the hazard.

When two-hand control devices are used, C in the formula can be 250 mm.

Annex E (informative)

Additional recommendations for the application of AOPDDRs

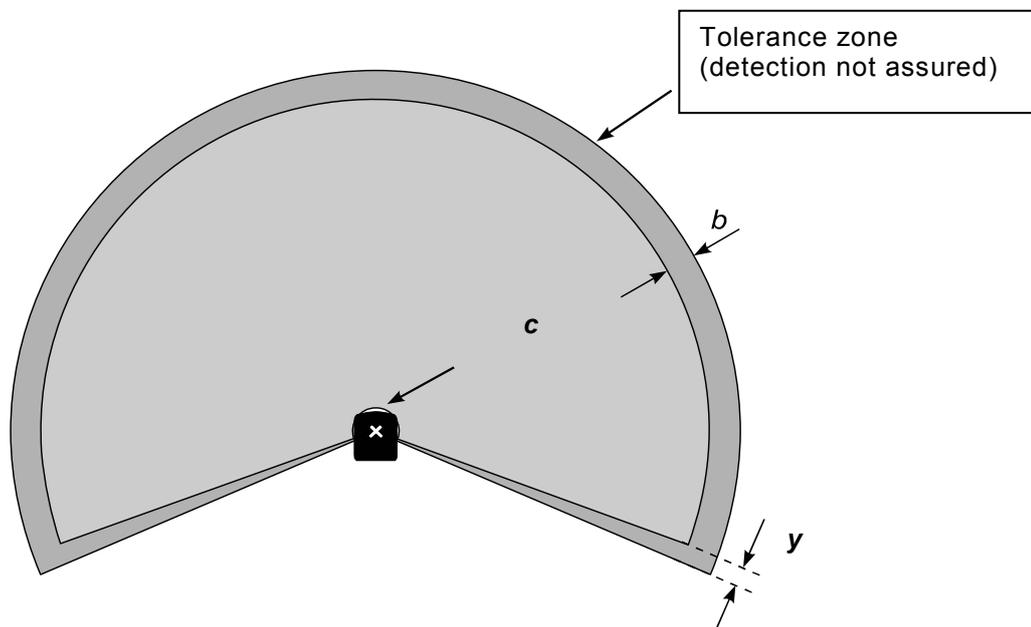
E.1 General

NOTE The figures in this Annex are illustrative, and are not to scale.

When using an AOPDDR the following points should be taken into account:

- a) A check should be made as to whether the AOPDDR is an appropriate protective device for the application, taking into account existing machinery standards. AOPDDRs as defined in IEC 61496-3 are not suitable for finger protection.
- b) The AOPDDR accompanying documents should be checked as to whether the application requirements can be fulfilled (see 6.2).
- c) The minimum separation distance should be calculated in accordance with the examples given in this annex and the AOPDDR accompanying documents.
- d) The final installation should be checked to ascertain that access to a hazardous zone without detection by the AOPDDR is not possible.

The following Figure E.1 gives an overview of the position of the maximum detection zone and its relationship with the tolerance zone. For further information on how to configure the detection zone, see the instruction manual of the AOPDDR.



Key

b is the zone with limited detection capability (detection not assured). The value of *b* is related to the distance measurement accuracy of the device.

c is the detection zone within which the specified test piece(s) is detected by the AOPDDR with a required minimum probability of detection.

The dimension of the tolerance zone can vary with the diameter of the test piece and the beam position (see Figure E.1, "*y*").

The detection zone origin is shown in Figure E.1 by a cross.

Figure E.1 – Example of the use of an AOPDDR on machinery

E.2 Example of the use of an AOPDDR on machinery

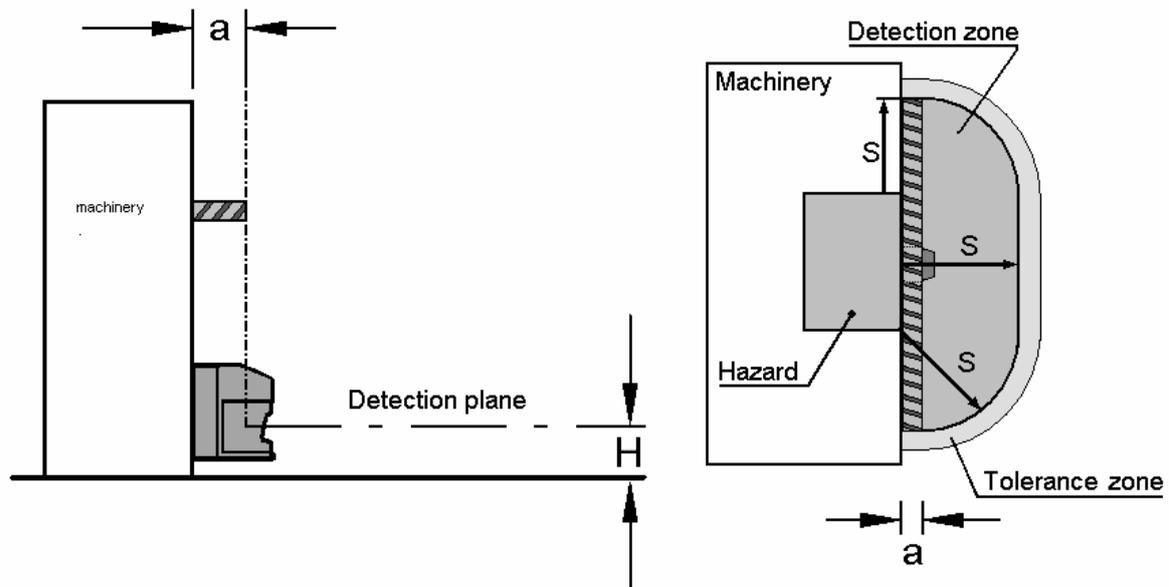


Figure E.2 – Example of the use of an AOPDDR on machinery

Calculation of the minimum separation distance S should be in accordance with 6.2 of ISO 13855, using the following formula:

$$S = (K \times T) + C \quad C_{\min} = 850 \text{ mm}$$

$$S = (1\,600 \text{ mm/s} \times T) + (1\,200 \text{ mm} - 0,4 H) \quad H_{\min} = 15 (d - 50 \text{ mm})$$

$$T = T_{\text{AOPDDR}} + T_{\text{MACHINE}}$$

When configuring the detection zone, the value of the tolerance zone should be added to the safety distance S .

The value of a should be small enough to ensure that a person cannot approach the hazardous zone or stay between the hazardous zone and the detection zone without being detected. This can require the provision of additional mechanical protection.

The diameter of the test piece should be in accordance with the formula $d = H/15 + 50 \text{ mm}$ (see formula 8 of 6.2 of ISO 13855).

E.3 Example of the use of an AOPDDR on an automatic guided vehicle (AGV)

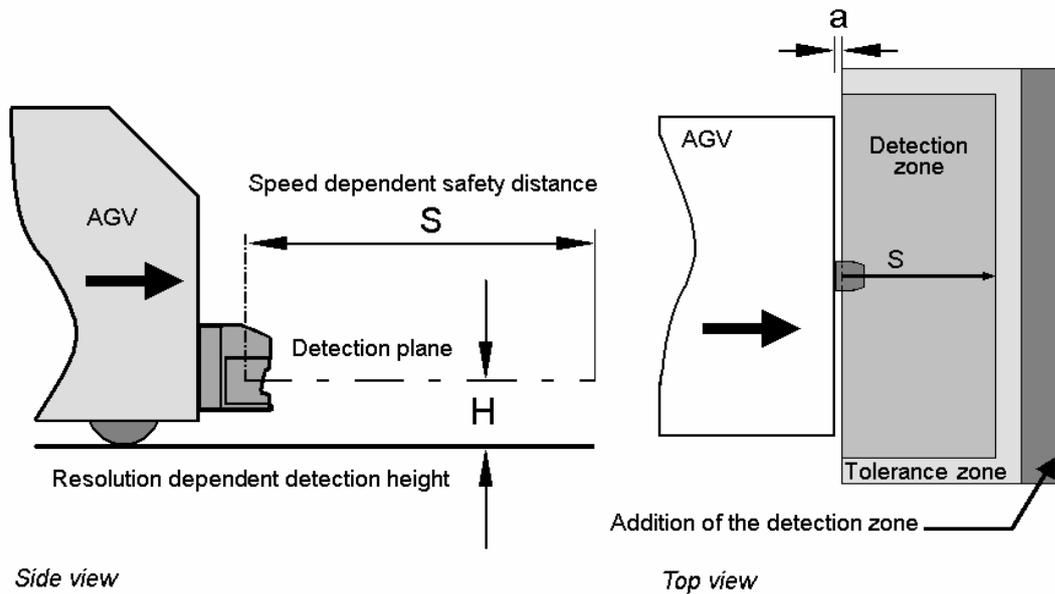


Figure E.3 – Example of the use of an AOPDDR on an AGV

The determination of the minimum separation distance S should take into account, for example, the maximum speed of the AGV, the AOPDDR response time and the braking distance of the AGV.

The use of an AOPDDR as a protection device for AGVs may require an addition to the detection zone. The value of this addition should be determined by taking into account, for example, any overhang of parts of the AGV, the load, or the AOPDDR, the speed of movement of a person or reduced efficiency of the brakes. When setting the detection zone, the values of the tolerance zone and the required addition to the detection zone should be added to the safety distance S .

The height of the detection plane, H , should be as near as possible to the floor and not higher than 200 mm (see H figure E.3 and EN 1525).

If it is possible for a person to stand between the front of the AGV and the detection zone (i.e. a in figure E.3 is greater than 50 mm), when the AGV is at rest, then other safety measures should be provided to prevent injury when the AGV starts.

E.4 AOPDDR used for the detection of the body or parts of a body with normal approach

E.4.1 Detection of a whole body

AOPDDRs intended for use as a whole-body trip device with normal approach shall have a stated detection capability not exceeding 200 mm. If the reference boundary is the edge of the safeguarded aperture as shown in Figure E.4, the tolerance zone should not exceed 100 mm. If the tolerance zone exceeds 100 mm this part exceeding 100 mm shall be protected by other means, for example fixed guarding, see also Figure E.5.

The stated detection capability shall be in the range from 30 mm to 70 mm. If the reference boundary is the edge of the safeguarded aperture as shown in figure E.6, the tolerance zone should not exceed the stated detection capability (see also dimension a). If the tolerance zone exceeds the stated detection capability this part exceeding the stated detection capability shall be protected by other means, for example fixed guarding, see also Figure E.7.

NOTE The purpose of these requirements is to ensure that a whole body cannot intrude undetected at the edge of the detection zone.

E.4.2 Detection of parts of the body

When the AOPDDR is intended for the detection of parts of a body in applications where the angle of the approach exceeds $\pm 30^\circ$ to the detection plane, the AOPDDR shall monitor a physical boundary (referred to as the "reference boundary"). Reference boundary monitoring requires a comparison of the reference distance and the distance measured by the AOPDDR. The reference distance is the distance between the AOPDDR and each point of the boundary (for example a wall) configured at the first installation. The stated detection capability shall be in the range from 30 mm to 70 mm. If the reference boundary is the edge of the safeguarded aperture as shown in figure E.6, the tolerance zone should not exceed half of the stated detection capability (see also dimension a). If the tolerance zone exceeds half of the stated detection capability this part exceeding the stated detection capability should be protected by other means, for example fixed guarding, see also Figure E.7.

NOTE The purpose of these requirements is to ensure that parts of a body cannot intrude undetected at the edge of the detection zone.

It shall be verified that is not possible to access the hazardous zone without being continuously present in the detection zone.

E.5 Examples of the use of an AOPDDR as a whole-body trip device

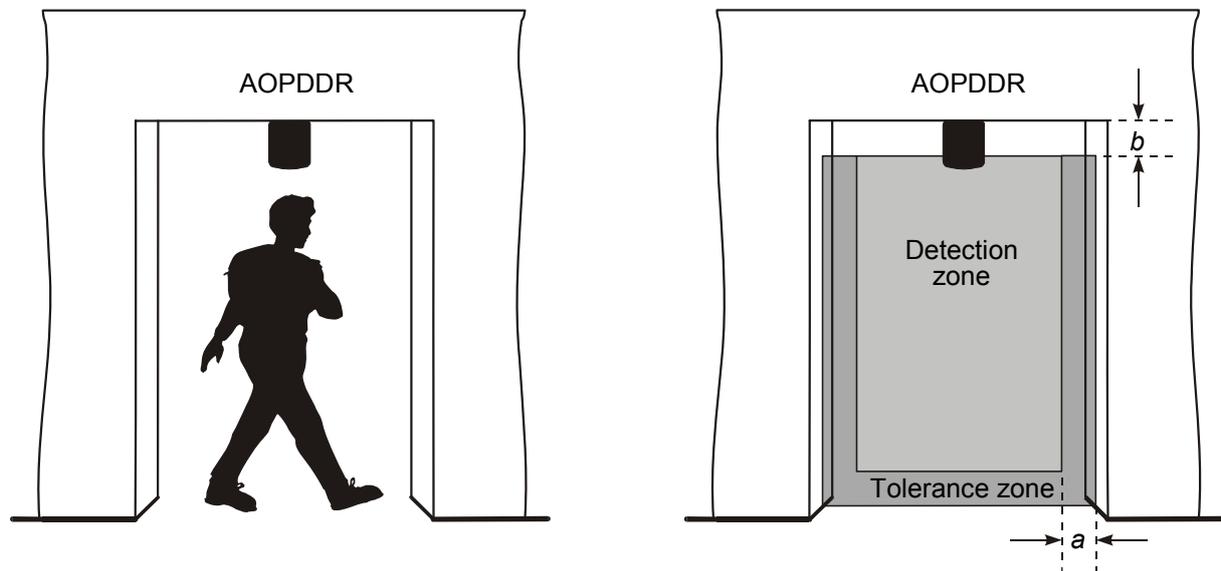


Figure E.4 – Use of an AOPDDR as a whole-body trip device – Example 1

Figure E.4 shows the use of an AOPDDR as a whole-body trip device where the reference boundary is the edge of the safeguarded aperture and the tolerance zone does not exceed 100 mm. Dimension *b* represents a zone that is not protected due to the physical installation, so safety shall be assured by other means, for example additional mechanical protection.

Dimension *a* represents the tolerance zone and is technology-dependent. Consult the manufacturer's instructions for use.

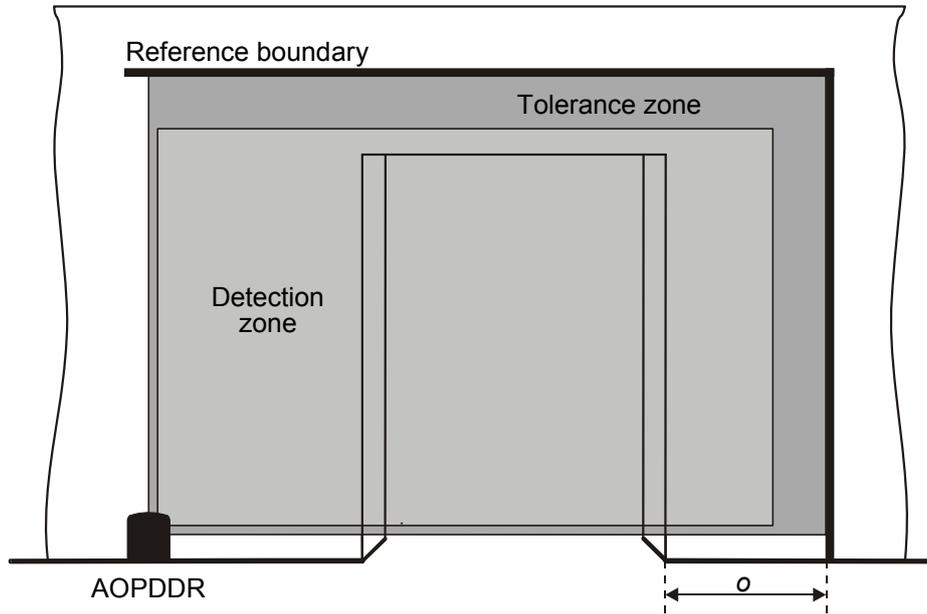


Figure E.5 – Use of an AOPDDR as a whole-body trip device – Example 2

Figure E.5 shows the use of an AOPDDR as a whole-body trip device where the reference boundary is beyond the edge of the safeguarded aperture within a physical barrier and the tolerance zone exceeds 100 mm.

If the tolerance zone exceeds 100 mm an overlap *o* as shown in figure E.5 is necessary. The dimension of *o* shall be calculated as follows:

$$o \geq (2 \times TZ) - d$$

where:

TZ is the value of the tolerance zone;

d is the stated detection capability ($d \leq 200$ mm).

E.6 Examples for the use of an AOPDDR as parts of a body trip device

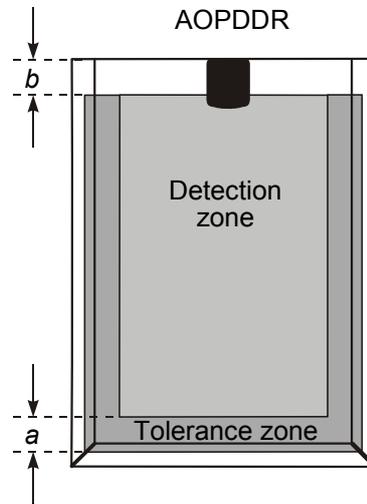


Figure E.6 – Use of an AOPDDR as parts of a body trip device – Example 1

Figure E.6 shows the use of an AOPDDR as parts of a body trip device where the reference boundary is the edge of the safeguarded aperture and the tolerance zone does not exceed half of the stated detection capability.

It is necessary that the value of a is not greater than half of the stated detection capability. Dimension b represents a zone in which there is no detection due to the physical aspect of the installation, so safety shall be assured by other means, for example additional mechanical protection.

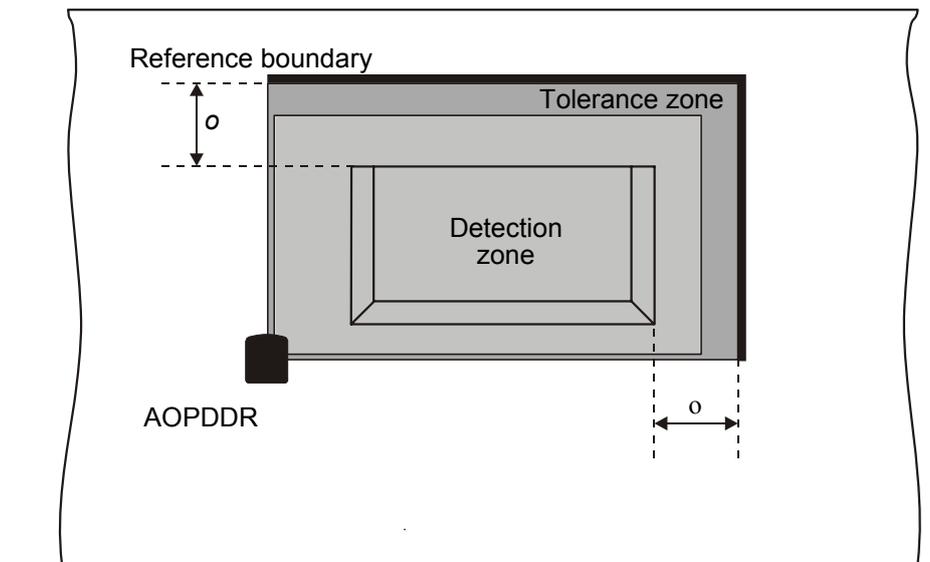


Figure E.7 – Use of an AOPDDR as parts of a body trip device – Example 2

Figure E.7 shows the use of an AOPDDR as parts of a body trip device where the reference boundary is beyond the edge of the safeguarded aperture within a physical barrier and the tolerance zone exceeds half of the stated detection zone.

If the tolerance zone exceeds half of the stated detection capability an overlap o as shown in figure E.7 is necessary. The dimension of o shall be calculated as follows:

$$o \geq (2 \times TZ) - d$$

where:

TZ is the value of the tolerance zone;

d is the stated detection capability ($30 \text{ mm} \leq d \leq 70 \text{ mm}$).

Annex F (informative)

Additional recommendations for the configuration of photoelectric muting sensors when used to allow access by materials

F.1 General

The following recommendations are based on the assumptions that:

- photoelectric sensors are used to initiate and terminate muting;
- the detection zone of the muting sensors is within 30° of the horizontal;
- the detection zone of the muting sensors is at a height suitable to detect a person's leg(s).

NOTE The figures in this Annex are illustrative, and are not to scale.

The following configurations of the number, type, arrangement and control of the sensors are considered in this Annex.

Two beams: T configuration (see Figure F.1) with timing control of the sensors (entry/exit).

L configuration (see Figure F.2) with timing control of the sensors (exit only).

Four beams: Parallel beams (see Figure F.3) with timing control of the sensors (entry/exit).

Parallel beams (see Figure F.3) with sequence control (entry/exit).

NOTE The principles of these recommendations can be applicable to other configurations.

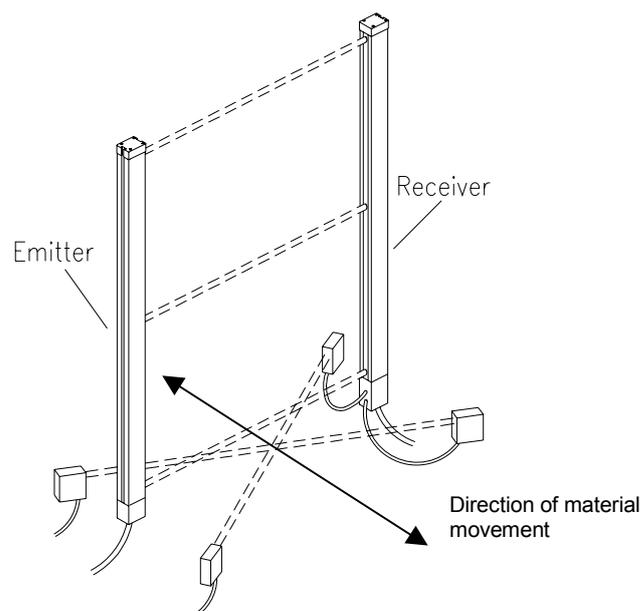


Figure F.1 – T configuration with timing control

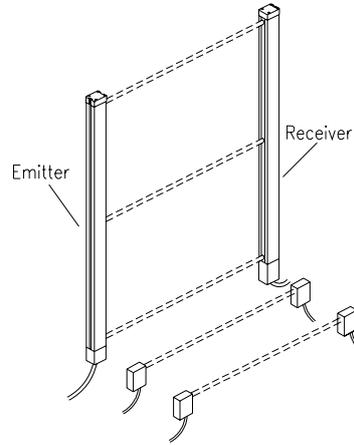


Figure F.2 – L configuration with timing control

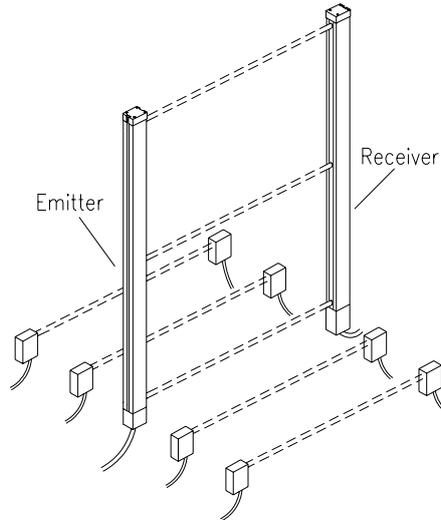


Figure F.3 – Parallel beams with timing or sequence control

F.2 Four beams

F.2.1 Four beams – Positioning of the sensors

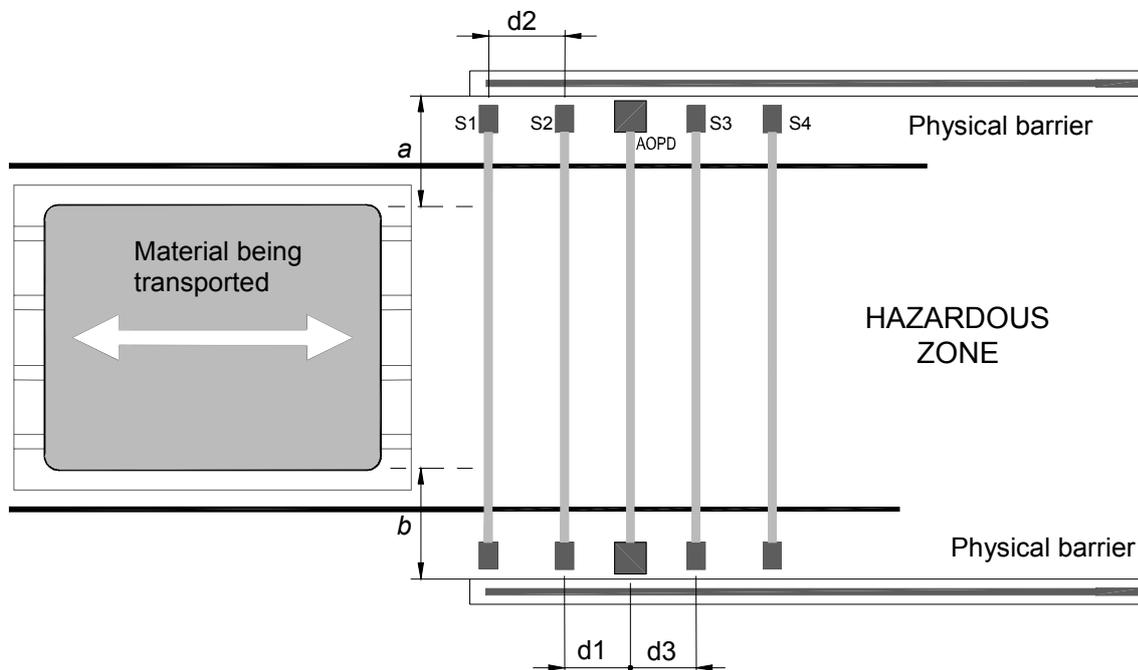


Figure F.4 – Four parallel beams with timing control

The arrangement shall be such that a person cannot pass through the opening towards the hazardous zone while the system is in the mute condition. For example, dimensions a and b should be such that a person cannot enter alongside the material being transported. Care should be taken to avoid crushing hazards between the moving material and the fixed parts of the installation.

The muting sensors should be installed sufficiently close to the ESPE that a person attempting to enter the hazardous zone by preceding or following immediately the pallet or the transport system is detected ($d1$ and $d3 < 200$ mm).

The distance $S3 - S4$ need not equal $d2$ (see Figure F.4).

The distance between $S1$ and $S4$ should be not less than 500 mm in order that a person's body cannot sustain the muting function. When this is not practicable, the 4 parallel beam configuration is not suitable. This can be verified by ensuring that a vertical cylindrical object with a diameter of 500 mm cannot sustain the muting function when moved in any part of the opening at any speed up to 1,6 m/s.

The distance between any 2 muting sensors should be sufficient so that they cannot be actuated simultaneously by a person's leg ($d2 > 250$ mm).

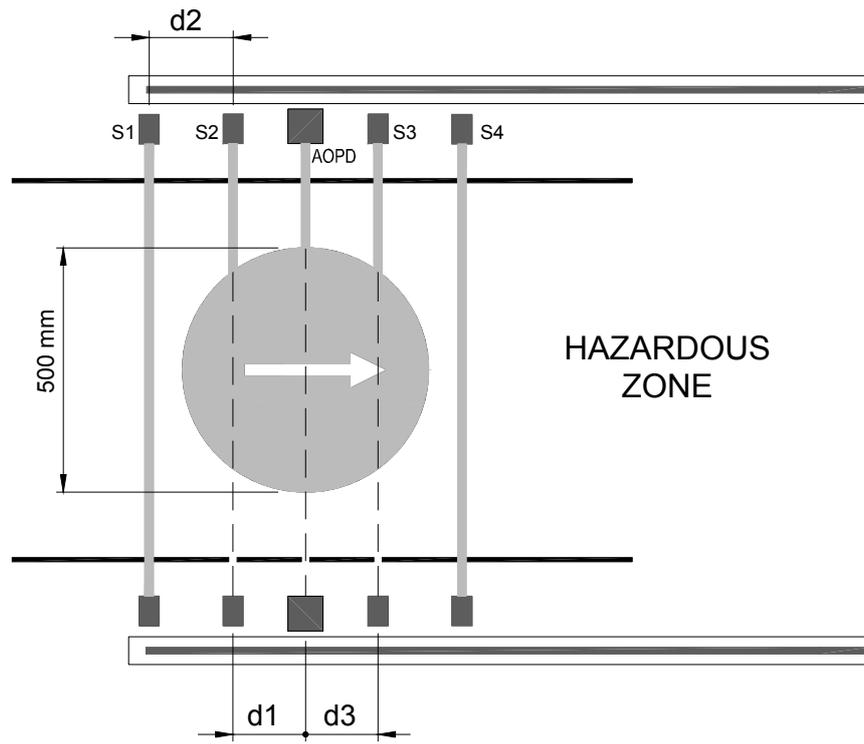


Figure F.5 – Positioning of the muting sensors to avoid muting by a person’s body (plan view)

The height of the muting sensors from the plane of the conveyor should be such as to detect the load being conveyed, but not the pallet or the transport unit. When this is impractical additional measures can be necessary to prevent people from entering the zone by climbing onto the pallet or the transport unit.

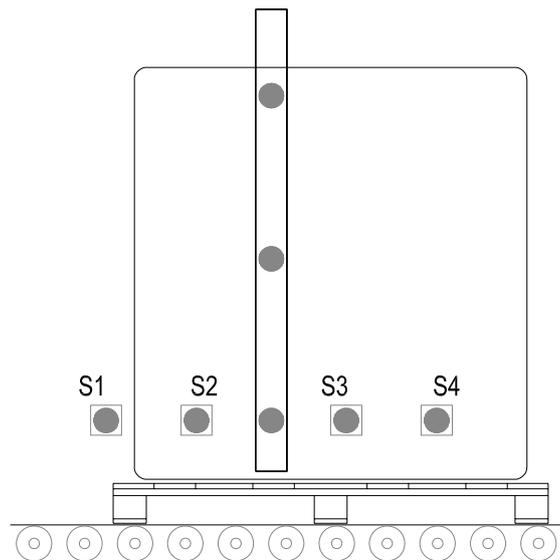


Figure F.6 – Positioning of the muting sensors (side view)

F.2.2 Four beams – timing control

The monitoring of the muting function is based on time limitation between the actuation of the sensors S1 and S2 and between the actuation of sensors S3 and S4. A maximum time limit of 4 s is recommended. The muting function is initiated by the two sensors S1, S2 and maintained by the two sensors S3, S4; this means that for a certain time all the four sensors are activated. The muting function is terminated when S3 or S4 is deactivated.

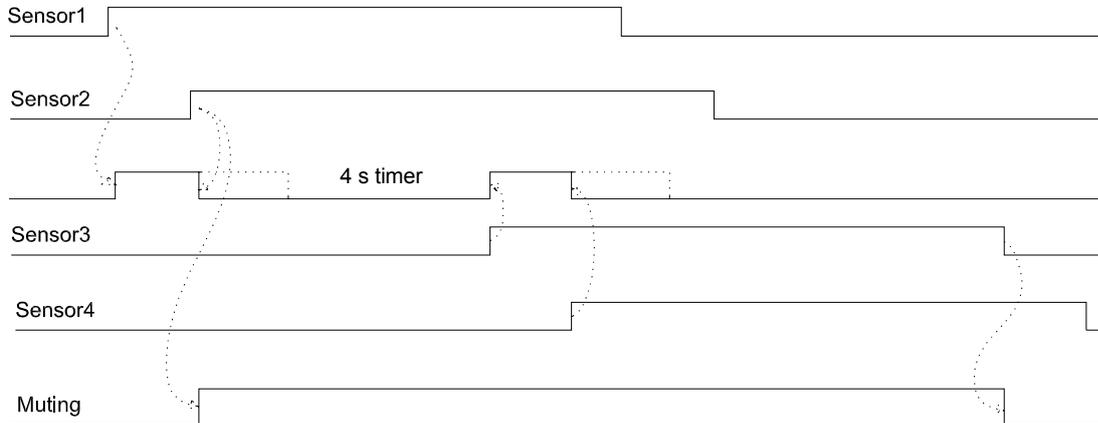


Figure F.7 – Timing diagram; four parallel beams with timing control

If the conveyor movement is reversed when the muting function is active, as soon as one of the sensors S1 or S2 is deactivated the muting function is disabled. The system can work in both directions (entry and exit).

Crossing the beams of the sensors S1 and S2, or S3 and S4 (see Figure F.8), is not recommended because the muting function can be enabled by any object that passes through the point where the light beams of the two sensors cross.

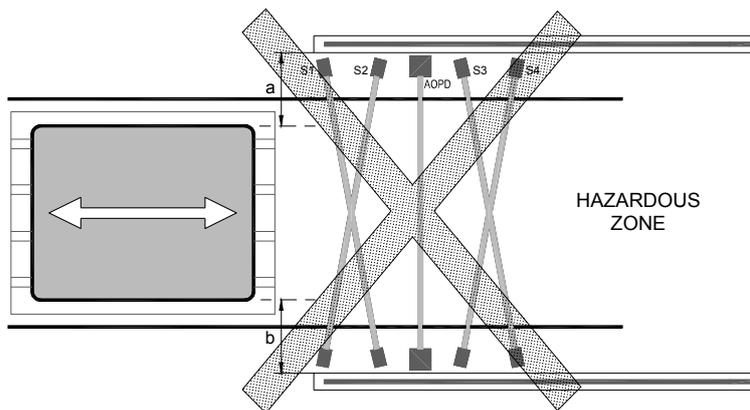


Figure F.8 – Four beams: Timing control and crossed beams (not recommended)

F.2.3 Four beams - sequence control

The positioning of the sensors is the same as the four beams assembly with timing control illustrated in Figure F.4. The initiation of the muting function depends on monitoring the correct sequence of activation of the muting sensors. See Figure F.9 and Table F.1. For example, in the muted condition, if S2 is deactivated before S3 is activated, muting is terminated.

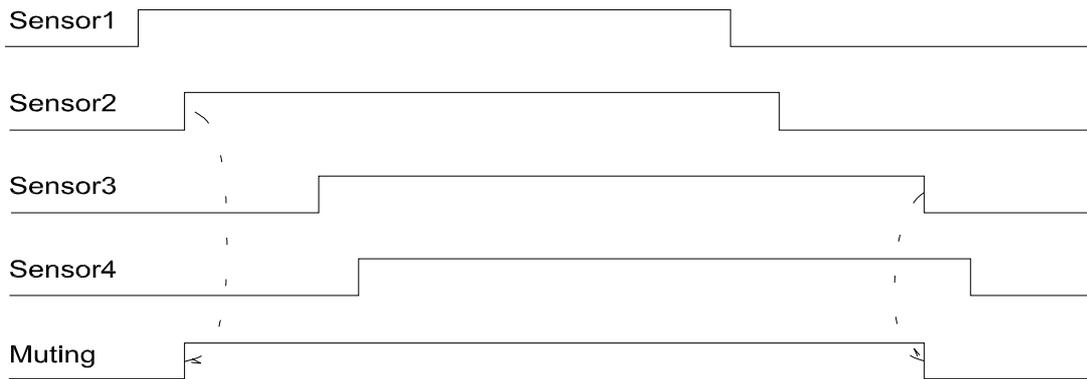


Figure F.9 - Timing diagram; four beams; sequence control

Table F.1 – Truth table, four beams; sequence control

SENSOR 1	SENSOR 2	SENSOR 3	SENSOR 4	ESPE STATUS
0	0	0	0	ACTIVE
1	0	0	0	ACTIVE
1	1	0	0	MUTED
1	1	1	0	MUTED
1	1	1	1	MUTED
0	1	1	1	MUTED
0	0	1	1	MUTED
0	0	0	1	ACTIVE
0	0	0	0	ACTIVE

Monitoring the interruption of the AOPD within the sequence can provide improved resistance to manipulation or bypassing.

F.2.4 Four beams with additional swinging doors

The openings between the pallet and the side mechanical protections shall be such that a person cannot pass undetected through these openings for all the time the pallet is crossing the gate.

To avoid the risk of crushing or shearing between the moving load and the fixed parts of the installation, a minimum gap of 500 mm is recommended

For pallets of various dimensions and when it is foreseen that the distances each side of the pallet (**a** and **b**) can be greater than 200mm, flexible swing doors, with a width of at least 500 mm and electrically monitored, can be required (see Figure F.10 and 5.5.3).

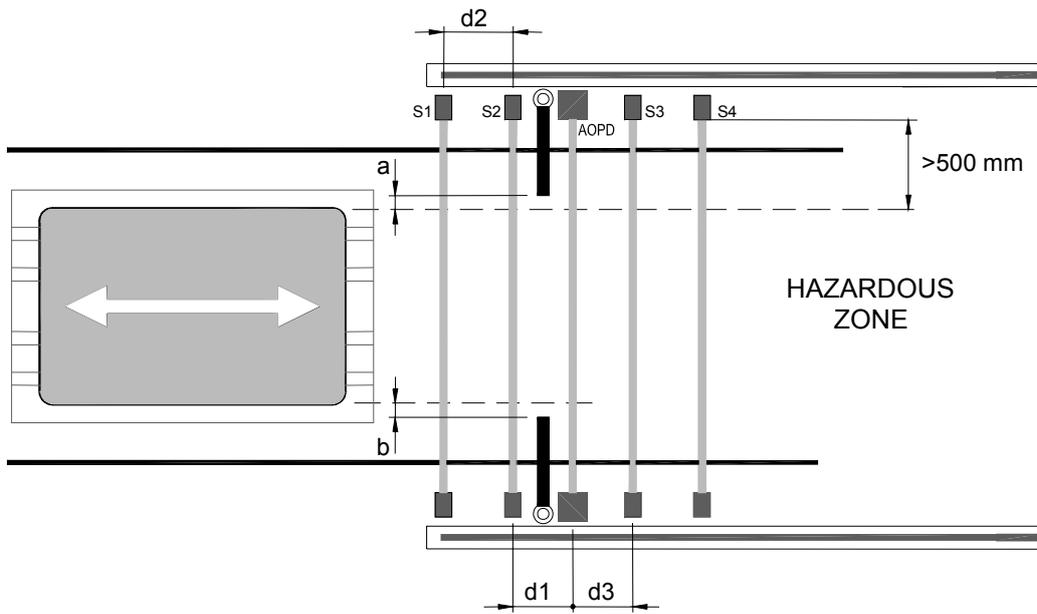


Figure F.10 – Four beams with additional swinging doors

F.2.5 Methods to avoid manipulation of the muting function

NOTE This is not an exhaustive list of methods to avoid manipulation.

A monitored limitation of the muting function to a predetermined time is recommended. Alternatively, use a muting enable command generated by the control system of the machine that will only enable the muting function when needed by the machine cycle. Figure F.11 illustrates initiation of a muting condition by activation of sensors 1 and 2 when the mute enable signal is present. Figure F.12 shows that the mute condition is not activated when the mute enable signal is not present.

In order to avoid manipulation of the muting function by, for example, using a piece of cardboard with the same length as the material being transported, it is recommended to use proximity muting sensors with background elimination and to install them on alternate sides of the transport system's track so that it is not possible to activate two consecutive sensors. See Figure F.13 and Figure F.14.

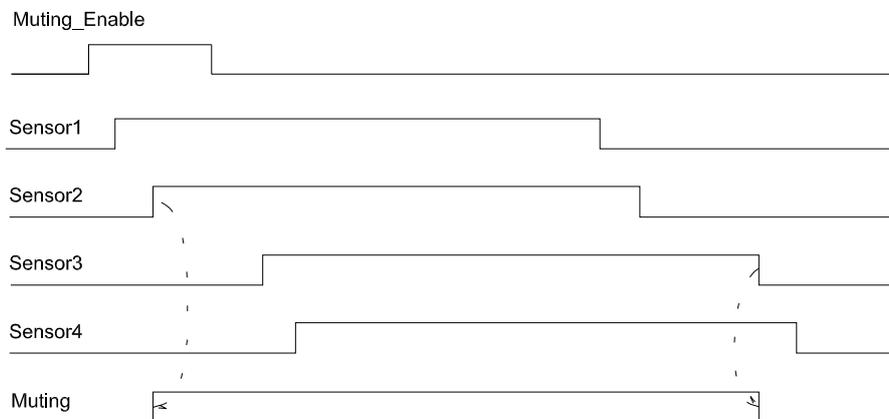


Figure F.11 – Timing diagram for mute enable signal (mute enable activated)

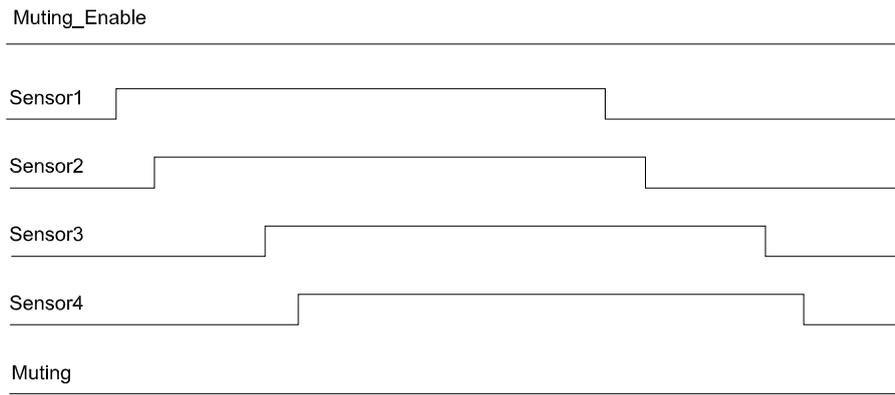


Figure F.12 – Timing diagram for mute enable signal (mute enable not activated)

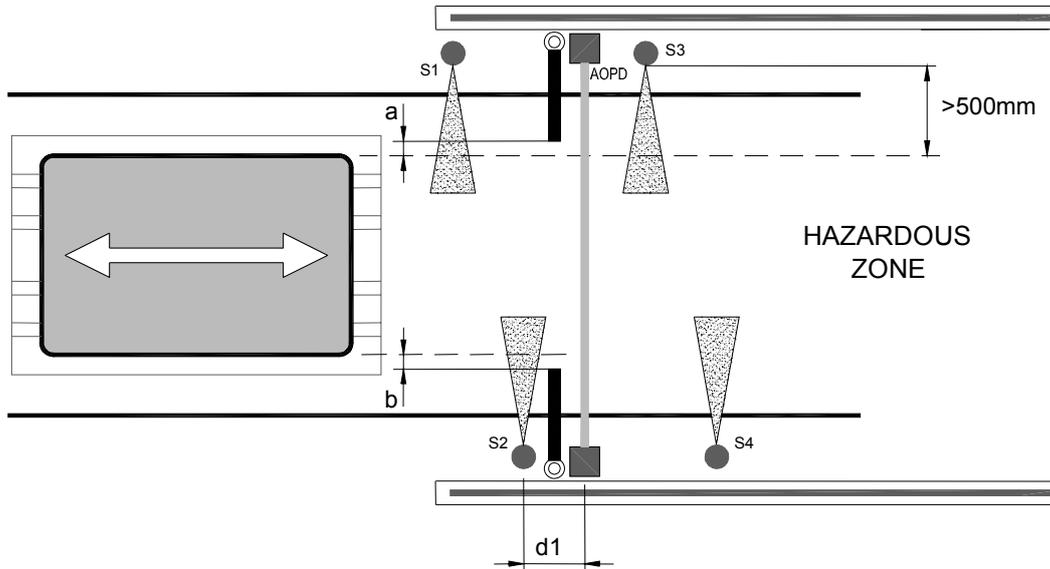


Figure F.13 – Avoidance of manipulation of the muting function (plan view)

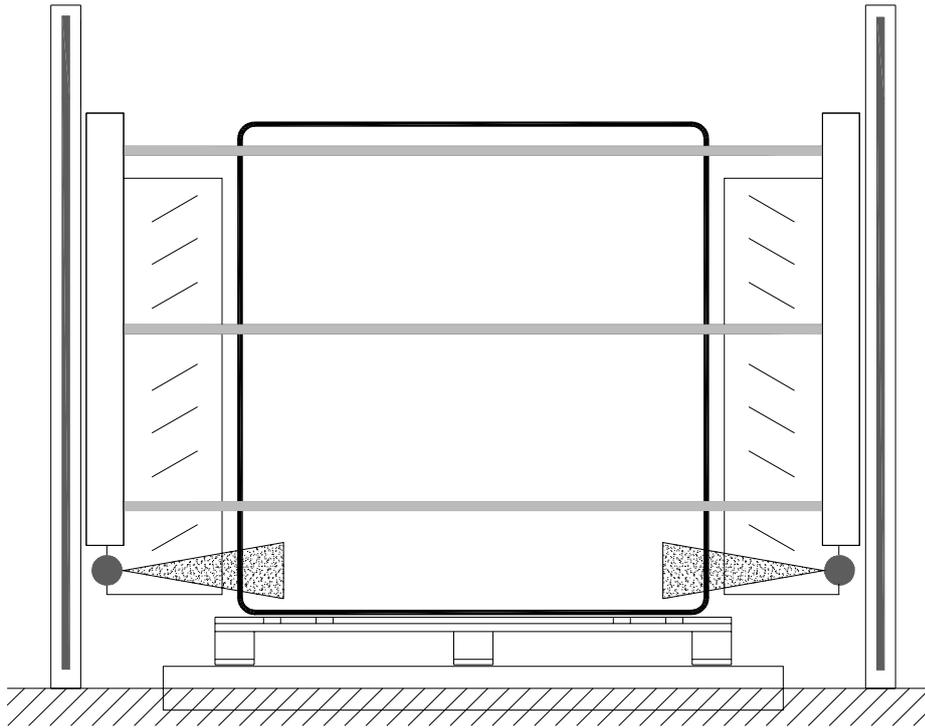


Figure F.14 – Avoidance of manipulation of the muting function (front view)

F.2.6 Connection of the sensors to a two input muting control

When the four sensors are connected to a two input muting control, see Figure F.15, a monitored timer that limits the muting function to a predetermined time is required in addition to the monitored timing between the actuation of the sensors S1 and S2 and between the actuation of sensors S3 and S4 (see F.2.4).

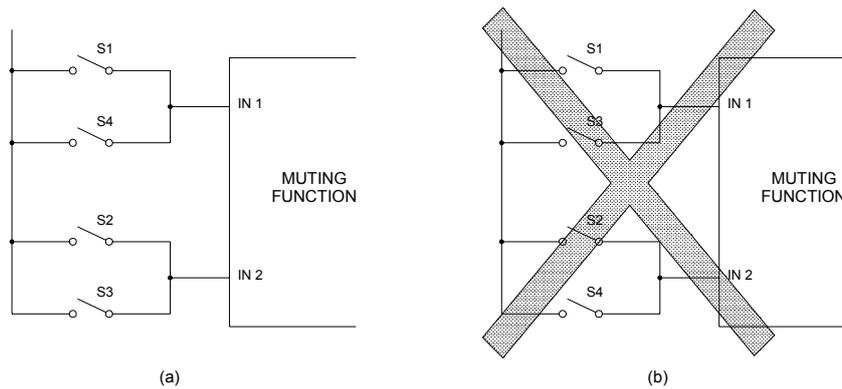


Figure F.15 – Connection of the muting sensors

Configuration (a) of Figure F.15 is preferred because it requires the actuation of all the sensors for a defined time. Configuration (b) should not be used because it will fail the verification in F.2 since S2 and S3 will be activated concurrently (see Figure F.5).

F.3 Two sensors – Crossed beams

F.3.1 Two sensors – positioning of the sensors

The crossing point of the two light beams should be situated behind the sensing field of the ESPE in the direction of the hazard as shown in Figure F.16. The distance d_5 measured between the optical axis of the ESPE and the intersection point of the two light beams of the muting sensors should be as short as practicable in order to avoid persons entering the hazardous zone without being detected by following immediately after the pallet or the transport system. It is recommended that distance $d_5 \leq 200$ mm.

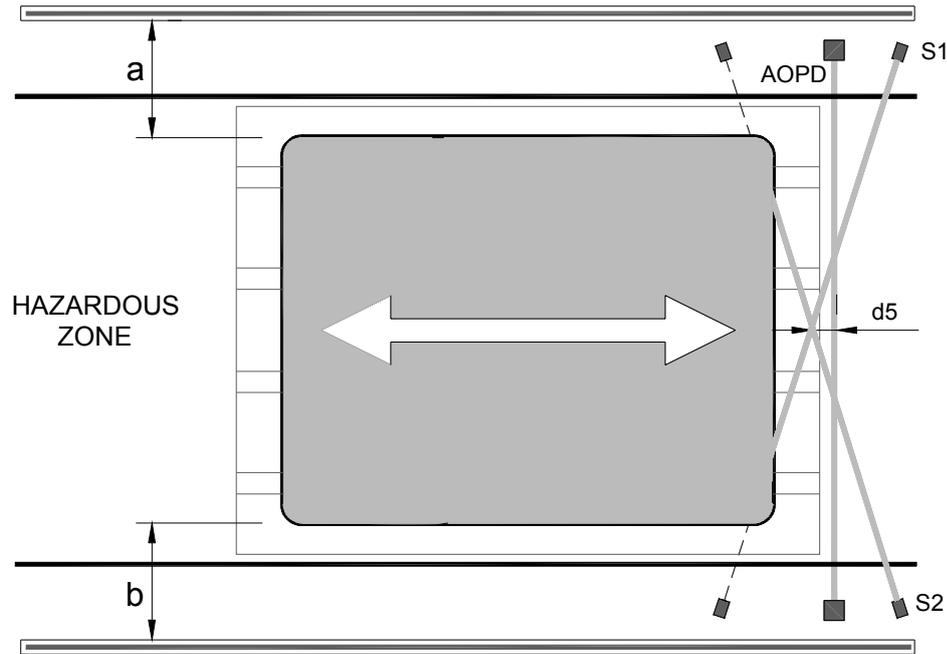
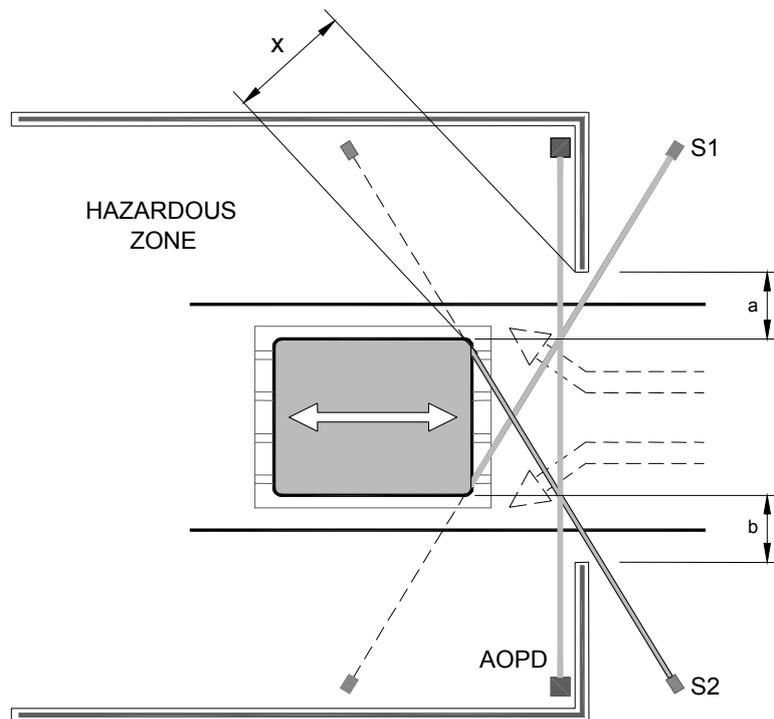


Figure F.16 – Two sensors – Crossed beams

The openings **a** and **b** between the edge of the fence and the edge of the pallet (in the position where muting is started to allow exit of material or in the position where muting is ended to allow entry of material) should be such that a person cannot pass undetected through these openings during the time the pallet is crossing the muting area.



**Figure F.17 – Two sensors – Crossed beams
(risk of entering the hazardous zone without detection when $x > 200$ mm)**

The opening between the edge of the fence and the edge of the pallet shall be such that a person cannot pass undetected through these openings during the time the pallet is crossing the muting area. In the configuration shown in Figure F.17, it is recommended that this distance $x < 200$ mm.

The positioning of the sensors (distances d_1 and d_2 between the two sensors and detection zone of the ESPE, see Figure F.18 and F.19) shall be such that a cylindrical object with a diameter of 500 mm with its axis parallel to the protected area cannot activate the muting function when moved in any point of the gate at any speed up to 1,6 m/s.

EXAMPLE: if $d_1 = 200$ mm, $d_2 = 300$ mm the requirement is satisfied for a dimension **L** (see Figure F.18) bigger than 1 000 mm. In this case $d_5 = 50$ mm.

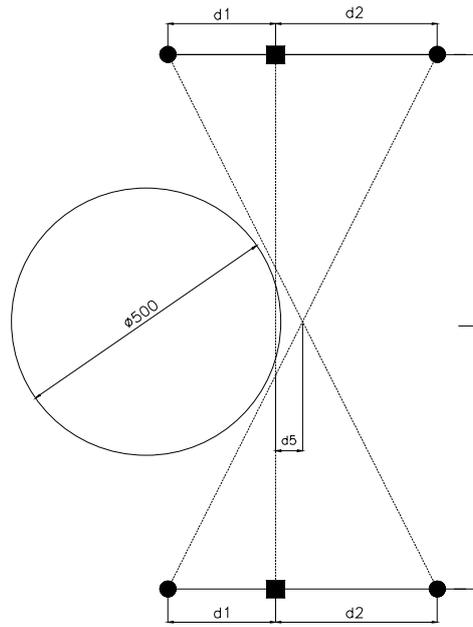


Figure F.18 – Positioning of the muting sensors

The 500 mm test object is detected by the ESPE before breaking the beams of the muting sensors (see Figure F.18).

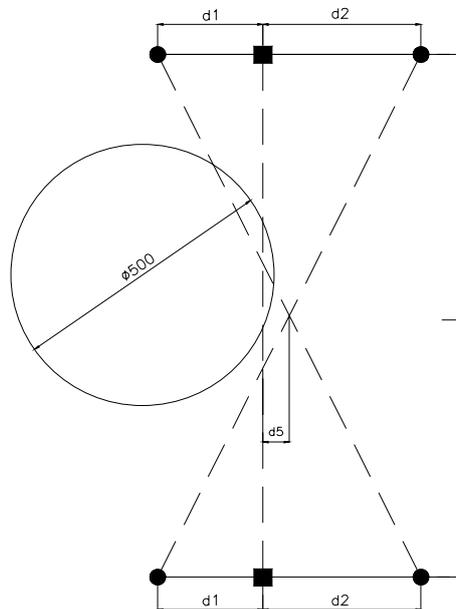


Figure F.19 – Detection of the test object

The 500 mm test object is detected by one muting sensor and then by the ESPE before being detected by the second muting sensor, therefore muting is not initiated because the sequence of activation is not correct (see Figure F.19).

F.3.2 Two sensors – timing control

The muting function should only be initiated when the two beams are activated within a time limit that is selected to suit the application, but not exceeding 4 s. If a time limit greater than 4 s is necessary, a different configuration should be used, for example 4 sensors.

The muting function shall be terminated as soon as one of the two beams of the muting sensors is no longer activated.

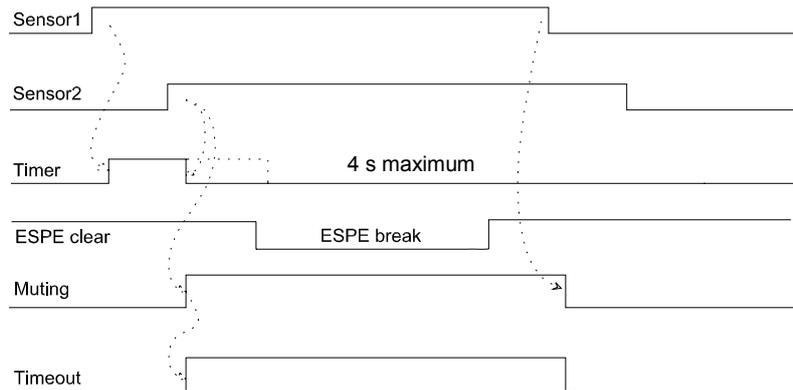


Figure F.20 – Timing diagram for two crossed beams (normal operation)

A monitored timer that limits the muting function to the minimum time practicable is recommended. The time should be just sufficient for a pallet to travel through the muting area. (See Figure F.21).

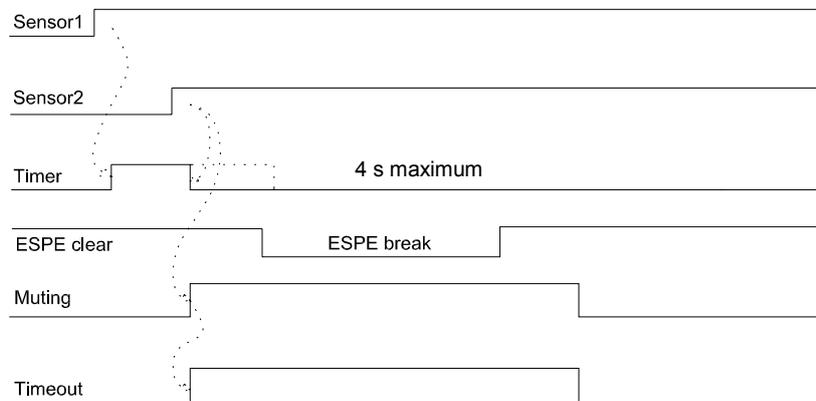


Figure F.21 – Timing diagram for two crossed beams (timeout)

If an accumulation of 2 or more undetected faults occurs, the muting function can be permanently active. In applications where it is not possible to differentiate between a permanent muted condition caused by an accumulation of faults and a muted condition caused by a pallet remaining in the muting area, the two crossed beam configuration is not adequate and an alternative solution or additional measures to detect faults (for example, monitoring of signals from the transport system to determine if a pallet is in the detection zone) should be provided.

F.3.3 Two muting sensor beams in combination with swinging doors

The openings between the pallet and the side mechanical protections shall be such that a person cannot pass undetected through these openings during the time the pallet is crossing the muting area.

For pallets of various dimensions and when it is foreseen that the distances each side of the pallet (**a** and **b**) can be greater than 200 mm, electrically interlocked flexible swinging doors with a width of at least 500 mm can be required (see Figure F.22 and 5.5.3).

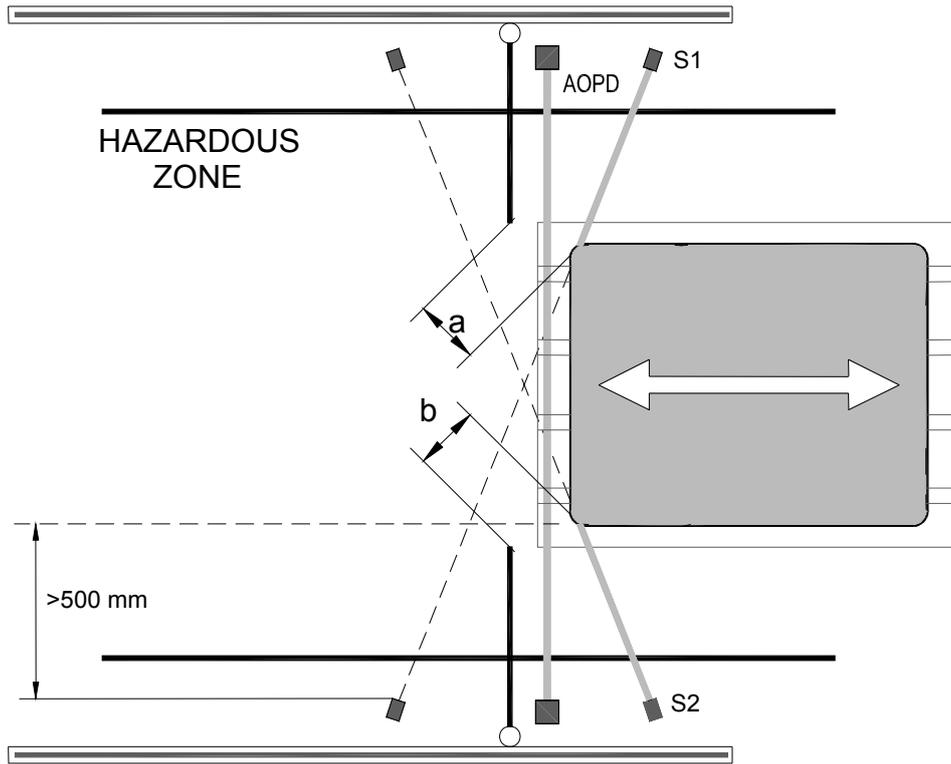


Figure F.22 – Single swinging doors in combination with a two-beam muting system (correct position)

Figure F.23 shows an incorrect application, in which the swinging doors are too far from the detection zone, and access is possible as shown by the dotted arrows.

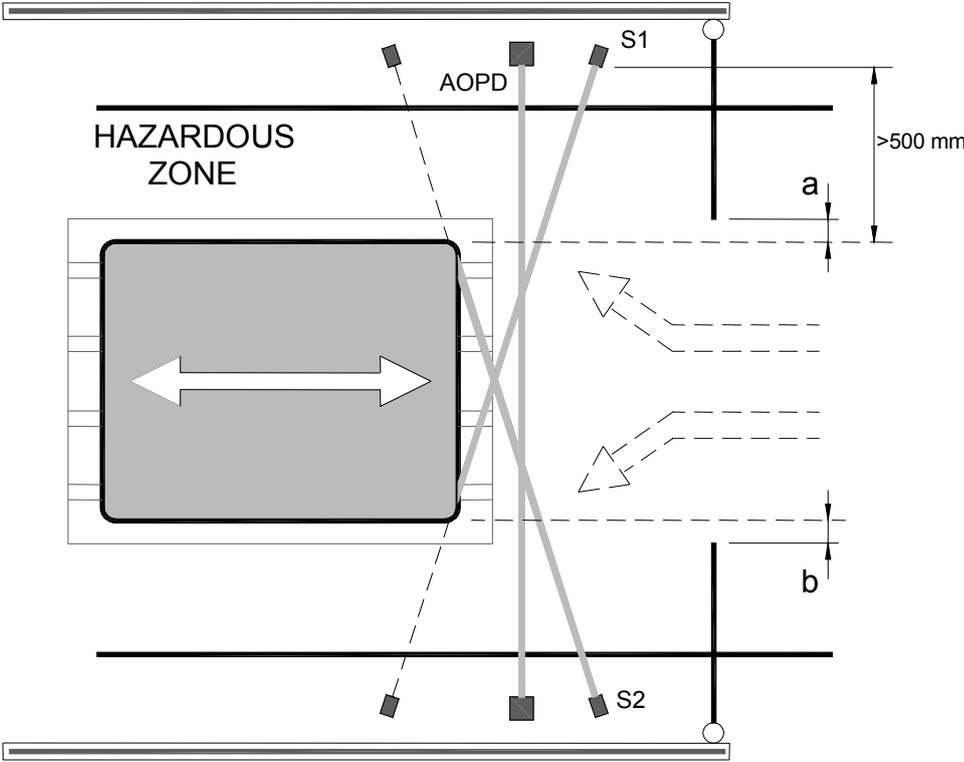


Figure F.23 Single swinging doors (incorrect position)

Figure F.24 shows an incorrect application, in which the swinging doors are too far from the detection zone, and access is possible as shown by the dotted arrows.

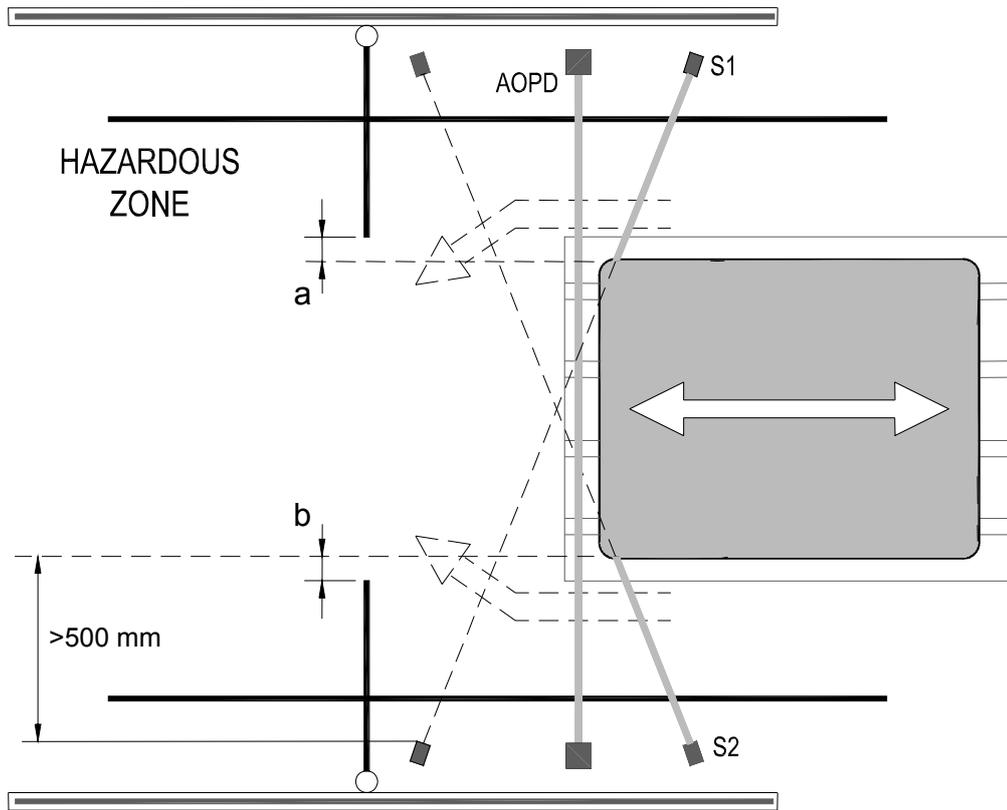


Figure F.24 – Single swinging doors (incorrect position)

F.3.4 Height of the crossing point of the muting sensor beams

The crossing point of the two muting sensor beams should be positioned at the same level as, or higher than, the lowest beam of the ESPE to avoid manipulation of the system with the toe. See Figure F.25 and Figure F.26.

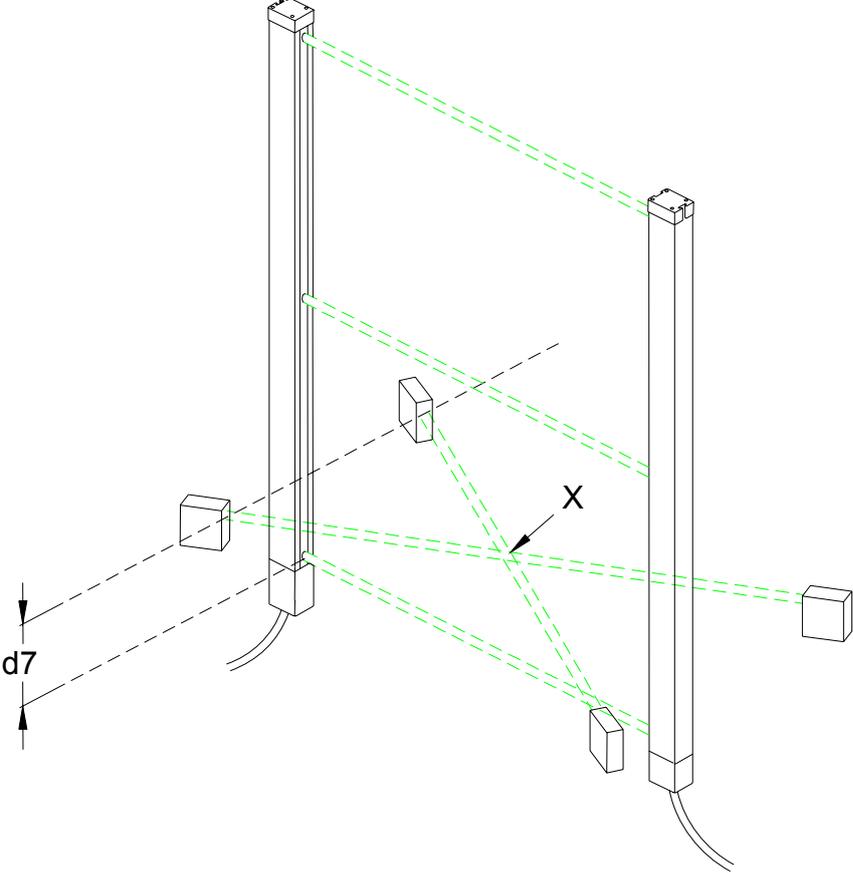


Figure F.25 – Height of crossing point

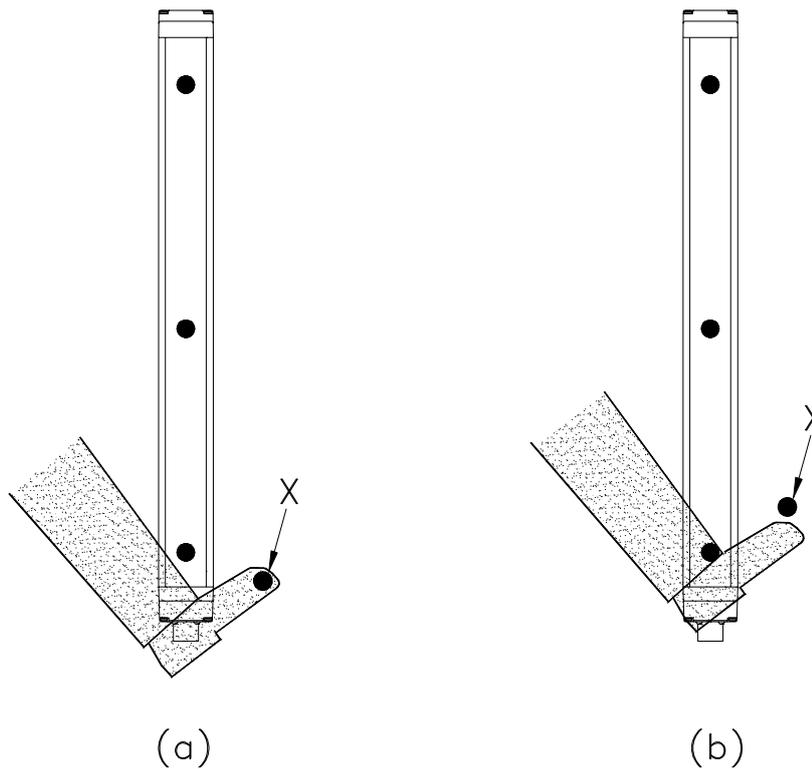


Figure F.26 – Interruption of the beam

If $d7 \geq 0$ the lowest beam of the ESPE will be interrupted before the muting sensor beams.

F.4 Two parallel muting sensor beams – exit only

This system can be used to allow materials to exit from the hazardous area while preventing undetected entry.

The two muting sensor beams are situated behind the ESPE in the hazardous zone.

The muting function should only be initiated when the two beams are activated within a preset time to be determined by the application.

Termination of the muting function shall occur as soon as the ESPE is deactivated within 4 s from the time when one of the two beams of the muting sensors is no longer activated, whichever occurs first. The 4 s time limit shall be monitored.

Where the termination of the muting function is performed only by the 4 s timer, an additional distance $d8$ shall be considered for the mechanical protection to avoid access by a person through the muting area when the system is already in mute condition.

$$d8 = \text{max. speed of the pallet} \times 4 \text{ s} - 200 \text{ mm}$$

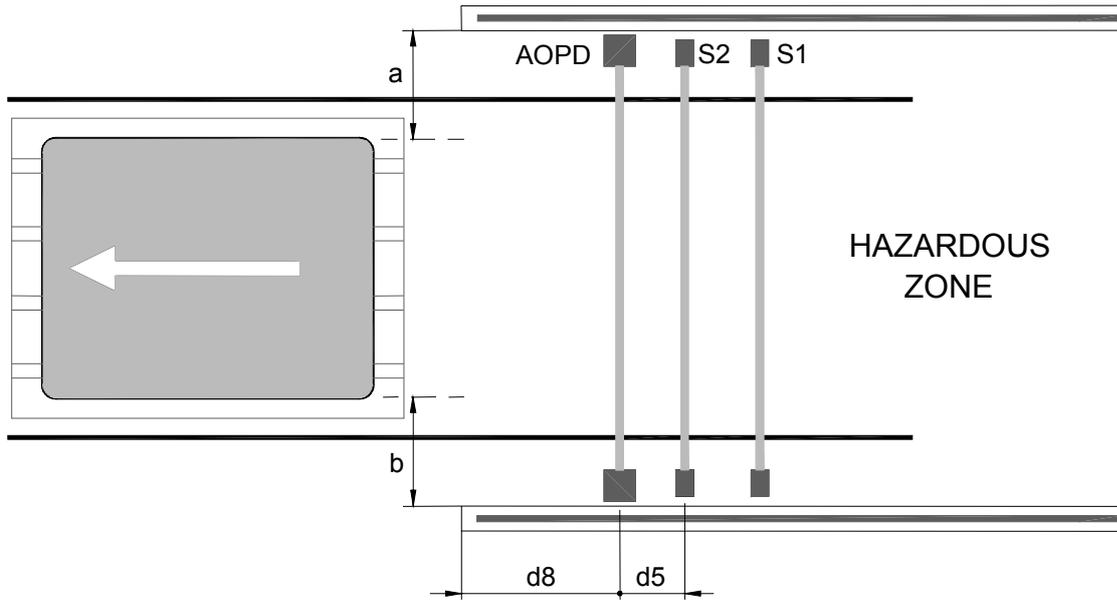


Figure F.27 – Two muting sensor beams – exit only

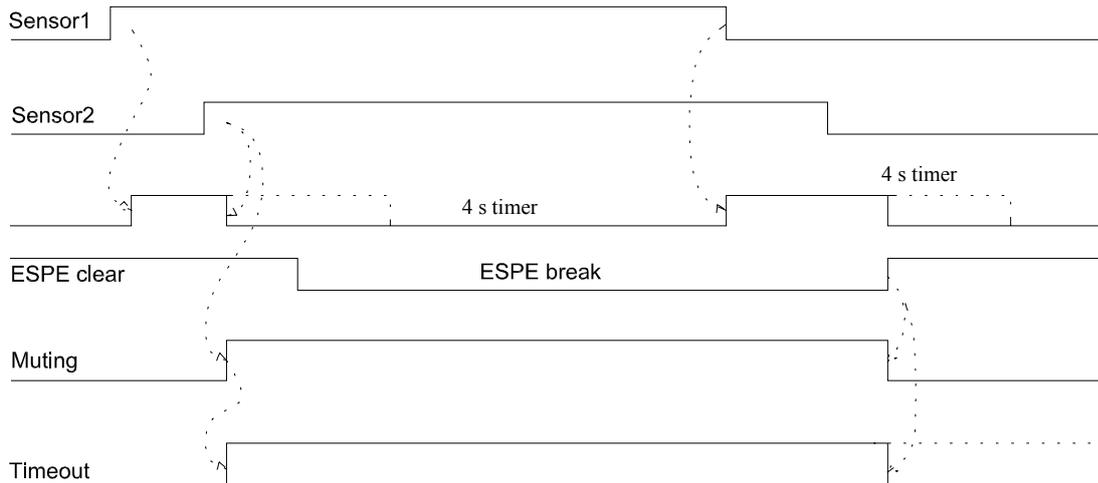


Figure F.28 – Timing diagram; two muting sensor beams – exit only, muting terminated by the ESPE

In Figure F.28, the muting function is terminated when the detection zone of the ESPE is clear (the 4 s timer has not expired).

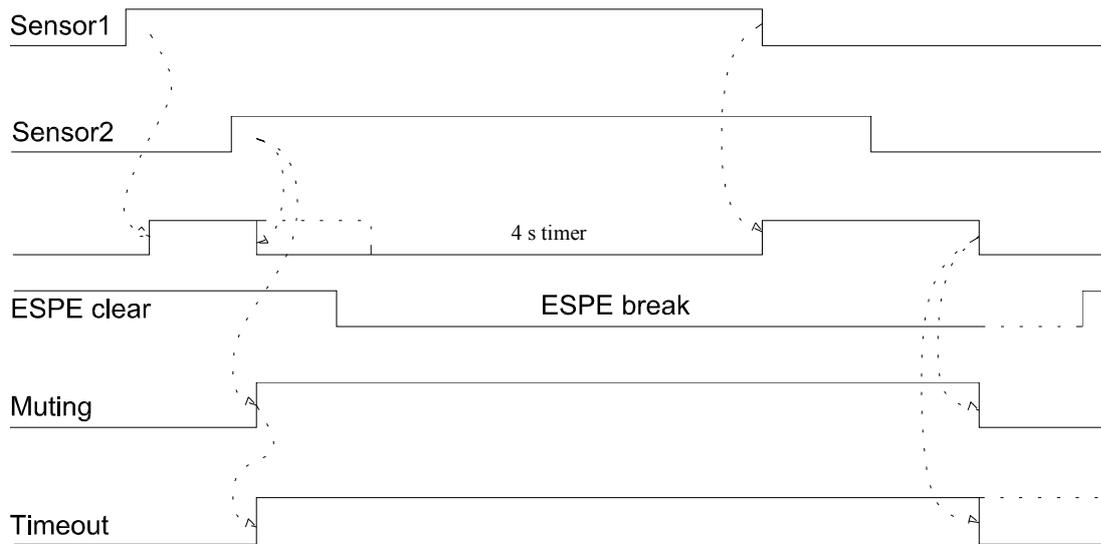


Figure F.29 – Timing diagram; two muting sensor beams – exit only, muting terminated by the 4 s timer

In Figure F.29, the muting function is terminated by the 4 s timer because when it expires, the detection zone of the ESPE remains interrupted.

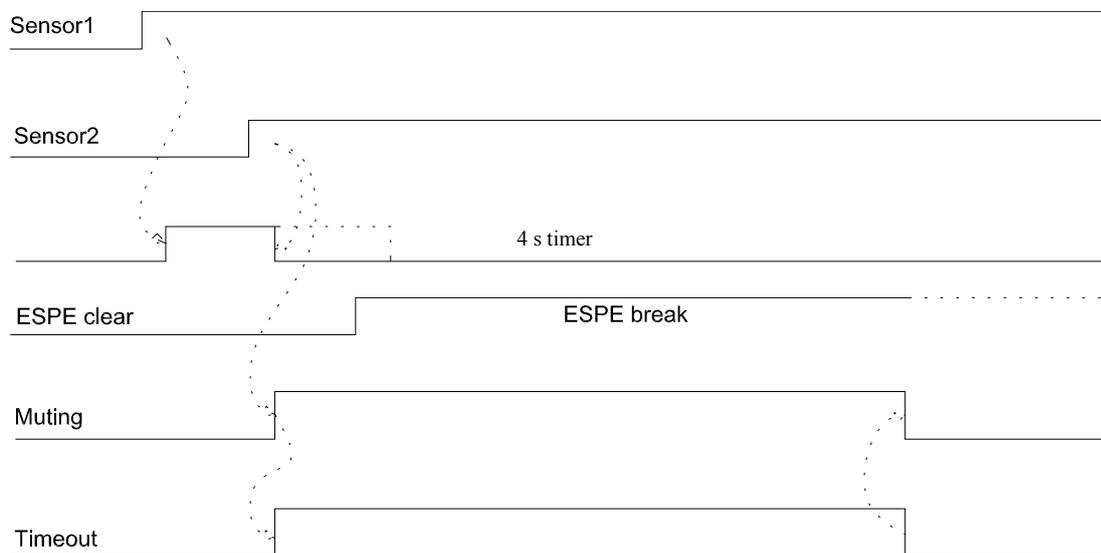


Figure F.30 – Timing diagram, muting terminated by the muting timeout

In Figure F.30 the muting cycle is terminated by the muting timeout.

F.5 Protection of conveyor systems working in a coordinated manner

When muting systems are used for protection from the risk of entering a production line incorporating several conveyor systems, careful attention should be paid to the selection of the appropriate muting configuration of the sensors.

The following example shows a production line incorporating two machines: conveyor A and conveyor B. The pallets move from machine A to machine B, see Figure F.31. The muting

system M1 allows the pallets to pass from machine A to machine B. If the operator opens the door DB the machine B stops while the machine A can continue to operate. The muting system M1 will protect the operator from entering the machine A. If the operator opens the door DA the machine A stops and the machine B can continue to work but in this case the muting system M1 does not give any protection to the operator if he tries to enter the machine B because the crossing point of the two muting sensors in this case is positioned on the operator's side. The two beams T type muting assembly is not suitable for this application, a four beams with timing control or sequence control is necessary, see Figure F.32.

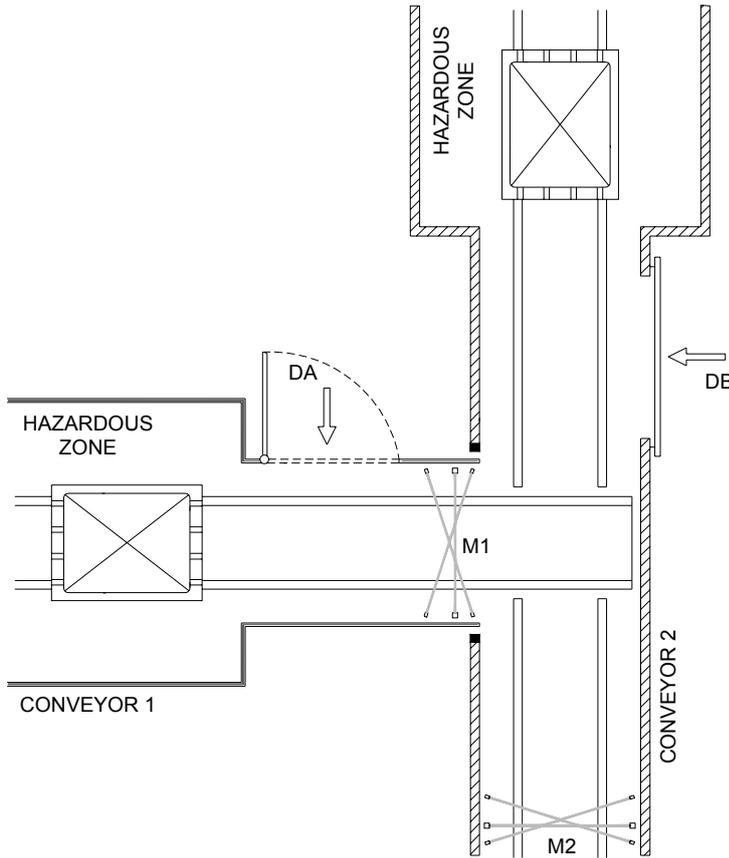


Figure F.31 – Production line incorporating two machines

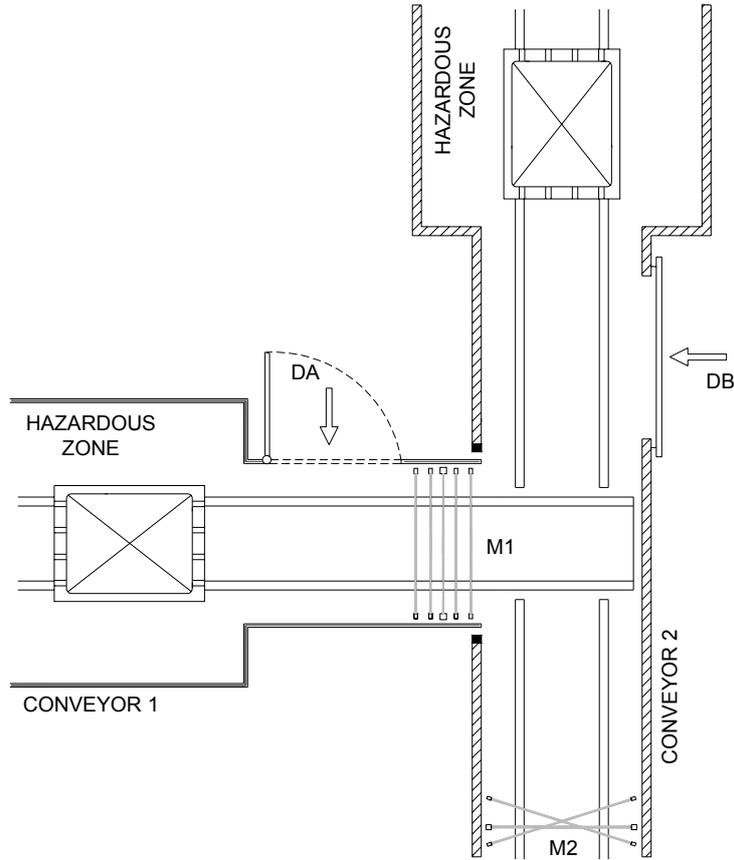


Figure F.32 – Production line incorporating two machines

F.6 External override command

If the override function is not built-in to the ESPE an external override command can be implemented as shown in Figures F.33, F.34 and F.35.

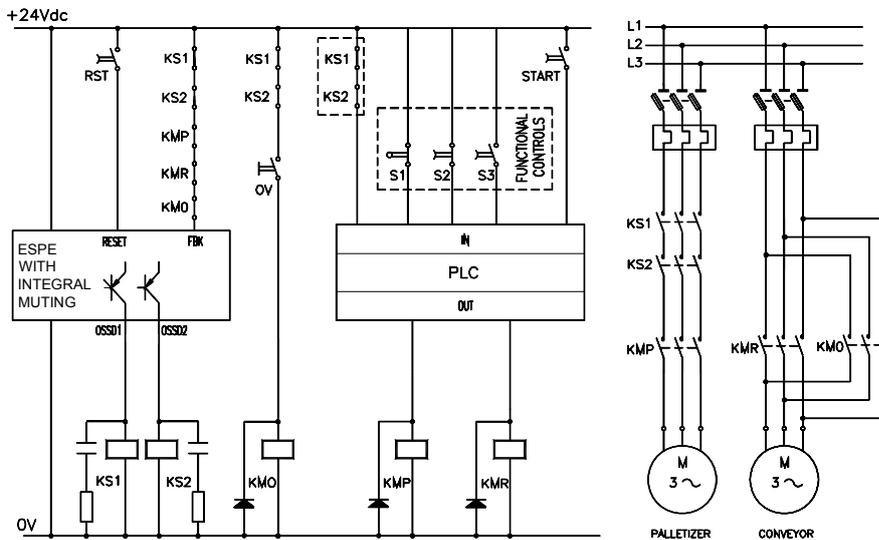


Figure F.33 – Example of an external override in a category 4 control system

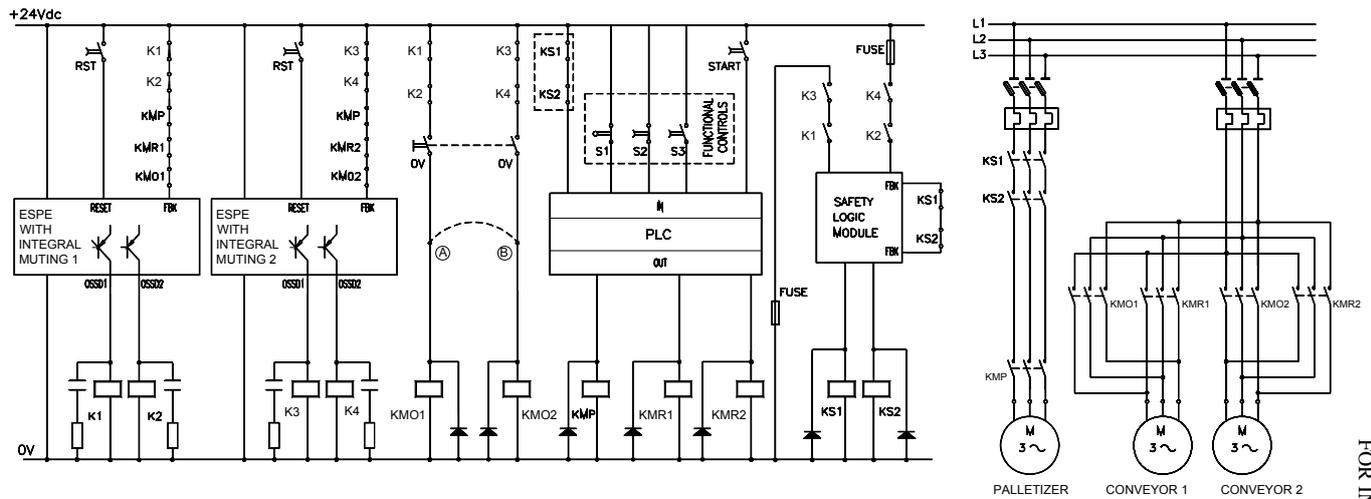


Figure F.35 – Example of an external override at a work area with two access points and two separate muting functions – Category 4

The override command is active only on the conveyor protected by the ESPE whose OSSDs are in the OFF-state.

The wiring of the override command shall be done in such a way as to avoid the possibility of a short-circuit between the points A and B, for example, switch OV should have two separate contact blocks rather than two contacts in the same block, provide mechanical protection for the conductors, do not use two conductors of the same multicore cable, do not use two adjacent terminals.

Annex G (informative)

Periodic test intervals for Type 2 ESPE

G.1 Introduction

When a Type 2 ESPE is used to detect a person or part of a person approaching a hazard zone, the time of approach cannot usually be predicted. It is therefore possible that a failure can occur after a test and before the approach of a person, and therefore the person might not be detected. It is important that the frequency of periodic testing is sufficiently high that there is a low probability of a failure between a test and the approach of a person.

This Annex provides both qualitative and quantitative consideration of the probability of a failure of the ESPE in relation to the periodic test interval and the frequency of approach to the hazard zone.

G.2 Qualitative consideration

If the frequency at which a person approaches a hazard is assumed to be once per hour and the periodic test interval once per day, in the worst case a day could have elapsed between a periodic test and a person approaching the hazard. When a person approaches, there is a possibility that the protective function has already been lost.

If the periodic test interval is reduced to 30 min, the probability that the ESPE is in the normal condition is high, because the ESPE was normal at the worst case 30 min previously.

G.3 Quantitative consideration

Probability of dangerous failure (per hour) of the ESPE is λ . (Failure occurrence timing is random.)

Periodic test interval is T (hours).

The probability PI of a failure of the ESPE between test n and test $n+1$ is shown by formula (1).

$$PI = \lambda T \quad (1)$$

The relationship between the test, the timing of failure occurrence and the approach are illustrated in Figures G.1 to G.3.

The timing at which a person approaches between tests, and the timing of failure occurrence of the ESPE are random.

Failure occurrence of the ESPE after a person approaches is shown in Figure G.1. Protection is provided when approach and failure occurrence are in this sequence.

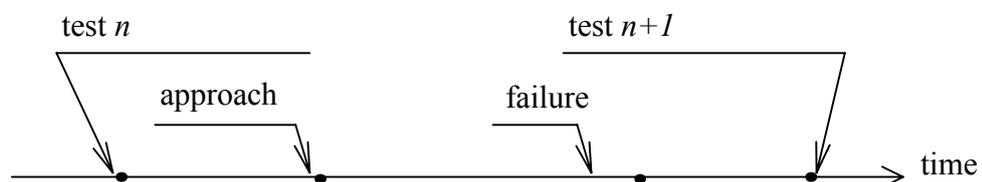


Figure G.1 – Failure occurrence after approach

Figure G.2 shows a failure occurring after a test and before a person's approach. The person is not protected and a hazardous situation can occur.

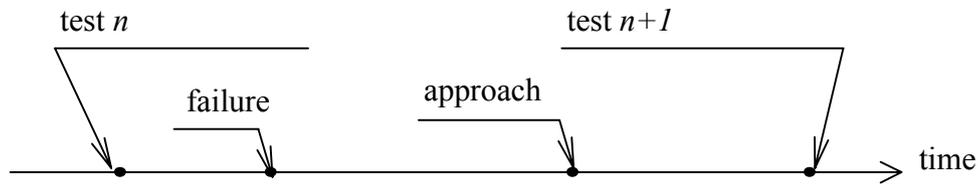


Figure G.2 – Approach after a failure

Because the timing with which a person approaches is random, the average time when a person approaches after a test is finished can be considered as $T/2$ as shown in Figure G.3.

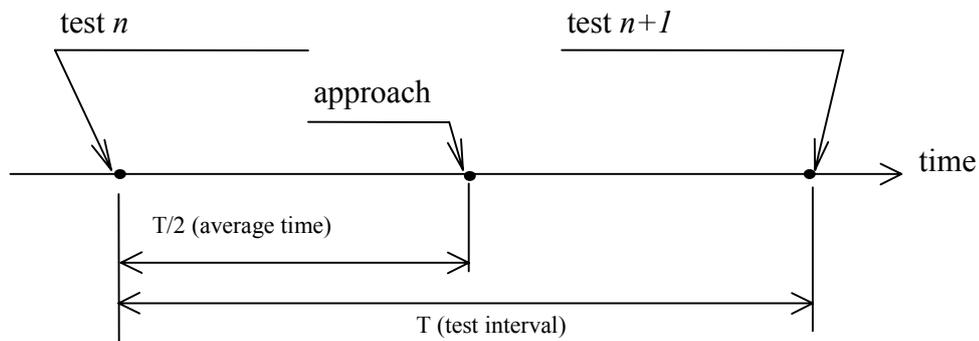


Figure G.3 – Average time of approach

The probability $P2$ that the ESPE is in a fault condition when a person approaches the hazard between test n and test $n+1$ is shown by formula (2).

$$P2 = \lambda T/2 \text{ (abstract number)} \tag{2}$$

The probability that a hazardous situation occurs depends on the failure rate of the ESPE and on the frequency of approach to the hazard.

When the approach frequency is F (number of times/ hour), the probability (frequency) $P3$ that a hazardous situation occurs due to a fault condition of the ESPE is shown by formula (3).

$$P3 = \lambda TF/2 \text{ (number of times/hour)} \tag{3}$$

It can be seen that the probability of a hazardous situation occurring can be significant if F is high in relation to T .

As an example:

If $\lambda = 10^{-4}$ (1 fault per year),

$F = 0,1$ (one approach in 10 h),

$T = 0,2$ (approximate 10 min periodic test interval).

The probability P_3 of a hazardous situation is shown by formula (4).

$$P_3 = 10^{-4} \times 0,1 \times 0,2 / 2 = 10^{-6} \text{ /hour} \quad (4)$$

(Probability of a hazardous situation of once in approximately 100 years.)

Formula (2) and formula (3) assume that the approach frequency is less than once in between the tests. When it is foreseeable that a person can approach more than once between periodic tests then these formulae are invalid.

Bibliography

IEC/TR 62513: *Safety of machinery – Guideline for use of communication systems in safety-related applications*

ISO 13851:2002, *Safety of machinery – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles*

ISO 13852: *Safety of machinery – Safety distances to prevent danger zones being reached by the upper limbs*

ISO 13857: *Safety of machinery – Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*¹

ISO 14119:1998, *Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection*

ISO 14120:2002, *Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

EN 1760-2, *Safety of machinery – Pressure sensitive protective devices – Part 2: General principles for the design and testing of pressure sensitive edges and pressure sensitive bars*

EN 1760-3, *Safety of machinery – Pressure sensitive protective devices – Part 3: General principles for the design and testing of pressure sensitive bumpers, plates, wires and similar devices*

EN 1525, *Safety of industrial trucks – Driverless trucks and their systems*

¹ To be published.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	109
INTRODUCTION.....	111
1 Domaine d'application	113
2 Références normatives.....	113
3 Termes, définitions et abréviations	114
3.1 Termes et définitions.....	114
3.2 Abréviations	121
4 Choix des mesures de protection.....	122
4.1 Procédure (relation avec l'ISO 12100 (toutes les parties)).....	122
4.2 Caractéristiques de la machine	124
4.2.1 Adéquation de l'équipement de protection	124
4.2.2 Bonne adaptation d'un équipement de protection comme dispositif de déclenchement	124
4.3 Caractéristiques d'environnement	125
4.4 Utilisations de l'équipement de protection	126
4.4.1 Généralités.....	126
4.4.2 Dispositifs de déclenchement	126
4.4.3 Dispositif de détection de présence	129
4.4.4 Combinaison du dispositif de déclenchement et de détection de présence.	129
4.5 Caractéristiques humaines	129
4.5.1 Généralités.....	129
4.5.2 Vitesse d'approche (<i>K</i>)	129
4.5.3 Facteur de pénétration/d'empiètement(<i>C</i>)	130
4.5.4 Capacité pour éviter l'équipement de protection	130
4.6 Caractéristiques d'équipement de protection	131
4.6.1 ESPE	131
4.6.2 Tapis et planchers sensibles à la pression.....	133
4.7 Fonctions système de commande de la machine associées à l'application de l'équipement de protection	133
4.7.1 Généralités.....	133
4.7.2 Contrôle de performance de mise à l'arrêt (SPM)	133
4.7.3 Dispositif d'inhibition.....	133
4.7.4 Moyen de redémarrage du fonctionnement cyclique par l'équipement de protection	134
4.7.5 Verrouillage du démarrage	134
4.7.6 Verrouillage du redémarrage	134
4.7.7 Blanking	134
4.7.8 Dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM)	135
4.7.9 Disposition des fonctions de commande de la machine	135
5 Exigences d'application générale	135
5.1 Positionnement et configuration de la zone de détection de l'équipement de protection	135
5.2 Intégration avec le système de commande relatif à la sécurité	135
5.3 Performance de l'équipement de protection.....	136
5.3.1 Généralités.....	136

5.3.2	Classification de l'équipement de protection	136
5.4	Dispositif de surveillance de performance de mise à l'arrêt.....	138
5.5	Dispositif d'inhibition	138
5.5.1	Généralités.....	138
5.5.2	Inhibition en vue de permettre l'accès par des personnes	139
5.5.3	Inhibition en vue de permettre l'accès par des matériaux.....	139
5.5.4	Fonction prioritaire dépendant de l'inhibition.....	140
5.6	Moyen de redémarrage du fonctionnement cyclique par l'équipement de protection	141
5.6.1	Généralités.....	141
5.6.2	Exigences particulières pour les applications utilisant des presses	142
5.7	Verrouillage du démarrage	142
5.8	Verrouillage du redémarrage	142
5.9	Blanking	143
6	Exigences d'application particulières pour les équipements de protection spécifiques	143
6.1	AOPD.....	143
6.1.1	Généralités.....	143
6.1.2	Dispositif(s) à faisceaux lumineux.....	144
6.1.3	Barrières immatérielles	145
6.2	AOPDDR.....	147
6.3	PIPD	148
6.3.1	Généralités.....	148
6.3.2	Applications mobiles.....	148
6.4	Tapis et planchers sensibles à la pression	148
6.4.1	Planchers sensibles à la pression.....	148
6.4.2	Tapis sensibles à la pression.....	148
7	Examen et essai	150
7.1	Généralités.....	150
7.2	Essai et examen initiaux.....	150
7.3	Examen et essai périodique	152
7.4	Vérifications fonctionnelles	152
8	Informations pour la sécurité d'utilisation.....	154
	Annexe A (informative) Exemples d'interfaçage des ESPE à une machine	155
	Annexe B (informative) Résumé des exigences d'essai minimales types pour divers équipements de protection	162
	Annexe C (informative) Exemples d'application.....	167
	Annexe D (informative) Dispositifs de protection pour la détection de la position d'une personne	173
	Annexe E (informative) Recommandations supplémentaires pour l'utilisation des AOPDDR	176
	Annexe F (informative) Recommandations supplémentaires pour la configuration des capteurs d'inhibition photoélectriques lorsqu'ils sont utilisés pour permettre l'accès par des matériaux	183
	Annexe G (informative) Intervalles d'essais périodiques pour ESPE de type 2	208
	Bibliographie.....	211

Figure 1 – Relations de cette spécification technique avec d'autres normes	112
Figure 2 – Processus de réduction du risque (version simplifiée de la Figure 2 de l'ISO 12100-1)	123
Figure 3 – Principe de détection d'AOPD à faisceaux	131
Figure 4 – AOPD à faisceaux utilisant des miroirs	131
Figure 5 – AOPD de rétro réflexion	132
Figure 6 – Principe de détection de l'AOPDDR	132
Figure 7 – Exemple de l'effet des surfaces réfléchissantes	144
Figure 8 – Exemple d'utilisation du blanking	146
Figure A.1 – Intégration au système de commande	155
Figure A.2 – Exemple d'intégration – Catégorie 4	156
Figure A.3 – Exemple d'intégration – Catégorie 4	157
Figure A.4 – Exemple d'intégration incorrecte – Catégorie 4	157
Figure A.5 – Exemple d'intégration incorrecte – Catégorie 4	158
Figure A.6 – Exemple d'intégration d'un ESPE: Catégorie 4	159
Figure A.7 – Exemple d'intégration – Catégorie 3	160
Figure A.8 – Exemple d'intégration incorrecte – Catégorie 3	161
Figure A.9 – Intégration avec un système de commande relatif à la sécurité	161
Figure C.1 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif de déclenchement	167
Figure C.2 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence	167
Figure C.3 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence	168
Figure C.4 – AOPD horizontal	169
Figure C.5 – AOPD Vertical	170
Figure C.6 – Distance de séparation augmentée	171
Figure C.7 – Protection mécanique supplémentaire	171
Figure C.8 – Utilisation d'un dispositif de déclenchement	172
Figure E.1 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur une machine	177
Figure E.2 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur une machine	177
Figure E.3 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur un AGV	178
Figure E.4 – Utilisation d'un AOPDDR en tant que dispositif de déclenchement corps entier – Exemple 1	179
Figure E.5 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement corps entier – Exemple 2	180
Figure E.6 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps – Exemple 1	181
Figure E.7 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps – Exemple 2	181
Figure F.1 – Configuration T avec commande temporelle	184
Figure F.2 – Configuration L avec commande temporelle	184
Figure F.3 – Faisceaux parallèles avec commande séquentielle ou temporelle	185
Figure F.4 – Quatre faisceaux parallèles avec commande temporelle	185

Figure F.5 – Positionnement des capteurs d'inhibition pour empêcher l'inhibition par le corps d'une personne (vue en plan)	186
Figure F.6 – Positionnement des capteurs d'inhibition (vue latérale).....	187
Figure F.7 – Diagramme de temps; quatre faisceaux parallèles avec commande temporelle.....	187
Figure F.8 – Quatre faisceaux: Commande temporelle et faisceaux croisés (non recommandé).....	188
Figure F.9 – Diagramme de temps; quatre faisceaux; commande séquentielle.....	188
Figure F.10 – Quatre faisceaux avec portes battantes supplémentaires	189
Figure F.11 – Diagramme de temps pour le signal de validation d'inhibition (validation d'inhibition activée)	190
Figure F.12 – Diagramme de temps pour le signal de validation d'inhibition (validation d'inhibition non activée)	190
Figure F.13 – Prévention de la manipulation de la fonction d'inhibition (vue en plan)	191
Figure F.14 – Prévention de la manipulation de la fonction d'inhibition (vue de face)	191
Figure F.15 – Connexion des capteurs d'inhibition	192
Figure F.16 – Deux capteurs – Faisceaux croisés	193
Figure F.17 – Deux capteurs – Faisceaux croisés (risque d'entrer dans la zone dangereuse sans détection lorsque $x > 200$ mm)	193
Figure F.18 – Positionnement des capteurs d'inhibition.....	194
Figure F.19 – Détection de l'objet d'essai	195
Figure F.20 – Diagramme de temps pour deux faisceaux croisés (fonctionnement normal).....	195
Figure F.21 – Diagramme de temps pour deux faisceaux croisés (temporisation).....	196
Figure F.22 – Portes battantes uniques en combinaison avec un système d'inhibition à deux faisceaux (position correcte)	197
Figure F.23 – Portes battantes uniques (position incorrecte).....	198
Figure F.24 – Portes battantes uniques (position incorrecte).....	199
Figure F.25 – Hauteur du point de croisement	200
Figure F.26 – Interruption du faisceau	201
Figure F.27 – Deux faisceaux de capteur d'inhibition – sortie seulement.....	202
Figure F.28 – Diagramme de temps; deux faisceaux de capteur d'inhibition – sortie seulement, inhibition interrompue par l'ESPE.....	202
Figure F.29 – Diagramme de temps; deux faisceaux de capteur d'inhibition – sortie seulement, inhibition interrompue par le minuteur 4 s	203
Figure F.30 – Diagramme de temps, inhibition interrompue par la temporisation d'inhibition	203
Figure F.31 – Chaîne de production incorporant deux machines	204
Figure F.32 – Chaîne de production incorporant deux machines	205
Figure F.33 – Exemple d'une commande prioritaire externe dans un système de commande de catégorie 4	205
Figure F.34 – Exemple d'une commande prioritaire externe dans un système de commande de catégorie 3.....	206
Figure F.35 – Exemple d'une commande prioritaire externe au niveau d'une zone de travail avec deux points d'accès et deux fonctions d'inhibition séparées – Catégorie 4	207
Figure G.1 – Occurrence de la défaillance après l'approche.....	209
Figure G.2 – Approche après une défaillance	209

Figure G.3 – Temps moyen d’approche..... 209

Tableau 1 – Hauteurs de faisceaux pour dispositifs à faisceaux lumineux 145

Tableau B.1 – Liste des considérations d’environnement pour aider à la sélection d’un
équipement de protection..... 163

Tableau F.1 – Table de vérité, quatre faisceaux; commande séquentielle 189

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SÉCURITÉ DES MACHINES –
APPLICATION DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION
À LA DÉTECTION DE LA PRÉSENCE DE PERSONNES**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI 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.

La CEI 62046, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 44 de la CEI: Sécurité des machines – Aspects électrotechniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2004.

Cette deuxième édition constitue une révision technique générale de la première édition, et comprend d'autres exemples de techniques d'interfaçage et d'inhibition.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
44/534/DTS	44/552B/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/CEI, Partie 2

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La présente spécification technique fournit des informations sur l'application des équipements de protection qui emploient un(des) dispositif(s) de détection des personnes situées dans une zone ou qui s'approchent de cette dernière, dans le but de réduire ou de minimiser un risque causé par des parties dangereuses de machines, sans fournir de barrière matérielle.

L'objet de la présente spécification technique est d'aider: les comités de rédaction des normes en charge de l'élaboration des normes machines (Normes "C"), les concepteurs, fabricants et sociétés de remise en état des machines, les organismes de certification pour la sécurité des machines, les administrations compétentes pour le lieu de travail et autres sur l'application appropriée des équipements de protection des machines.

Les Figures 1 et 2 illustrent le contexte général et l'utilisation prévue de cette spécification technique.

Les Articles 1 à 5, 7 et 8 de cette spécification technique s'appliquent à tous les équipements de protection compris dans le domaine d'application, l'Article 6 contient les lignes directrices pour l'application de types spécifiques d'équipements de protection.

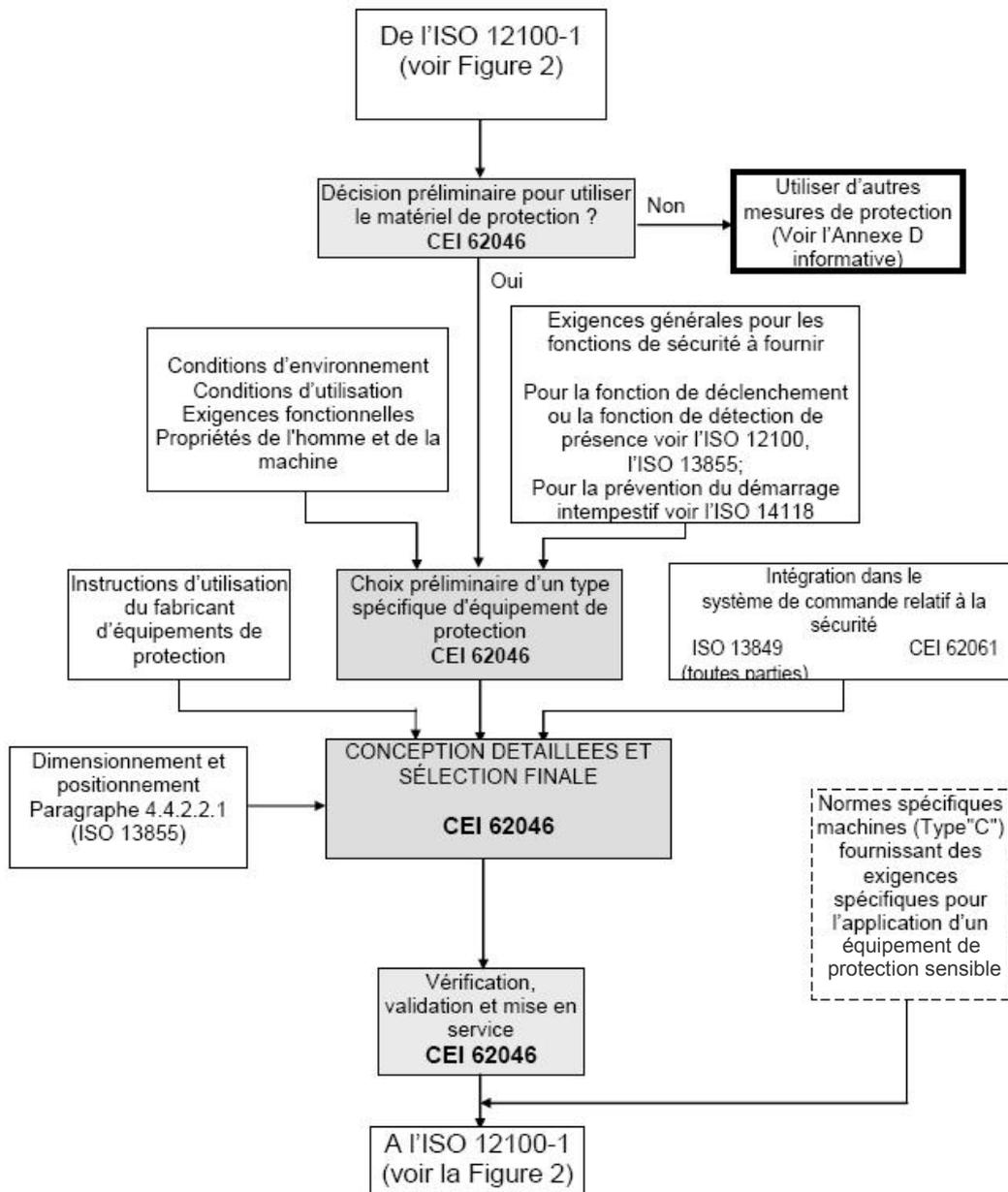


Figure 1 – Relations de cette spécification technique avec d'autres normes

(voir aussi Figure 2)

SÉCURITÉ DES MACHINES – APPLICATION DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION À LA DÉTECTION DE LA PRÉSENCE DE PERSONNES

1 Domaine d'application

Cette spécification technique spécifie les exigences pour la sélection, le positionnement, la configuration et la mise en service des équipements de protection prévus pour détecter la présence de personnes afin de protéger celles-ci contre une(des) partie(s) dangereuses des machines dans des applications industrielles. Cette spécification couvre l'application des équipements de protection électro-sensibles (ESPE) spécifiés dans la CEI 61496 (toutes les parties) et les tapis et sols sensibles à la pression spécifiés dans l'ISO 13856-1.

Elle tient compte des caractéristiques des machines, des équipements de protection, de l'environnement et de l'interaction humaine par des personnes de 14 ans et plus.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60204-1, *Sécurité des machines – Equipement électrique des machines – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 61496-1:2004, *Sécurité des machines – Equipements de protection électro-sensibles – Exigences générales et essais*

CEI 61496-2:1997, *Sécurité des machines – Equipements de protection électro-sensibles – Partie 2: Exigences particulières à un équipement utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD)*

CEI 61496-3:2001, *Sécurité des machines – Equipements de protection électro-sensibles – Partie 2: Exigences particulières pour les équipements utilisant des dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs sensibles aux réflexions diffuses (AOPDDR)*

IEC 62061, *Sécurité des machines – Sécurité fonctionnelle des systèmes de commande électriques, électroniques et électroniques programmables relatifs à la sécurité*

ISO 12100-1: 2003, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 1: Terminologie de base, méthodologie*

ISO 12100-2: 2003, *Sécurité des machines – Notions fondamentales, principes généraux de conception – Partie 2: Principes techniques*

ISO 13849 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité*

ISO 13855:2002, *Sécurité des machines – Positionnement des dispositifs de protection par rapport à la vitesse d'approche des parties du corps*

ISO 13856-1:2001, *Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 1: Principes généraux de conception et d'essai des tapis et planchers sensibles à la pression*

ISO 14121 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Appréciation du risque*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1

dispositif protecteur optoélectronique actif

AOPD

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

[CEI 61496-2, 3.201, modifiée]

3.1.2

dispositif protecteur optoélectronique actif sensible aux réflexions diffuses

AOPDDR

dispositif dont la fonction de détection est réalisée par des émetteurs et récepteurs optoélectroniques détectant la réflexion diffuse du rayonnement optique généré, à l'intérieur du dispositif, par un objet présent dans la zone de détection spécifiée à deux dimensions

[CEI 61496-3, 3.301]

3.1.3

blanking

fonction optionnelle qui permet à un objet dont la taille est supérieure à la capacité de détection de l'ESPE d'être présent dans la zone de détection sans provoquer le passage à l'état INACTIF du ou des OSSD

[CEI 61496-1, 3.1]

3.1.4

capacité de détection

limite du paramètre de la fonction de détection spécifiée par le constructeur qui entraîne une manœuvre de l'équipement de protection

[CEI 61496-1, 3.3, modifiée]

3.1.5

zone de détection

zone dans laquelle l'éprouvette d'essai spécifiée sera détectée par l'équipement de protection électro-sensible (ESPE)

[CEI 61496-1, 3.4]

NOTE L'ISO 13856-1 utilise le terme "zone de détection efficace" lorsqu'elle décrit les tapis et planchers sensibles à la pression. Dans ce document les termes "zone de détection" et "zone de détection efficace" sont utilisés comme synonymes.

3.1.6

équipements de protection électro-sensibles

ESPE

ensemble de dispositifs et/ou de composants travaillant conjointement pour obtenir un déclenchement de protection ou une détection de présence et comprenant au minimum:

- un dispositif de détection;
- des dispositifs de commande/surveillance;
- des dispositifs de commutation du signal de sortie

[CEI 61496-1, 3.5]

3.1.7

zone de détection efficace

partie de la surface supérieure du capteur ou d'une combinaison du tapis sensible à la pression ou d'un plancher sensible à la pression dans laquelle intervient une réponse à un effort de manœuvre

NOTE La CEI 61496-1 utilise le terme "zone de détection" lorsqu'elle décrit l'équipement de protection électro-sensible. Dans ce document les termes "zone de détection" et "zone de détection efficace" sont utilisés comme synonymes.

[ISO 13856-1, modifiée]

3.1.8

dispositif de surveillance des commutateurs externes

EDM

moyen par lequel le système de protection électro-sensible (ESPE) surveille l'état des commutateurs qui lui sont externes

[CEI 61496-1, 3.6]

3.1.9

défaillance (d'un équipement)

cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

NOTE 1 Après une défaillance, cette entité a un défaut.

NOTE 2 Une "défaillance" est un passage d'un état à un autre, par opposition à une "panne", qui est un état.

NOTE 3 La notion de défaillance, telle qu'elle est définie, ne s'applique pas à une entité constituée seulement de logiciel.

[VEI 191-04-01]

3.1.10

défaillance dangereuse

défaillance qui empêche ou retarde la mise hors circuit et/ou le maintien à l'état INACTIF de tous les dispositifs de commutation du signal de sortie (OSSD), en réponse à une situation qui, en fonctionnement normal, les aurait mis dans cet état

[CEI 61496-1, 3.8]

3.1.11

défaut

état d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, à l'exclusion de son inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou due à un manque de moyens extérieurs

[VEI 191-05-01]

NOTE 1 Un défaut est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais il peut exister sans défaillance préalable.

NOTE 2 Dans le domaine des machines, le terme anglais 'fault' est communément utilisé conformément à la définition du VEI 191-05-01, tandis que le terme français "défaut" et le terme allemand "fehlen" sont utilisés plutôt que le terme "panne" et "fehlzustand" qui apparaissent avec cette définition.

NOTE 3 En pratique, les termes "défaut" et "défaillance" (voir 3.1.9) sont souvent utilisés comme synonymes.

3.1.12

dispositif de commutation terminal

FSD

composant du système de commande relatif à la sécurité de la machine qui interrompt le circuit vers l'élément de commande primaire de la machine (MPCE), lorsque le dispositif de commutation du signal de sortie (OSSD) passe à l'état INACTIF

[CEI 61496-1, 3.10]

3.1.13

danger (phénomène dangereux)

source potentielle de dommage

[ISO 12100-1, 3.6]

NOTE Le mot "phénomène dangereux" est généralement utilisé conjointement avec d'autres mots définissant son origine ou la nature de la blessure ou de l'atteinte à la santé prévue: risque de choc électrique, risque d'écrasement, risque de cisaillement, risque d'intoxication, etc.

3.1.14

situation dangereuse

situation dans laquelle une personne est exposée à au moins un phénomène dangereux. L'exposition peut entraîner un dommage, immédiatement ou à plus long terme

[ISO 12100-1, 3,9]

3.1.15

zone dangereuse (zone de risque)

tout espace, à l'intérieur et/ou autour d'une machine, dans lequel une personne peut être exposée à un phénomène dangereux

[ISO 12100-1, 3,10]

NOTE Le phénomène dangereux générant le risque envisagé dans cette définition:

- ou bien est présent en permanence pendant l'utilisation normale de la machine (par exemple, déplacement d'éléments mobiles dangereux, arc électrique pendant une phase de soudage);
- ou bien peut apparaître de manière inattendue (mise en marche intempestive/inattendue).

3.1.16

intégrateur

individu ou groupe d'individus en charge de la sélection, de la configuration, de l'installation et/ou de l'interfaçage de l'équipement de protection pour réaliser la sauvegarde identifiée par l'évaluation du risque

3.1.17

dispositif à faisceau lumineux

soit un dispositif à faisceau lumineux unique, soit un dispositif à faisceaux lumineux multiples

- **dispositif à faisceau lumineux unique:** dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) comprenant un émetteur et un récepteur, dont la zone de détection n'est pas précisée par le fournisseur
- **dispositif à faisceaux lumineux multiples:** dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) comprenant de multiples émetteurs et récepteurs correspondants, et dont la zone de détection n'est pas précisée par le fournisseur

[CEI 61496-2, 3.205, modifiée]

3.1.18

barrière immatérielle

dispositif protecteur optoélectronique actif (AOPD) comprenant un ensemble intégré d'un ou plusieurs émetteurs et d'un ou plusieurs récepteurs formant une zone de détection et disposant d'une capacité de détection spécifiée par le fournisseur

NOTE Une barrière immatérielle disposant d'une grande capacité de détection est quelquefois désignée comme une grille lumineuse.

[CEI 61496-2, 3.206, modifiée]

3.1.19

condition de blocage à l'arrêt

condition générée par un défaut qui empêche le fonctionnement normal de l'équipement de protection qui est automatiquement atteint lorsque ceci provoque le passage à l'état INACTIF de l'ensemble des dispositifs de commutation du signal de sortie (OSSD) et, le cas échéant, de l'ensemble des dispositifs de commutation terminaux (FSD) et de l'ensemble des dispositifs de commutation secondaire (SSD)

[CEI 61496-1, 3.13, modifiée]

3.1.20

élément de commande primaire de la machine

MPCE

élément sous tension qui commande directement le fonctionnement normal de la machine de sorte qu'il est le dernier élément (dans le temps) à fonctionner lorsque le fonctionnement de la machine est lancé ou arrêté

[CEI 61496-1, 3.14]

3.1.21

élément de commande secondaire de la machine

MSCE

élément de commande de la machine, indépendant du ou des éléments de commande principaux de la machine, capable de couper la source d'énergie de l'élément moteur des parties dangereuses correspondantes

[CEI 61496-1, 3.15]

3.1.22

fonction prioritaire dépendant de l'inhibition

fonction qui permet le fonctionnement manuel de la machine lorsque la zone de détection de l'ESPE est interrompue pour permettre l'évacuation de la palette ou du matériau de la zone d'inhibition

NOTE Cette fonction peut être nécessaire dans le cas d'un défaut dans la(les) séquence(s) d'inhibition ou lorsqu'un blocage se produit dans le système de transport ou lorsqu'une palette est déjà présente en face des capteurs d'inhibition "en marche".

3.1.23

inhibition

interruption automatique temporaire d'une ou des fonctions relatives à la sécurité par des parties de système de commande relatives à la sécurité

[CEI 61496-1, 3.16]

NOTE Lorsque l'inhibition est prévue comme partie de l'équipement de protection et l'équipement de protection est inhibé, le(les) OSSD demeurent à l'état ACTIF à partir de l'activation de la fonction de détection de l'équipement de protection et la sécurité est maintenue par d'autres moyens.

3.1.24

zone d'inhibition

partie entre les zones de détection des premiers et derniers capteurs d'inhibition, y compris la zone de détection de l'ESPE

3.1.25

capteur d'inhibition

dispositif utilisé pour initier et/ou arrêter l'inhibition

3.1.26

état INACTIF

état d'ouverture du circuit de sortie et d'interruption du débit de courant

[CEI 61496-1, 3.17]

3.1.27

état ACTIF

état de fermeture du circuit de sortie qui permet le débit de courant

[CEI 61496-1, 3.18]

3.1.28

dispositif de commutation du signal de sortie

OSSD

composant de l'équipement de protection électro-sensible (ESPE) connecté au système de commande de la machine qui, lorsque le dispositif de détection est actionné pendant le fonctionnement normal, réagit en passant à l'état INACTIF

[CEI 61496-1, 3.19]

partie du tapis sensible à la pression ou du plancher sensible à la pression qui, lorsque le capteur ou le dispositif pour la fonction de surveillance est actionné, réagit en produisant un état INACTIF

[ISO 13856-1, 3.6]

3.1.29

performance de mise à l'arrêt de l'ensemble du système

durée résultant de la somme du temps de réponse de l'équipement de protection et du temps de mise à l'arrêt de tout fonctionnement dangereux de la machine

[CEI 61496-1, 3.20, modifiée]

3.1.30

dispositif de protection à infrarouge passif

PIPD (*passive infrared protective device*)

dispositif dont la fonction de détection est effectuée par un(des) récepteur(s) détectant le rayonnement thermique émis par un objet placé ou se déplaçant dans la zone de détection spécifiée

3.1.31

essai périodique

technique qui stimule ou simule l'entrée du(des) dispositif(s) de détection de l'équipement de protection pour déterminer si le(les) OSSD de l'équipement de protection passent à l'état INACTIF quand cela est exigé

NOTE Le signal d'entrée d'essai est habituellement produit par une entrée d'essai de la machine extérieure et est effectué à intervalles, déterminé par l'évaluation du risque, ce qui fournit un degré raisonnable de confiance selon lequel la réduction prévue du risque sera atteinte.

3.1.32**équipement de protection**

ensemble de dispositifs utilisant un moyen de détection sans contact (électro-sensible) ou à contact (sensibles à la pression) pour la détection de la présence de personne(s) ou de parties de personne(s) en vue de maîtriser les phénomènes dangereux associés aux machines et comprenant au minimum:

- un dispositif de détection;
- des dispositifs de commande et de surveillance;
- des dispositifs de commutation du signal de sortie

NOTE Le système de commande relatif à la sécurité associé à l'équipement de protection ou l'équipement de protection proprement dit, peut comprendre des caractéristiques de sécurité additionnelles telles que les dispositifs de commutation secondaire, la fonction inhibition, la surveillance de la performance de mise à l'arrêt, etc.

3.1.33**fonction de détection de présence**

détection de la présence d'une personne, ou d'une partie d'une personne, alors qu'elle est dans une zone dangereuse afin de permettre la prévention de situations dangereuses telles que la mise en marche intempestive/inattendue de la machine

3.1.34**tapis (plancher) sensible à la pression**

dispositif de sécurité qui détecte une personne se tenant debout dessus ou marchant dessus et comprenant un(des) capteur(s) qui réagissent à l'application de pression, une unité de commande et un ou plusieurs dispositif(s) de commutation du signal de sortie

NOTE Dans un tapis sensible à la pression la zone de détection efficace est déformée lorsque le(les) capteur(s) sont actionnés. Dans un plancher sensible à la pression la zone de détection efficace est déplacée dans son ensemble lorsque le(les) capteur(s) sont actionnés.

[ISO 13856-1, 3.1 et 3.2]

3.1.35**mesure de protection****mesure de sécurité**

mesure destinée à réduire le risque, mise en œuvre:

- par le concepteur (prévention intrinsèque, sauvegarde et mesures de prévention complémentaires, informations pour l'utilisation) et
- par l'utilisateur (organisation: méthodes de travail sûres, surveillance, système du permis de travailler; fourniture et utilisation de moyens de sauvegarde supplémentaires; utilisation d'équipements de protection individuelle; formation)

[ISO 12100-1, 3.18]

3.1.36**mauvais usage raisonnablement prévisible**

utilisation d'une machine d'une manière qui n'est pas prévue par le fabricant mais qui peut résulter d'un comportement humain envisageable

[Guide ISO/CEI 51, 3.14, modifié]

3.1.37**temps de réponse (de l'équipement de protection)**

durée maximale entre l'apparition d'un événement conduisant à la manœuvre du dispositif de détection et la mise à l'état INACTIF du dispositif de commutation du signal de sortie (OSSD)

NOTE Pour les dispositifs de protection sensibles à la pression, l'événement conduisant à la manœuvre du dispositif de détection est l'application d'une force à l'intérieur de la zone de détection efficace.

[CEI 61496-1, 3.21, modifiée]

3.1.38

verrouillage du redémarrage

dispositif permettant d'empêcher le redémarrage automatique d'une machine après manœuvre du dispositif de détection pendant un cycle dangereux de fonctionnement de la machine, et/ou après modification du mode de fonctionnement de la machine et après modification du moyen de démarrage de la machine

[CEI 61496-1, 3.22]

NOTE Ces modes de fonctionnement comprennent la marche par à-coups, la marche en monocoup et la marche en automatique. Les moyens de démarrage comprennent les interrupteurs à pédale, les commandes bimanuelles et la manœuvre par simple ou double intrusion d'un dispositif de détection d'un équipement de protection électrosensible (ESPE).

3.1.39

risque

combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité

[ISO 12100-1, 3.11]

3.1.40

appréciation du risque

processus global d'analyse et d'évaluation du risque

[ISO 12100-1, 3.13]

3.1.41

partie d'un système de commande relative à la sécurité

SRCS

partie ou sous-partie(s) du système de commande qui répond(ent) à des signaux d'entrée et génère(nt) des signaux de sortie relatifs à la sécurité

NOTE 1 Cela comprend aussi les systèmes de surveillance.

NOTE 2 L'ensemble des parties d'un système de commande relatives à la sécurité commence aux points où les signaux relatifs à la sécurité sont initiés et finit à la sortie des préactionneurs (voir également Annexe A de l'ISO 12100-1).

[CEI 61496-1, 3.23, modifiée]

3.1.42

dispositif de commutation secondaire

SSD

composant qui, dans une condition de blocage à l'arrêt, passe à l'état INACTIF. Le SSD peut être utilisé pour initier une action de commande appropriée de la machine, par exemple l'interruption du circuit qui alimente l'élément de commande secondaire de la machine (MSCE).

[CEI 61496-1, 3.24]

3.1.43

verrouillage du démarrage

dispositif qui empêche un démarrage automatique d'une machine quand l'alimentation électrique de l'équipement ou des équipements de protection est mise sous tension, ou est interrompue et remise sous tension

[CEI 61496-1, 3.26, modifiée]

3.1.44**essai de démarrage**

essai manuel ou automatique qui est réalisé après que l'équipement de protection a été mis sous tension afin d'essayer son système complet de commande relative à la sécurité avant de lancer le fonctionnement normal de la machine

[CEI 61946-1]

3.1.45**contrôleur de performance de mise à l'arrêt
SPM**

moyen de surveillance destiné à déterminer si la performance de mise à l'arrêt de l'ensemble du système s'inscrit dans la ou les limites préétablies

[CEI 61496-1, 3.27]

3.1.46**fonction de déclenchement**

détection d'une personne ou d'une partie d'une personne entrant dans une zone dangereuse, en vue de lancer une fonction d'arrêt (ou sinon assurer une situation sûre)

3.1.47**mise en marche inattendue (intempestive)**

toute mise en marche provoquée par :

- un ordre de mise en marche résultant d'une défaillance à l'intérieur du système de commande ou d'une influence extérieure sur ce système;
- un ordre de mise en marche engendré par une action humaine inopportune sur un organe de service de mise en marche ou sur un autre élément de la machine, par exemple sur un capteur ou un préactionneur;
- le rétablissement de l'alimentation en énergie après une interruption;
- des influences externes / internes (par exemple pesanteur, vent, auto-allumage dans les moteurs à combustion interne) s'exerçant sur des éléments de la machine

NOTE La mise en marche automatique d'une machine en fonctionnement normal n'est pas intempestive, mais peut être considérée comme inattendue du point de vue de l'opérateur. Dans ce cas, la prévention des accidents relève de l'application de mesures de protection.

[ISO 12100-1, 3.29, modifiée]

3.2 Abréviations

Abréviation	Description
AGV	Véhicule à guidage automatique
AOPD	Dispositif protecteur optoélectronique actif
AOPDDR	Dispositif protecteur optoélectronique actif sensible aux réflexions diffuses
ESPE	Équipement de protection électrosensible
EDM	Dispositif de surveillance des commutateurs externes
FSD	Dispositif de commutation terminal
MPCE	Éléments de commande principaux de la machine
MSCE	Élément de commande secondaire de la machine
OSSD	Dispositif de commutation du signal de sortie
PIPD	Dispositif de protection à infrarouge passif
PSPD	Dispositifs de protection sensibles à la pression

SSD	Dispositif de commutation secondaire
SPM	Contrôleur de performance de mise à l'arrêt

4 Choix des mesures de protection

4.1 Procédure (relation avec l'ISO 12100 (toutes les parties))

Cette procédure est une extension de l'étape 2 "réduction du risque par sauvegarde" de la méthode itérative en trois étapes de réduction du risque pour la conception de machines sûres, contenue dans l'Article 5 de l'ISO 12100-1 (voir la Figure 2).

NOTE 1 Cette procédure suppose qu'une évaluation du risque a été effectuée conformément à l'ISO 14121, que des mesures ont été prises pour supprimer ou réduire les risques par une conception intrinsèquement sûre et qu'une sauvegarde au moyen d'un équipement de protection est prise en compte.

Les caractéristiques suivantes doivent être prises en compte dans le processus de sélection lorsqu'un équipement de protection et d'autres mesures de protection nécessaires sont évalués comme moyens de réduction du risque:

- caractéristiques de la machine;
- caractéristiques d'environnement;
- caractéristiques humaines;
- caractéristiques d'équipement de protection.

NOTE 2 Il convient de prendre en compte ces caractéristiques tant pour un usage normal que pour un mauvais usage raisonnablement prévisible.

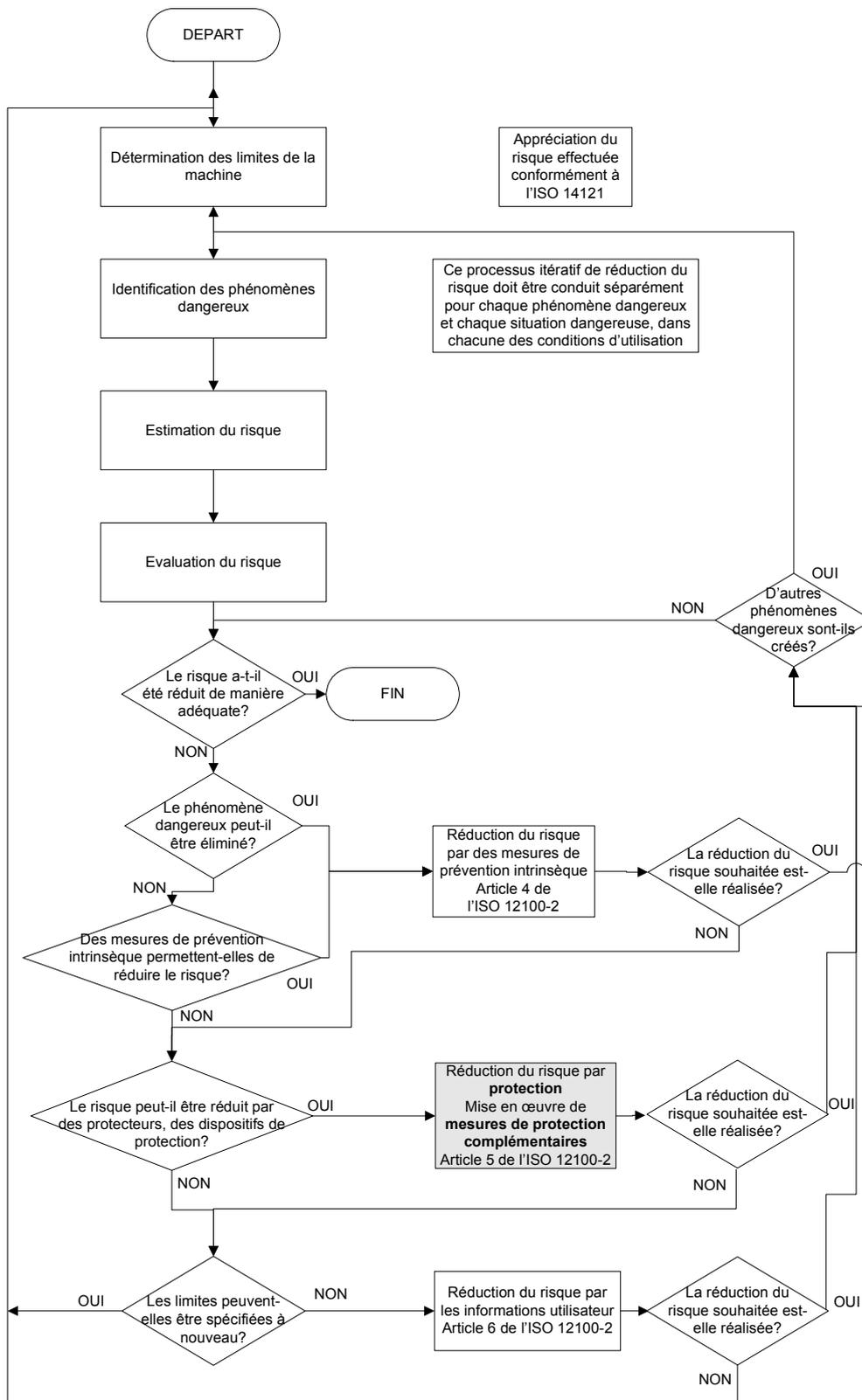


Figure 2 – Processus de réduction du risque (version simplifiée de la Figure 2 de l'ISO 12100-1)

4.2 Caractéristiques de la machine

4.2.1 Adéquation de l'équipement de protection

L'équipement de protection décrit dans cette spécification est généralement choisi lorsque le fonctionnement de la machine nécessite un accès fréquent, une interaction du personnel avec la machine, une bonne visibilité de la machine ou du processus, ou lorsqu'il est difficile de fournir un dispositif de protection fixe. Cependant, certaines caractéristiques de machines particulières peuvent exclure l'utilisation d'équipements de protection comme unique mesure de protection. A titre d'exemples de caractéristiques de machines on peut citer:

- a) la possibilité que les machines éjectent des matériaux, de la limaille ou des composants;
- b) le risque de blessure par rayonnement thermique ou autre rayonnement;
- c) niveaux de bruit inacceptables;
- d) un environnement susceptible d'altérer la fonction de l'équipement de protection (voir 4.3);
et
- e) un matériau en cours de traitement pouvant influencer sur l'efficacité de la mesure de protection.

Si de telles situations existent, des mesures supplémentaires ou d'autres mesures de sécurité peuvent être exigées. A titre d'exemple de mesure supplémentaire que l'on peut appliquer dans ces cas, on peut citer les protecteurs locaux destinés à prévenir l'éjection.

4.2.2 Bonne adaptation d'un équipement de protection comme dispositif de déclenchement

Lorsque l'équipement de protection est utilisé comme dispositif de déclenchement (c'est-à-dire pour détecter l'approche d'une personne ou d'une partie d'une personne), la machine doit s'arrêter de manière fiable avant qu'il ne soit possible d'atteindre la(les) partie(s) dangereuse(s) de la machine (pour les distances minimales, voir l'ISO 13855). Cependant, certaines caractéristiques de machines particulières peuvent exclure l'utilisation d'équipements de protection comme dispositif de déclenchement.

L'équipement de protection est inapproprié en tant que dispositif de déclenchement ou en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence lorsque la performance de mise à l'arrêt de la machine est inconnue, incompatible ou inappropriée par exemple pour les raisons suivantes :

- les caractéristiques de réaction des circuits de commande des machines;
- un freinage inapproprié.

NOTE Si une machine comporte une vitesse, charge ou inertie variable, alors il convient de prendre en compte le cas le plus défavorable.

- l'inaptitude de la machine à s'arrêter à mi-chemin dans un cycle par exemple pour les raisons suivantes:
 - la nature du processus, où l'arrêt provoquerait des phénomènes dangereux supplémentaires;
 - la méthode d'entraînement, par exemple les embrayages à clavette positifs ou mécanismes analogues en vue d'engager l'entraînement disposé de telle sorte qu'une fois mises en marche, les machines peuvent uniquement être arrêtées lorsque le cycle est complet;
 - énergie emmagasinée, par exemple sous forme de pression de réserve dans des réservoirs pneumatiques ou des accumulateurs hydrauliques.

Lorsqu'un équipement de protection ne convient pas pour une application particulière, d'autres mesures de protection telles que des protecteurs mécaniques peuvent être nécessaires ; voir l'ISO 12100 (toutes les parties) et l'Annexe D informative.

4.3 Caractéristiques d'environnement

La fonctionnalité d'un équipement de protection peut être affectée par des influences de l'environnement telles que la température, la pollution, la perturbation électromagnétique, le rayonnement, etc. Le degré auquel les influences de l'environnement peuvent affecter la fonctionnalité de l'équipement de protection peut dépendre de la technologie de détection utilisée par l'équipement de protection. Il convient de réaliser une évaluation attentive de l'environnement prévu et de la technologie de détection de l'équipement de protection au cours du processus de sélection de l'équipement de protection.

Il convient que les spécificateurs (c'est-à-dire les intégrateurs, les utilisateurs finaux, les constructeurs de machines) s'assurent qu'ils détiennent les informations appropriées pour être sûrs que l'équipement de protection convient à l'usage prévu dans tous les environnements raisonnablement prévisibles auxquels l'équipement de protection peut être exposé sur l'ensemble de son cycle de vie opérationnel. Ceci peut prendre la forme d'informations en vue d'une utilisation sûre fournies par le fabricant d'équipements de protection et/ou d'informations contenues dans la norme produit correspondante. Il convient que les spécificateurs demandent des informations complémentaires si l'environnement d'exploitation prévu contient des conditions particulières d'environnement qui ne sont pas abordées par l'information disponible.

Les exemples d'influences de l'environnement qu'il convient de prendre en compte comprennent, de façon non limitative (voir également le Tableau B.1):

- les perturbations électromagnétiques ;
 - les décharges électrostatiques ;
 - les perturbations radioélectriques, par exemple les téléphones mobiles;
- les vibrations/chocs;
- les interférences lumineuses ;
 - la lumière ambiante;
 - le rayonnement infrarouge, par exemple pour les télécommandes;
 - les surfaces réfléchissantes;
 - d'autres ESPE qui peuvent émettre de la lumière interférente;
- la pollution ;
 - l'eau;
 - la poussière;
 - les produits chimiques corrosifs;
- la température;
- l'humidité;
- les conditions atmosphériques;
- le rayonnement.

Des exigences supplémentaires et spéciales peuvent s'appliquer aux équipements de protection des machines qui:

- sont utilisés en plein air (c'est-à-dire à l'extérieur des bâtiments ou d'autres structures de protection);
- utilisent, traitent ou produisent des matériaux explosibles (par exemple la peinture ou la sciure);
- sont utilisés dans des atmosphères explosibles et/ou inflammables;
- comportent des risques spéciaux lors de la production ou de l'utilisation de certains matériaux;
- sont utilisés dans des mines.

Les valeurs minimales (par exemple la plage de fonctionnement, le niveau d'immunité, le niveau de non-défaillance dangereuse, etc.) spécifiées dans les normes de produits sont indiquées dans le Tableau B.1.

NOTE 1 Le Tableau B.1 fournit les lignes directrices pour les critères de sélection d'environnement de l'équipement de protection. Il n'aborde pas la contribution de la réduction du risque de l'équipement de protection.

NOTE 2 Les normes de produits internationales spécifient les informations relatives à une utilisation en toute sécurité exigées du fournisseur. Le matériel de promotion des fournisseurs n'entre pas dans le domaine d'application des exigences des normes internationales de produits et il peut contenir des informations insuffisantes.

NOTE 3 Les informations spécifiques à l'équipement de protection particulier sont fournies dans l'Article 6.

NOTE 4 Si une application est à l'étude et utilise une combinaison de techniques de détection de l'équipement de protection, il convient que le spécificateur tienne compte des caractéristiques correspondantes d'environnement pour chaque technique de détection de l'équipement de protection. De plus, il convient de prendre en compte les interférences croisées éventuelles entre techniques de détection.

4.4 Utilisations de l'équipement de protection

4.4.1 Généralités

Un équipement de protection peut être utilisé comme:

- dispositif de déclenchement; ou
- dispositif de détection de présence; ou
- combinaison du dispositif de déclenchement et du dispositif de détection de présence.

4.4.2 Dispositifs de déclenchement

4.4.2.1 Distance par rapport au phénomène dangereux

Si l'équipement de protection est utilisé comme dispositif de déclenchement, il doit être placé à une distance suffisante du(des) phénomène(s) dangereux spécifique(s) à la machine pour s'assurer que la machine peut s'arrêter ou sinon atteindre une situation sûre avant qu'une partie quelconque d'une personne à l'approche puisse atteindre la zone dangereuse. La distance de séparation minimale doit être maintenue pour toutes les directions prévisibles d'approche.

Cette distance doit prendre en compte:

- a) la capacité de détection de l'équipement de protection par rapport aux caractéristiques humaines (voir 4.5) y compris:
 - la vitesse d'approche;
 - la pénétration/l'empiètement des parties du corps;
 - la possibilité de contournement, et
- b) la performance de mise à l'arrêt de l'ensemble du système (voir 3.1.29 et 4.4.2.2);
- c) dans le cas de pièces mobiles de machines (par exemple, presses à découper, meuleuses de surface) ou des pièces à usiner mobiles pouvant réduire la distance de séparation, la distance de séparation utilisée doit s'appliquer depuis l'extension maximale de la pièce mobile en direction de l'approche.

4.4.2.2 Performance de mise à l'arrêt

La performance de mise à l'arrêt de l'ensemble du système utilisée pour le calcul de la distance de séparation doit comprendre:

- a) le temps de réponse de l'équipement de protection;

- b) le temps maximal dans les conditions les plus défavorables, par exemple, charge maximale, vitesse maximale, etc. pour que la machine s'arrête ou sinon atteigne une situation sûre après réception du signal de sortie de l'équipement de protection;
- c) les facteurs qui peuvent conduire à une détérioration de performance des composants hydrauliques, pneumatiques, électriques et mécaniques, par exemple l'usure, le vieillissement, la température;
- d) une tolérance pour l'accumulation de facteurs tels que les variations de la performance de mise à l'arrêt, les tolérances d'installation, la précision de la mesure du temps, la précision du contrôleur de performance de mise à l'arrêt (SPM, *Stopping performance monitor*), etc.

NOTE En général, il convient que la tolérance totale pour la détérioration de la performance et la variation de la performance de mise à l'arrêt, etc. en c) et d), ne soit pas inférieure à 10 %.

4.4.2.3 Calcul de la distance de séparation minimale

La distance minimale du dispositif de déclenchement par rapport aux phénomènes dangereux de la machine (zone dangereuse) doit être calculée au moyen de la formule générale ci-dessous, qui est extraite de l'ISO 13855:

$$S = (K \times T) + C$$

où:

- S est la distance minimale, en millimètres, des phénomènes dangereux de la machine (zone dangereuse) au point, à la ligne, au plan ou à la zone de détection;
- K est un paramètre, en millimètres par seconde, résultant des données sur les vitesses d'approche du corps ou des parties du corps;

NOTE 1 L'ISO 13855 spécifie les valeurs suivantes de K : vitesse de marche; 1 600 mm/s, membres supérieurs; 2 000 mm/s.

NOTE 2 Dans certaines applications, il peut être nécessaire considérer la vitesse relative d'une personne et d'une machine en mouvement, par exemple, un véhicule à guidage automatique (AGV, *automatic guided vehicle*).

- T est la performance de mise à l'arrêt de l'ensemble du système (voir 3.1.29 et 4.4.2.2);
- C est une distance additionnelle, en millimètres, fondée sur l'intrusion du corps ou d'une(de) partie(s) du corps en direction du phénomène dangereux de la machine (zone dangereuse) avant la manœuvre du dispositif de déclenchement (voir 4.5.3).

NOTE 3 Les informations suivantes sont tirées de l'ISO 13855 (voir également l'Annexe C):

Membres supérieurs $C = 8(d - 14)$ où d est la capacité de détection et est ≤ 40 mm

$C = 850$ lorsque la capacité de détection est > 40 mm

Membres inférieurs: $C = 1\,200 - 0,4H$ où H est la hauteur de la zone de détection

$H \leq 15(d - 50)$ où d est la capacité de détection

Corps entier: $C = 1\,200$ lorsque l'équipement de protection est au sol

$C = 1\,200 - 0,4H$ où H est la hauteur de la zone de détection au point le plus éloigné du phénomène dangereux

Lorsque la valeur calculée de C est inférieure à zéro, une valeur de $C =$ zéro est utilisée.

La valeur de 1 200 mm utilisée pour C en considérant les dispositifs de déclenchement au niveau du sol inclut une tolérance pour le premier pas d'une personne s'avancant dans la zone de détection du dispositif de déclenchement.

Si l'ajustement de la capacité de détection ou le temps de réponse est disponible, les paramètres utilisés pour calculer la distance de séparation minimale doivent être les réglages réels que l'application utilise, ou si ces réglages ne sont pas protégés contre une modification non autorisée, les valeurs maximales (les plus défavorables).

4.4.2.4 Distance de séparation restreinte

Dans certaines applications, le calcul de la distance de séparation minimale peut donner un résultat que l'on ne peut pas adapter en pratique, à savoir que la distance de séparation minimale calculée est trop grande. Dans ces cas, les éléments suivants doivent être pris en compte:

- a) La sélection de l'équipement de protection avec une meilleure capacité de détection ou un temps de réponse plus rapide.
- b) La réduction du temps de mise à l'arrêt total, par freinage amélioré, vitesse ou inertie réduite.
- c) La réduction du temps de réponse de l'ensemble du système, au moyen, par exemple, de raccords fixes à la place d'un bus de terrain, en utilisant des composants avec un temps de réponse plus rapide, en réduisant le nombre de dispositifs d'interposition.
- d) En utilisant une configuration différente d'approche pour réduire l'intrusion vers le phénomène dangereux, par exemple en élevant les dispositifs de déclenchement au niveau du sol de sorte que la tolérance pour le premier pas soit réduite.

4.4.2.5 Mesures de protection supplémentaires

Des mesures de protection supplémentaires doivent être fournies autant que nécessaire pour s'assurer que:

- la zone dangereuse de la machine ne peut être approchée qu'à travers la zone de détection du dispositif de déclenchement;
- une mise en marche inattendue de la machine n'est pas possible après le passage d'une personne à travers la zone de détection du dispositif de déclenchement vers la zone dangereuse de la machine.

Ces mesures de protection supplémentaires peuvent comprendre, par exemple:

- des barrières pour s'assurer qu'une personne ne peut pas s'approcher du phénomène dangereux de la machine à partir de directions non protégées par l'équipement de protection;
- la disposition d'un verrouillage du redémarrage;
- la disposition d'un dispositif de détection de présence;
- des mesures pour arrêter la progression d'une personne présente entre le dispositif de protection et la zone dangereuse.

Si des mesures additionnelles (par exemple des obstacles) sont utilisées pour empêcher la présence d'une personne entre le dispositif de protection et la zone dangereuse, et le dispositif additionnel est conçu pour être retiré, il doit être verrouillé avec le système de commande pour la sécurité de sorte que le mouvement dangereux de la machine ne soit pas possible si les moyens additionnels ne sont pas présents.

Il ne doit pas être possible de créer une situation dangereuse supplémentaire après le passage d'une personne par la zone de détection d'un équipement de protection.

S'il est possible pour une personne de passer à travers un dispositif de déclenchement et, lors d'un comportement prévisible, d'atteindre une position cachée par rapport à l'emplacement de la commande de réinitialisation, des mesures de protection supplémentaires (par exemple, une commande de réinitialisation supplémentaire en temps limité à l'intérieur de la zone sauvegardée, un dispositif de détection de présence, un système à clé captive) doivent être prévues pour empêcher la réinitialisation du verrouillage du redémarrage lorsqu'une personne ou une partie d'une personne est à l'intérieur de la zone sauvegardée.

4.4.3 Dispositif de détection de présence

Si l'équipement de protection est utilisé pour fournir une fonction de détection de présence (c'est-à-dire qu'il détecte continuellement la présence d'une personne ou d'une partie d'une personne dans sa zone de détection) il signale à la machine de rester dans un état sans danger. A la détection, le(s) OSSD de l'équipement de protection passe(nt) à l'état INACTIF et demeurent ainsi jusqu'à ce que la personne ou une partie de la personne se trouve à l'extérieur de la zone de détection et jusqu'à réinitialisation de l'équipement.

Si un équipement de protection est utilisé uniquement comme dispositif de détection de présence, il doit être utilisé conjointement avec d'autres mesures de sécurité (par exemple un protecteur avec dispositif de verrouillage) autant que nécessaire pour s'assurer que la machine est en état non dangereux avant un accès possible.

La zone de détection des dispositifs de détection de présence doit être placée et configurée de sorte qu'une personne ou une partie de la personne soit détectée dans toute la zone dangereuse.

Des mesures supplémentaires peuvent être exigées pour s'assurer que la zone de détection ne peut pas être évitée, par exemple en restant entre la zone de détection et la zone dangereuse ou en arrivant dans la zone dangereuse. Les exemples de mesure pour empêcher les personnes de rester entre la zone de détection et la zone dangereuse sont les suivants:

- l'utilisation de surfaces inclinées pour prévenir la station debout sur le bâti/les pieds de la machine, et
- rendre les surfaces intérieures des clôtures exemptes de protubérances sur lesquelles on pourrait grimper.

4.4.4 Combinaison du dispositif de déclenchement et de détection de présence.

Si l'équipement de protection est utilisé comme une combinaison du dispositif de déclenchement et de détection de présence, les exigences de 4.4.2 et de 4.4.3 s'appliquent.

4.5 Caractéristiques humaines

4.5.1 Généralités

Les caractéristiques humaines devant être prises en compte lors de la sélection de l'équipement de protection sont les suivantes:

- la vitesse et la direction d'approche;
- une partie de l'anatomie humaine (par exemple un doigt, une main, une jambe, le corps entier) à détecter;
- l'interaction humaine avec la machine, y compris le mauvais usage prévisible (voir 5.3.c) de l'ISO 12100-1).

Ces facteurs détermineront également le positionnement de l'équipement de protection. Voir 5.1.

4.5.2 Vitesse d'approche (*K*)

Les vitesses d'approche sont spécifiées dans l'ISO 13855 comme 1 600 mm/s pour une marche normale et 2 000 mm/s pour une extension normale sans précipitation des membres supérieurs. En fonction de l'application, il peut être nécessaire de prendre en compte des vitesses supérieures (par exemple l'usage de bicyclettes à proximité, des raisons prévisibles de courir en direction de la machine, etc.).

Dans le cas d'applications sur des machines mobiles (par exemple des véhicules à guidage automatique (*AGV automatic guided vehicle*)), une appréciation du risque doit être réalisée pour déterminer une vitesse d'approche appropriée à utiliser (à savoir là où le risque de collision peut être évité), mais au minimum la vitesse utilisée doit être soit la vitesse de la machine mobile soit 1,6 m/s en prenant la plus élevée des deux.

4.5.3 Facteur de pénétration/d'empiètement(*C*)

Un équipement de protection conçu pour détecter de grandes parties du corps peut permettre à de petites parties du corps de pénétrer dans la zone de détection. Ceci permettra à des parties plus petites du corps de s'approcher du danger sans détection. Lors du calcul de la distance minimale, une distance additionnelle (*C*) devra être ajoutée pour en tenir compte.

Cette distance additionnelle (*C*) variera, par exemple, entre le cas où l'équipement de protection est destiné à détecter des corps en entier, mais un bras peut demeurer non détecté ou le cas où l'équipement de protection est destiné à détecter des mains mais des doigts peuvent demeurer non détectés. (Voir l'ISO 13855.)

L'empiètement est similaire à la pénétration; cependant, au lieu que la partie du corps pénètre dans la zone de détection, le corps déborde sur la zone de détection. Par exemple, pour un équipement de protection avec sa fonction de détection positionnée à hauteur de taille, il convient de considérer la configuration de flexion du corps au niveau de la taille avec un bras étendu. Dans le cas d'un dispositif de déclenchement au niveau du sol, il convient de prendre en compte la longueur du premier pas.

NOTE La valeur de 1 200 mm utilisée dans l'ISO 13855 pour *C* en considérant les dispositifs de déclenchement au niveau du sol inclut une tolérance pour le premier pas d'une personne s'avançant dans la zone de détection du dispositif de déclenchement.

4.5.4 Capacité pour éviter l'équipement de protection

Un équipement de protection et des mesures de protection additionnelles, autant que c'est nécessaire, doivent être choisis et installés pour prévenir l'accès à la zone dangereuse depuis toute direction. Des mesures de protection additionnelles, peuvent comprendre, par exemple, des protecteurs fixes ou de verrouillage ou des écrans ou un équipement de protection additionnel.

L'équipement de protection doit être choisi et installé avec d'autres mesures de protection de sorte à minimiser la possibilité que des personnes puissent être exposées à un danger dû par exemple aux raisons suivantes:

- accès sur, en dessous ou autour des zones de détection;
- une flexion au-dessus des zones de détection;
- enjambée des zones de détection;
- position à cheval sur les zones de détection au niveau du sol;
- repositionnement du dispositif de détection de l'équipement de protection;
- déviation du(des) faisceau(x) en utilisant des surfaces réfléchissantes qui provoquent une modification de la zone de détection.

Lorsqu'il est prévisible qu'une personne peut éviter la zone de détection d'un dispositif de détection de présence, par exemple en grim pant sur une machine, alors des mesures de protection complémentaires doivent être prévues par exemple un verrouillage du redémarrage ou une réinitialisation manuelle.

4.6 Caractéristiques d'équipement de protection

4.6.1 ESPE

4.6.1.1 Types d'ESPE

Cette norme traite des ESPE utilisant les technologies suivantes:

- Dispositifs protecteurs optoélectroniques actifs (AOPD *Active Opto-electronic Protective Devices*) constitués de barrières immatérielles et de dispositifs à faisceau lumineux unique ou de dispositifs à faisceaux lumineux multiples spécifiés dans la CEI 61496-2;
- Dispositifs optoélectroniques actifs fonctionnant par réflexions diffuses (AOPDDR *Active Opto-electronic Devices operating by Diffuse Reflection*) spécifiés dans la CEI 61496-3.

4.6.1.2 AOPD

Un AOPD utilise le principe d'interruption d'un ou plusieurs faisceaux lumineux entre son émetteur et son récepteur. Lorsqu'un objet opaque (par exemple une personne ou une partie d'une personne) interrompt un faisceau lumineux, le faisceau ne reçoit plus la lumière émise et un signal de sortie est généré. Ce principe est représenté à la Figure 3.

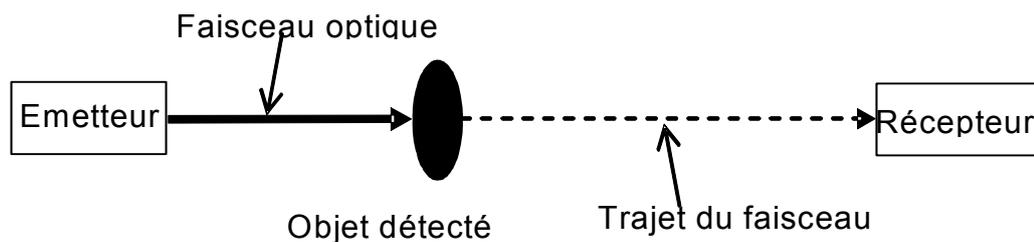


Figure 3 – Principe de détection d'AOPD à faisceaux

Les dispositifs à faisceaux peuvent être utilisés sur des bords opposés d'une ouverture protégée ou le trajet peut être configuré par l'utilisation de miroirs pour encadrer une zone comme représenté à la Figure 4.

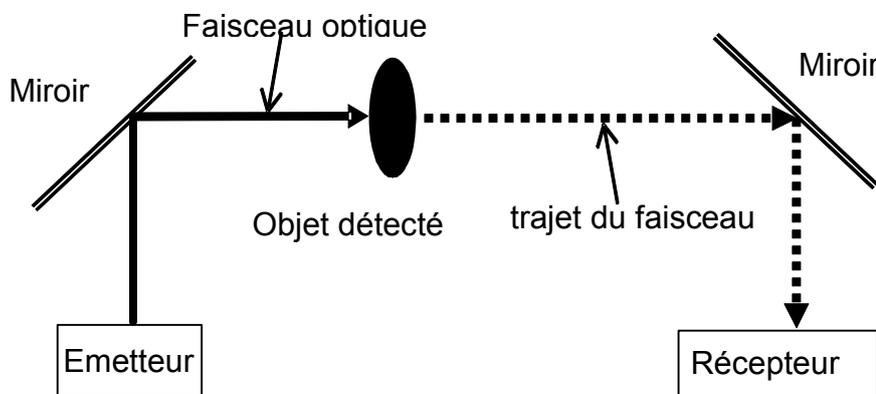


Figure 4 – AOPD à faisceaux utilisant des miroirs

Les dispositifs de rétro-réflexion ont l'émetteur et le récepteur dans le même boîtier et utilisent un rétro-rélecteur pour réfléchir la lumière émise en retour vers le récepteur comme l'illustre la Figure 5.

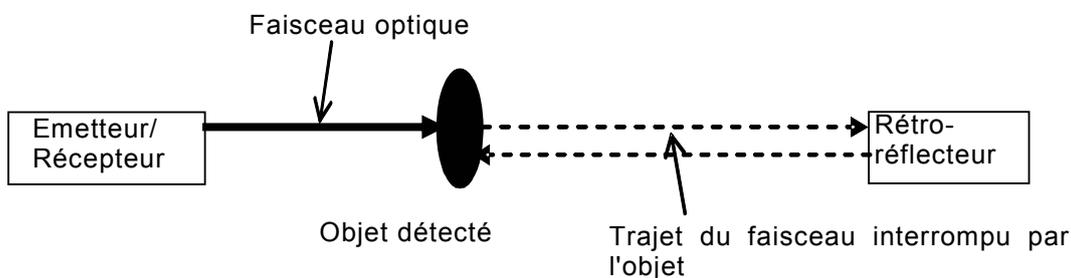


Figure 5 – AOPD de rétroréflexion

4.6.1.3 AOPDDR

Un AOPDDR est constitué d'un émetteur et d'un récepteur contenus dans le même boîtier.

La lumière émise est réfléchiée par un objet par réflexion diffuse et l'AOPDDR détermine l'emplacement de l'objet. Lorsqu'un objet est détecté dans la zone de détection définie, un signal de sortie est généré. Ce principe est représenté à la Figure 6.

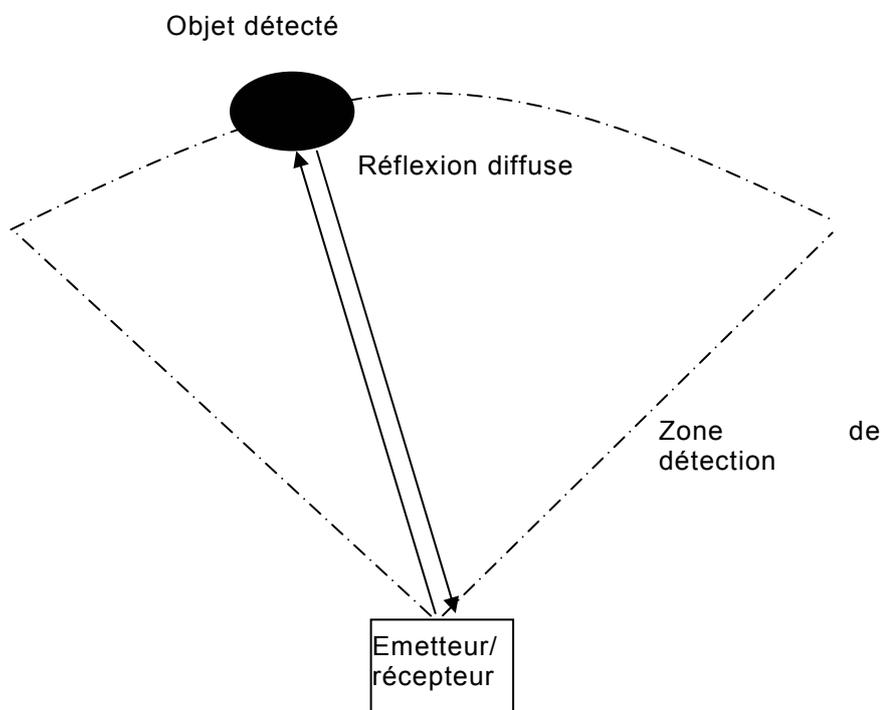


Figure 6 – Principe de détection de l'AOPDDR

Un AOPDDR reçoit la lumière réfléchiée de l'objet, de ce fait un défaut d'émetteur (aucune émission de lumière) ou un défaut de récepteur conduit à une perte de détection. De ce fait,

lorsque l'émetteur comporte un défaut, la fonction de détection des défauts de l'AOPDDR provoque un état de verrouillage dans les limites du temps de réponse spécifié.

La zone de détection peut habituellement être configurée en diverses formes pour prendre en compte des obstacles fixes et éviter la production non désirée d'un signal de sortie qui entraîne un état INACTIF de l'AOPDDR. Les AOPDDR peuvent être utilisés en tant que dispositifs combinés de déclenchement et de détection de présence pour arrêter une machine lorsqu'une personne s'en approche et pour prévenir la mise en marche d'une machine alors qu'une personne se trouve dans la zone dangereuse.

4.6.1.4 PIPD

Les dispositifs de protection à infrarouge passif sont constitués d'un récepteur qui détecte la différence entre le rayonnement thermique d'une personne ou d'une partie d'une personne et le rayonnement thermique de l'environnement. Ils comportent une zone de détection tridimensionnelle.

NOTE Il n'existe pas de norme produit pour les PIPD.

4.6.2 Tapis et planchers sensibles à la pression

Les tapis et sols sensibles à la pression sont actionnés par le poids d'une personne sur le tapis ou le sol. Ils génèrent un signal par l'utilisation, par exemple, de contacts mécaniques, de capteurs à fibres optiques, de capteurs pneumatiques. Les exigences pour les tapis et planchers sensibles à la pression sont données dans l'ISO 13856-1.

4.7 Fonctions système de commande de la machine associées à l'application de l'équipement de protection

4.7.1 Généralités

Les fonctions système de commande de la machine qui peuvent être exigées pour l'application de l'équipement de protection comprennent un dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM), un dispositif de surveillance de performance de mise à l'arrêt (SPM), l'inhibition, le blanking, l'activation de la simple/double intrusion, le verrouillage du démarrage et le verrouillage du redémarrage. Ces fonctions de système de commande sont expliquées de 4.7.2 à 4.7.9.

4.7.2 Contrôle de performance de mise à l'arrêt (SPM)

Le SPM fournit à l'équipement de protection des signaux relatifs au délai et/ou au parcours nécessaire pour que les parties dangereuses de la machine se mettent en position de repos ou en condition de sécurité.

NOTE Les exigences pour les caractéristiques du contrôleur de performance de mise à l'arrêt sont données à l'Article A.3 de la CEI 61496-1.

4.7.3 Dispositif d'inhibition

4.7.3.1 Généralités

Un dispositif d'inhibition est une suspension automatique temporaire d'une fonction de sécurité par le système de commande relatif à la sécurité de la machine. Il peut être utilisé pour permettre l'accès par des personnes ou des matériaux:

- au cours d'une portion non dangereuse du cycle de la machine, ou
- lorsque la sécurité est maintenue par d'autres moyens.

4.7.3.2 Fonction prioritaire dépendant de l'inhibition

La fonction prioritaire dépendant de l'inhibition permet un fonctionnement manuel de la machine afin de dégager le matériau de la zone de détection de l'équipement de protection. La fonction prioritaire est uniquement disponible lorsqu'un capteur d'inhibition au moins est activé. Voir également 9.2.4 de la CEI 60204-1.

4.7.4 Moyen de redémarrage du fonctionnement cyclique par l'équipement de protection

Dans certaines applications, outre sa fonction de sauvegarde, l'équipement de protection peut être utilisé pour relancer le fonctionnement cyclique d'une machine. Les modes suivants de redémarrage sont définis dans la CEI 61496-1:

- simple intrusion, où une activation ou désactivation du dispositif de détection relance le fonctionnement de la machine;
- double intrusion, où deux activations ou désactivations consécutives du dispositif de détection relancent le fonctionnement de la machine.

4.7.5 Verrouillage du démarrage

Un verrouillage du démarrage est un moyen d'empêcher le démarrage automatique du fonctionnement dangereux d'une machine lorsque l'alimentation électrique est mise sous tension, ou interrompue puis rétablie. Le verrouillage du démarrage est réinitialisé par une action humaine intentionnelle.

NOTE La réinitialisation du verrouillage du démarrage peut être réalisée par un organe de mise en marche manuel ou d'autres moyens manuels.

4.7.6 Verrouillage du redémarrage

Un verrouillage du redémarrage est un moyen d'empêcher le redémarrage automatique du fonctionnement de la machine dangereuse après un ou plusieurs des événements suivants:

- activation d'une fonction de sauvegarde,
- une modification du mode de fonctionnement de la machine,
- une modification du moyen de commande de démarrage de la machine.

NOTE 1 Ces modes de fonctionnement comprennent la marche par à-coups, la marche en monocoup et la marche en automatique. Les moyens de commande du démarrage comprennent les interrupteurs à pédale, les commandes bimanuelles et la manœuvre par simple ou double intrusion du dispositif de détection de l'équipement électro-sensible (ESPE).

NOTE 2 La réinitialisation du verrouillage du redémarrage est réalisée par une action humaine intentionnelle, par exemple par la manœuvre d'un actionneur manuel.

4.7.7 Blanking

4.7.7.1 Généralités

Le blanking est une fonction par laquelle une ou plusieurs partie(s) définies de la zone de détection d'un AOPD sont configurées de sorte que les parties de la pièce à usiner ou de la machine puissent s'avancer (en saillie) dans la zone de détection sans provoquer de signal d'ARRÊT.

Le blanking peut être fixe ou flottant.

4.7.7.2 Blanking fixe

Les localisations des parties faisant l'objet d'un blanking ne changent pas pendant le fonctionnement de la fonction blanking.

4.7.7.3 Blanking flottant

La partie de la zone de détection faisant l'objet d'un blanking suit la localisation d'un objet se déplaçant pendant le fonctionnement de la fonction blanking.

4.7.8 Dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM)

Le dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM) peut être utilisé pour détecter une défaillance des dispositifs dans le circuit de mise en marche/d'arrêt, tels que les dispositifs de commutation terminaux et les éléments de commande principaux de la machine (contacteurs, vannes pneumatiques, vannes hydrauliques).

4.7.9 Disposition des fonctions de commande de la machine

Ces fonctions décrites de 4.7.2 à 4.7.8, peuvent être soit prévues comme faisant partie de l'équipement de protection soit être intégrées dans le système de commande relatif à la sécurité de la machine. Lorsqu'elles sont prévues comme faisant partie de l'ESPE conformément à la CEI 61496 ces fonctions satisfont aux exigences correspondantes de l'Annexe A de la partie appropriée de la CEI 61496. Lorsqu'elles sont fournies comme faisant partie du système de commande relatif à la sécurité de la machine, voir la CEI 62061 et l'ISO 13849 (toutes les parties) pour les exigences. Voir l'Article 5 pour les exigences d'application et d'interfaçage.

NOTE Il convient de veiller à ce que la disposition de sorties de commutation additionnelles ou des fonctions externes à l'équipement de protection (par exemple par modules externes) ne réduise pas la performance de l'équipement de protection en deçà de celle exigée pour la réduction du risque.

5 Exigences d'application générale

5.1 Positionnement et configuration de la zone de détection de l'équipement de protection

Le choix de l'équipement de protection, et son positionnement ainsi que sa configuration par rapport au phénomène dangereux sont déterminés par la fonction à réaliser, à savoir la fonction de détection de présence, la fonction de déclenchement, ou la fonction combinée de déclenchement et de détection de présence (voir 4.4).

Le positionnement et la configuration de la zone de détection de l'équipement de protection doivent être déterminés en prenant en compte les éléments suivants:

- les caractéristiques de la machine (voir 4.2);
- les caractéristiques d'environnement (voir 4.3);
- les caractéristiques humaines (voir 4.5);
- les caractéristiques de l'équipement de protection (voir 4.6);
- l'interaction prévue du personnel.

Les réglages de la configuration de l'équipement de protection doivent nécessiter l'utilisation d'une clé, d'un mot de passe ou d'un outil.

5.2 Intégration avec le système de commande relatif à la sécurité

L'équipement de protection doit être connecté au système de commande et configuré conformément aux instructions du fabricant et de la manière identifiée par le concepteur du système de commande relatif à la sécurité comme satisfaisant à la spécification des exigences de sécurité. Des informations complémentaires sont données dans l'ISO 13849 (toutes les parties) et dans la CEI 62061.

Il convient de prendre des précautions particulières lors de l'utilisation d'un système de communication relatif à la sécurité (bus de terrain). En particulier, il convient que le temps de réponse de l'ensemble du système utilisé pour le calcul de la distance de séparation minimale prenne en compte le temps de réponse le plus défavorable du système de communication. Ce temps de réponse peut varier en fonction du protocole, de l'architecture, et de la configuration du système de communication.

NOTE 1 Voir la CEI/TR 62513.

NOTE 2 Les schémas de l'Annexe A représentent des exemples d'interfaçage des ESPE à une machine.

5.3 Performance de l'équipement de protection

5.3.1 Généralités

Il convient que le concepteur du système de commande relatif à la sécurité qui réalise les fonctions de sécurité établisse les exigences de performance pour l'équipement de protection et choisisse l'équipement de protection pour parvenir à la réduction du risque exigée. Des informations complémentaires sont données dans l'ISO 13849 (toutes les parties) et dans la CEI 62061. Il convient que seules les personnes disposant de l'expérience et de la connaissance appropriées choisissent et installent les équipements de protection.

5.3.2 Classification de l'équipement de protection

5.3.2.1 Généralités

Les ESPE sont classés dans les parties correspondantes de la CEI 61496. Les tapis et planchers sensibles à la pression sont spécifiés dans l'ISO 13856-1.

5.3.2.1.1 Types d'ESPE

Les parties correspondantes de la CEI 61496 définissent 3 'types' d'ESPE:

- Les ESPE de Type 2 (définis pour l'AOPD) emploient un essai périodique pour révéler les défaillances dangereuses. L'essai peut être lancé intérieurement ou extérieurement.
- Les ESPE de Type 3 (définis pour l'AOPDDR) sont conçus pour ne pas présenter de défaillance dangereuse du fait d'une condition de premier défaut mais ils peuvent présenter une défaillance dangereuse du fait d'une accumulation de défauts.
- Les ESPE de Type 4 (définis pour l'AOPD) sont conçus pour ne pas présenter de défaillance dangereuse du fait d'une condition de premier défaut ou d'une accumulation de défauts.

NOTE 1 Les Types des parties correspondantes de la CEI 61496 contiennent des exigences additionnelles aux catégories de l'ISO 13849 (toutes les parties).

NOTE 2 Il existe des différences additionnelles dans les exigences de performance pour les ESPE des Types 2, 3, et 4. Voir le Tableau B.1.

NOTE 3 Des recommandations sur le choix du Type approprié d'ESPE sont à l'étude.

5.3.2.1.2 Durée de l'essai fonctionnel de l'ESPE de Type 2

La durée de l'essai fonctionnel d'un ESPE de Type 2 doit être prise en compte pour s'assurer qu'il n'est pas possible pour une personne d'entrer dans une zone dangereuse au cours de l'essai fonctionnel sans être détectée. Il convient d'envisager un verrouillage du redémarrage si la durée de l'essai peut dépasser 150 ms.

5.3.2.1.3 Classification des tapis sensibles à la pression

Les tapis et planchers sensibles à la pression sont spécifiés dans l'ISO 13856-1. Les systèmes de tapis sensibles à la pression sont classés selon les catégories figurant dans

l'ISO 13849 (toutes les parties). Le tapis lui-même ("capteur" dans la norme produit) est normalement en Catégorie 1, le module de commande peut être en Catégorie, 2, 3 ou 4.

Si la catégorie du système de tapis exige la réalisation d'un essai fonctionnel périodique, la durée de l'essai fonctionnel doit être prise en compte pour s'assurer qu'il n'est pas possible pour une personne d'entrer dans une zone dangereuse au cours de l'essai fonctionnel sans être détectée. Il convient d'envisager un verrouillage du redémarrage si la durée de l'essai peut dépasser 150 ms. Lors de la prise en compte de la durée d'essai maximale, le temps de réponse total ne doit pas dépasser 200 ms.

5.3.2.2 Relation avec l'appréciation du risque

La technologie de détection choisie doit être adaptée à la réduction du risque exigée par l'application.

Le comportement de l'équipement de protection en cas de défaillance doit être adapté à la réduction du risque exigée par l'application.

Les normes de produits concernant des machines spécifiques (normes de type C) peuvent fournir des recommandations pour le choix de l'équipement de protection.

NOTE 1 Le risque global pour chaque phénomène dangereux dépend de la sévérité de blessures éventuelles et la probabilité d'occurrence d'une condition dangereuse. Cette probabilité d'occurrence dépend de la fréquence d'exposition, de la durée d'exposition, et de la possibilité de l'éviter.

NOTE 2 La contribution de la réduction du risque exigée de l'équipement de protection dépendra du risque global, du degré de risque tolérable et du niveau de contribution de la réduction du risque par d'autres mesures de protection. La contribution de la réduction du risque fournie par l'équipement de protection dépendra de la technologie de détection. La référence à "faible", "moyen" ou "élevé" dans les 3 alinéas suivants se rapporte à la contribution de la réduction du risque par l'équipement de protection.

Les ESPE de Type 2 peuvent présenter une défaillance dangereuse à la suite d'un premier défaut entre les essais. Pour cette raison, les ESPE de Type 2 ne sont pas susceptibles de convenir aux applications exigeant une réduction du risque élevée.

Les ESPE de Type 3 et les ESPE de Type 4 peuvent convenir à des applications exigeant une réduction du risque de moyenne à élevée si la technologie de détection est appropriée.

Les tapis de Catégorie 2 peuvent présenter une défaillance dangereuse à la suite d'un premier défaut entre les essais. Pour cette raison, les tapis de Catégorie 2 ne sont pas susceptibles de convenir aux applications exigeant une réduction du risque élevée.

Les tapis de Catégorie 3 peuvent convenir à des applications exigeant une réduction du risque de moyenne à élevée.

Les tapis de Catégorie 4 peuvent convenir à des applications exigeant une réduction du risque élevée.

NOTE 3 L'ISO 13856-1 indique qu'il n'est pas possible pour la majorité des capteurs des tapis sensibles à la pression de satisfaire aux exigences spécifiées dans les Catégories 2, 3 et 4, en particulier lorsque l'on considère les dommages mécaniques et les détériorations à long terme. La plupart des capteurs utilisent une voie unique et, de ce fait, l'unité de commande ne peut pas détecter les défauts du capteur. La plupart des tapis sensibles à la pression ne peuvent pas en conséquence remplir les exigences de la Catégorie 3 ou 4.

Lorsque la performance de sécurité de l'équipement de protection dépend des essais périodiques (par exemple les ESPE de Type 2, les systèmes de tapis de Catégorie 2), il convient que la fréquence des essais soit plus grande que la fréquence d'exposition au phénomène dangereux. Des informations complémentaires sont données dans l'Annexe G informative. Au minimum un essai automatique doit être réalisé à chaque mise sous tension de l'équipement de protection.

5.4 Dispositif de surveillance de performance de mise à l'arrêt

La surveillance de la performance de mise à l'arrêt doit être prévue si la performance de mise à l'arrêt peut être soumise à des détériorations (par exemple du fait de l'usure des freins à friction, des vannes pneumatiques, des vannes hydrauliques) entraînant une situation dangereuse (par exemple sur les machines cycliques à chargement manuel). Il convient que la surveillance de la performance de mise à l'arrêt ait lieu à chaque fois que la machine s'arrête, que l'arrêt soit initié par l'activation de l'équipement de protection ou qu'il le soit par une opération normale. Lorsque l'on ne peut y parvenir, les conditions de la machine au cours de l'essai doivent être comparables aux conditions les plus défavorables pouvant exister (par exemple inertie, vitesse, direction, charge similaires).

La surveillance de la performance de mise à l'arrêt n'est pas toujours nécessaire lorsque:

- il a été établi que la performance de mise à l'arrêt est cohérente et n'est pas soumise aux détériorations;

NOTE A titre de guide, à moins que dans des conditions de charge maximales, on puisse s'assurer que la performance de la mise à l'arrêt de l'ensemble du système ne se détériorera pas de plus de 10 % sur la durée de vie de la machine ou sur la période de temps entre les examens complets par une personne compétente, la surveillance de la performance de mise à l'arrêt peut être nécessaire.

- la fréquence de demande du système de mise à l'arrêt est faible (à savoir que la machine s'arrête peu fréquemment);
- l'appréciation du risque montre qu'il n'y a aucun risque de blessure sérieuse même si la performance de mise à l'arrêt se détériore;
- la conception et les caractéristiques assignées du système de mise à l'arrêt sont appropriées et un régime de maintenance efficace est mis en œuvre.

Le contrôleur de performance de mise à l'arrêt doit être réglé de sorte qu'un blocage à l'arrêt se produise lorsque la performance de la mise à l'arrêt de l'ensemble du système dépasse celle utilisée pour le calcul de la distance de séparation minimale.

5.5 Dispositif d'inhibition

5.5.1 Généralités

Le dispositif d'inhibition ne doit être prévu que lorsqu'il est nécessaire pour le processus réalisé sur la machine. On doit s'assurer, là où cela est réalisable, qu'une personne ne peut pas demeurer sans être détectée dans la zone dangereuse lorsque l'inhibition est terminée.

En fonction de l'appréciation du risque, un indicateur destiné à montrer le moment où la fonction d'inhibition est active peut être nécessaire. Cet indicateur indique lorsque la fonction de protection normale est suspendue. Il convient que l'indicateur d'inhibition ait une luminosité suffisante et soit installé de sorte qu'il soit aisément visible depuis toute position prévisible là où une personne peut tenter d'accéder à la zone dangereuse.

La fonction d'inhibition doit être initiée et terminée automatiquement. Cela peut être obtenu par l'utilisation de capteurs choisis et placés de manière appropriée ou, dans certains cas, par des signaux du système de commande relatif à la sécurité. Des signaux, une séquence ou un séquençement incorrects des capteurs ou des signaux d'inhibition ne doivent pas permettre une condition d'inhibition.

NOTE Lorsque l'inhibition est réalisée à l'extérieur de l'équipement de protection, les OSSD de l'équipement de protection continuent de fonctionner mais ne provoquent pas d'interruption du fonctionnement de la machine.

Le circuit qui réalise la fonction d'inhibition doit avoir une performance de sécurité appropriée (SIL ou PL, voir la CEI 62061 ou l'ISO 13849-1). La performance de sécurité du circuit qui réalise la fonction d'inhibition ne doit pas compromettre la performance de la fonction de protection.

Il ne doit pas être possible d'initier la fonction d'inhibition lorsque:

- les OSSD de l'équipement de protection sont à l'état INACTIF;
- l'équipement de protection est en condition de blocage à l'arrêt.

L'interruption et/ou le rétablissement de l'alimentation vers l'AOPD et/ou les capteurs d'inhibition ne doivent pas initier l'inhibition ni permettre la continuation d'un état d'inhibition. Tout défaut du circuit d'inhibition ne doit pas permettre à un état d'inhibition de se produire.

Il ne doit pas être possible pour l'inhibition d'être initiée par un défaut à la terre ou un circuit ouvert des lignes de signaux ou l'alimentation vers les capteurs d'inhibition. La sélection du mode dans lequel la fonction d'inhibition peut être initiée doit nécessiter l'utilisation d'une clé, d'un mot de passe ou d'un outil.

Le réglage manuel de la position ou du rythme auquel l'inhibition se produit doit nécessiter l'utilisation d'une clé, d'un mot de passe ou d'un outil.

Lorsque l'on considère l'application de la fonction d'inhibition, les points suivants doivent être pris en compte (voir aussi l'Annexe F):

- Le lancement et la fin de la fonction d'inhibition uniquement aux moments appropriés dans le cycle de fonctionnement, par exemple par une fonction de validation de l'inhibition;
- le lancement de la fonction d'inhibition par deux capteurs d'inhibition indépendants ou plus tels qu'un premier défaut ne puisse pas provoquer d'état d'inhibition;
- l'interruption de la fonction d'inhibition lorsqu'un quelconque des capteurs d'inhibition maintenant la fonction est désactivé;
- l'utilisation de la commande du rythme et des séquences des capteurs d'inhibition pour s'assurer du fonctionnement correct de l'inhibition;
- la disposition de mesures alternatives pour éviter le contournement de l'équipement de protection;
- la protection contre les dommages et/ou les défauts d'alignement mécaniques;
- la protection contre un mauvais usage prévisible y compris lors de la manipulation;
- l'élimination des risques de piégeage et d'écrasement provenant du matériau au cours du transport.

5.5.2 Inhibition en vue de permettre l'accès par des personnes

L'inhibition peut être utilisée pour permettre l'accès par une personne ou seulement une partie d'une personne:

- au cours d'une portion non dangereuse du cycle de la machine, (par exemple une course d'ouverture non dangereuse d'une presse), ou
- lorsque la sécurité est maintenue par d'autres moyens (par exemple pour un réglage machine en vitesse ou puissance réduite),

afin, par exemple, d'enlever/de remplacer une pièce à usiner.

L'intégration de la fonction d'inhibition ne doit pas réduire la performance des fonctions de sécurité applicables.

5.5.3 Inhibition en vue de permettre l'accès par des matériaux

L'inhibition peut être utilisée pour permettre l'accès par des matériaux uniquement lorsque la sécurité est maintenue par d'autres moyens, par exemple lorsque la présence d'une palette chargée sur un convoyeur empêche l'accès à la zone dangereuse par des personnes.

Les mesures suivantes doivent être envisagées (voir l'Annexe informative F) :

- la limitation de l'inhibition à une durée fixe uniquement suffisante pour que le matériau passe à travers la zone de détection. Lorsque ce temps est dépassé, la fonction d'inhibition doit être interrompue et tous les déplacements dangereux doivent être stoppés;
- la configuration des capteurs d'inhibition en vue de distinguer une personne du matériau qui est autorisé à passer à travers la zone de détection;
- le positionnement des capteurs d'inhibition pour détecter la charge transportée, mais ni la palette ni l'unité de transport de sorte que l'on empêche les gens d'entrer dans la zone en grim pant sur la palette ou l'unité de transport;
- l'installation des capteurs d'inhibition suffisamment près de l'ESPE de sorte qu'il ne soit pas possible pour des personnes d'entrer dans la zone dangereuse en précédant ou en suivant immédiatement la palette ou le système de transport sans être détectées tandis que la fonction d'inhibition est active ;
- le positionnement de l'ESPE ou des capteurs d'inhibition pour éviter les risques résultant de la possibilité de piégeage de parties du corps, par exemple entre l'ESPE ou les capteurs d'inhibition (ou les éléments fixes de l'installation) et une unité de transport ou le produit. (Exemple d'une solution: flexible, des portes battantes de 500 mm surveillées par des capteurs de position) ;

NOTE 1 Des informations sur des espaces minimaux en vue d'éviter un écrasement sont fournies dans l'ISO 13857.

- la conception de l'accès à une zone dangereuse, de sorte qu'il ne soit pas possible pour des personnes d'entrer sans être détectées en passant par l'espace entre la charge transportée et les éléments fixes de l'installation tandis que la fonction d'inhibition est active et que le produit ou l'unité de transport est mobile ou fixe dans la zone d'inhibition ;

NOTE 2 Il convient de prendre en considération les risques de piégeage et d'écrasement.

- la disposition d'une fonction prioritaire dépendant de l'inhibition.

NOTE 3 La fonction prioritaire dépendant de l'inhibition peut nécessiter un verrouillage du redémarrage séparé dans certaines applications.

Lorsque le produit (la palette ou l'unité de transport) quitte la section surveillée (zone d'accès de commande), la fonction de sécurité (commande d'accès par l'AOPD) doit être restaurée.

5.5.4 Fonction prioritaire dépendant de l'inhibition

Une fonction prioritaire dépendant de l'inhibition, à fonctionnement manuel peut être nécessaire pour permettre la suppression des blocages de la zone de détection de l'équipement de protection. Lorsqu'une fonction prioritaire dépendant de l'inhibition est active, l'accès à la zone dangereuse peut être possible sans activer la fonction de déclenchement. La fonction prioritaire dépendant de l'inhibition doit permettre le fonctionnement des éléments dangereux uniquement dans des conditions de risques réduites. Pour les détails des conditions de risques réduites voir l'ISO 12100-2, 4.11.9.

Lorsqu'un produit ou une unité de transport est arrêté dans la zone de détection de l'ESPE ou des capteurs d'inhibition, la fonction d'inhibition doit être annulée et tous les mouvements dangereux arrêtés. La remise en marche de l'installation doit uniquement être possible au moyen d'une action intentionnelle une fois que les conditions de fonctionnement sûres ont été rétablies.

La fonction prioritaire doit uniquement être permise lorsque la sortie de l'ESPE est à l'état INACTIF et/ou au moins un capteur d'inhibition est activé. A partir d'une condition de verrouillage (lorsqu'un défaut dangereux est détecté) il ne doit pas être possible d'actionner la fonction prioritaire.

La fonction prioritaire dépendant de l'inhibition doit:

- être activée:

- soit par l'utilisation d'un dispositif à action maintenue à rappel par ressort situé de sorte qu'il ne soit pas possible d'entrer dans la zone dangereuse en maintenant l'action sur le dispositif à action maintenue, et de sorte que la zone dangereuse soit visible lors de l'actionnement du dispositif;
- soit par l'utilisation d'un interrupteur à clé ou d'un bouton-poussoir à action momentanée tout aussi sûr lorsque:
 - la fonction prioritaire est automatiquement arrêtée après identification d'une séquence correcte de signaux d'inhibition, et
 - aucun accès à la zone dangereuse n'est possible pendant la séquence prioritaire;
 - un arrêt d'urgence peut être initié à partir de la même position.
- être uniquement activée lorsqu'au moins un des capteurs d'inhibition est actionné;
- s'arrêter automatiquement lorsque tous les capteurs d'inhibition sont désactionnés;
- s'arrêter automatiquement après expiration d'une limite de temps prédéterminée;
- uniquement permettre les mouvements qui sont nécessaires pour permettre la suppression des blocages de la zone de détection de l'équipement de protection.

Des mesures doivent être prévues pour empêcher l'activation de la fonction prioritaire dépendant de l'inhibition du fait d'un défaut ou d'un fonctionnement intempestif du dispositif de déclenchement.

5.6 Moyen de redémarrage du fonctionnement cyclique par l'équipement de protection

5.6.1 Généralités

L'utilisation de cette fonction est restreinte aux applications utilisant les AOPD de type 4 utilisés comme un dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence. Le redémarrage du fonctionnement cyclique par l'équipement de protection doit être uniquement pris en considération pour les machines à chargement manuel, par un seul opérateur et dont les opérations sont répétitives et à durée en cycles courts.

S'il y a plus d'un AOPD pour sauvegarder la machine, seul l'un d'entre eux à la fois doit être capable de réinitialisation du cycle. A la suite d'une modification par laquelle l'AOPD est capable d'effectuer le redémarrage du fonctionnement cyclique, une remise en marche réalisée par une action manuelle intentionnelle doit être nécessaire.

NOTE Dans le cas d'une configuration en cascade des AOPD avec un OSSD commun, cette configuration est considérée comme un seul AOPD.

L'équipement de protection ne doit pas être le seul moyen de lancer le fonctionnement de la machine. Les commandes de démarrage conventionnelles de la machine (par exemple des boutons-poussoirs, pédales) et la sélection du mode approprié (protecteur seul, redémarrage à actionnement simple, redémarrage à actionnement double) de l'équipement de protection en utilisant, par exemple, un interrupteur à clé doivent être prévues.

Un verrouillage du démarrage et un verrouillage du redémarrage doivent être prévus.

Pour réduire la possibilité d'un redémarrage inattendu, la capacité de détection minimale de l'équipement de protection doit être de 30 mm pour la détection de la main ou 50 mm pour la détection de la jambe ou du corps entier.

Il ne doit pas être possible pour des personnes de passer à travers la zone de détection en direction de la zone dangereuse et causer ainsi le redémarrage du fonctionnement de la machine (voir 4.4.2). Ceci peut nécessiter l'utilisation de mesures de protection additionnelles. Lorsque des protecteurs mécaniques amovibles sont utilisés, ils doivent être verrouillés avec le système de commande de sorte que leur retrait arrête la machine et prévienne le redémarrage avant qu'un redémarrage manuel n'ait été effectué.

L'accès à la zone dangereuse ne doit pas être possible sans actionner l'AOPD.

NOTE 1 Il convient d'envisager la possibilité d'activation de l'équipement de protection par la pièce à traiter.

Lorsque l'actionnement simple ou l'actionnement double est sélectionné, les conditions de fonctionnement doivent être les suivantes:

Le premier cycle de la machine doit être initié en utilisant une commande de démarrage conventionnelle. D'autres fonctionnements peuvent être actionnés, en fonction du mode d'actionnement sélectionné, à condition que:

- le fonctionnement soit relancé dans un délai en adéquation avec la durée des cycles de la machine, et
- lorsque le redémarrage ne se produit pas dans le délai prévu, l'équipement de protection initie un verrouillage du redémarrage. Ce délai doit être aussi court que possible, mais ne doit pas dépasser 30 s;
- le redémarrage ne se produise que lorsque la durée d'actionnement de l'équipement de protection est d'au moins 100 ms;
- il n'y ait pas d'actionnement de l'équipement de protection au cours du fonctionnement dangereux. Un tel actionnement doit initier un verrouillage du redémarrage nécessitant un redémarrage manuel de la machine.

NOTE 2 Il convient de réaliser le réglage, la maintenance et les opérations similaires non liées à la production en mode protecteur seulement.

NOTE 3 Une vérification fonctionnelle de l'équipement de protection est recommandée avant de commencer à utiliser le redémarrage par actionnement simple ou actionnement double.

5.6.2 Exigences particulières pour les applications utilisant des presses

La hauteur de la table de presse doit être d'au moins 750 mm au-dessus du niveau de l'opérateur en station debout. Si la table est inférieure à 750 mm en hauteur, cette hauteur doit être obtenue par l'utilisation de protecteur(s) fixe(s) ou de verrouillage à proximité de la table de presse. L'ouverture d'un protecteur verrouillé quelconque, donnant accès aux outils, doit provoquer l'arrêt de la(des) fonction(s) de redémarrage par actionnement simple ou double. Ces fonctions doivent nécessiter une re-sélection avant de pouvoir être utilisées après la fermeture du protecteur avec dispositif de verrouillage.

Il ne doit pas être possible de se tenir entre la barrière matérielle et la table ou les outils, ou à côté de la table ou des outils.

La longueur de la course d'ouverture doit être égale ou inférieure à 600 mm et la profondeur de la table de presse doit être égale ou inférieure à 1 000 mm.

Il doit être uniquement possible de sélectionner le redémarrage par actionnement simple ou double lorsque la presse est en une position spécifiée, par exemple au point mort haut (PMH).

5.7 Verrouillage du démarrage

Un verrouillage du démarrage doit être prévu à l'exception du cas où l'appréciation du risque révèle que la possibilité de blessure ne sera pas réduite par un verrouillage du démarrage, par exemple lorsque le verrouillage du démarrage est déjà fourni par d'autres parties du système de commande de la machine.

5.8 Verrouillage du redémarrage

Un verrouillage du démarrage doit être prévu sauf dans le cas où l'appréciation du risque révèle que la possibilité de blessure ne sera pas réduite par un verrouillage du redémarrage, par exemple lorsque qu'il n'est pas possible d'être dans la zone dangereuse sans une détection.

NOTE 1 Il convient de prendre des précautions particulières dans l'appréciation du risque pour les machines mobiles, par exemple là où il est possible de tomber ou grimper sur la machine de sorte que le dispositif de protection ne soit pas activé.

NOTE 2 Il convient d'envisager la possibilité de sortir et de rentrer à nouveau dans la zone dangereuse sans une détection par l'intermédiaire de la structure de la machine ou par d'autres méthodes prévisibles.

Un verrouillage du redémarrage doit être prévu là où l'équipement de protection est utilisé en tant que dispositif de déclenchement pour le ceinturage de zone.

Un verrouillage du redémarrage ne doit pas comporter de temporisation.

5.9 Blanking

Le blanking n'est applicable qu'aux AOPD. Voir 6.1.3.3.

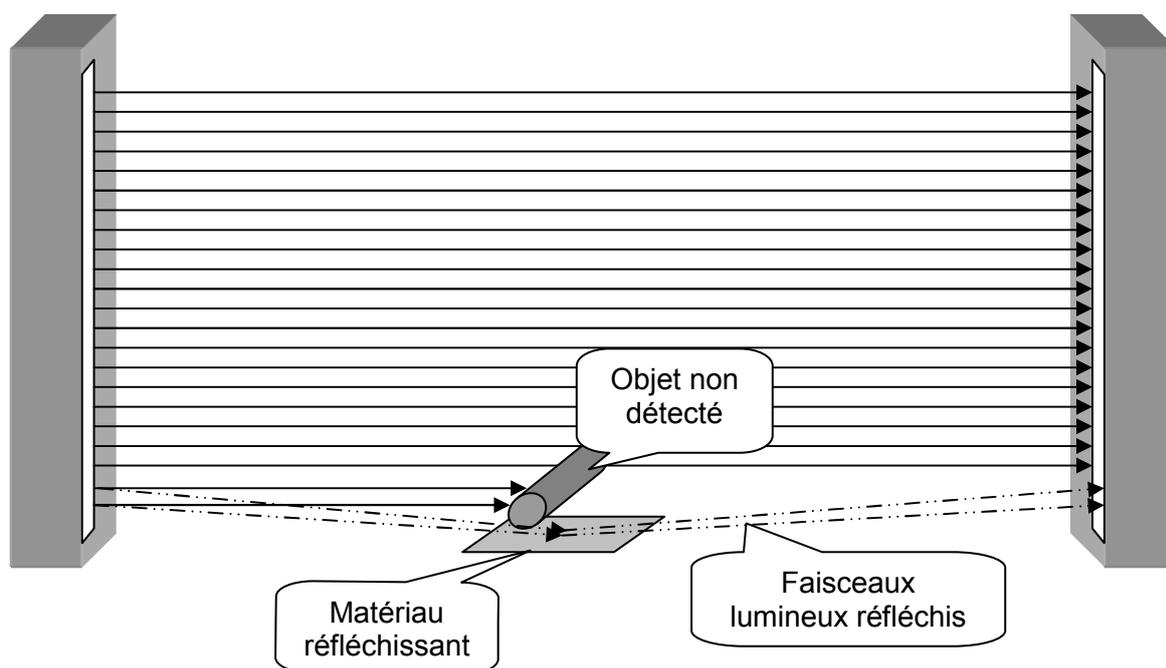
6 Exigences d'application particulières pour les équipements de protection spécifiques

NOTE Des exemples d'application sont donnés à l'Annexe C et à l'Annexe E.

6.1 AOPD

6.1.1 Généralités

Les dispositifs à faisceaux lumineux et les barrières immatérielles dépendent, pour leur activation, de l'interruption d'un ou plusieurs faisceaux lumineux. Les surfaces réfléchissantes à proximité du(des) faisceau(x) lumineux peuvent réduire la capacité des AOPD à détecter l'objet prévu, comme l'illustre la Figure 7.



IEC 406/04

Figure 7 – Exemple de l'effet des surfaces réfléchissantes

Les lignes directrices du fabricant d'AOPD sur la façon d'éviter l'effet des surfaces réfléchissantes doivent être suivies. Pour y parvenir au cours de tout le cycle de vie de la machine, il est nécessaire de prendre en compte des facteurs tels que l'usure des surfaces peintes, les modifications des matériaux des processus, la divergence des faisceaux, l'influence de l'environnement, etc.

6.1.2 Dispositif(s) à faisceaux lumineux

6.1.2.1 Généralités

Les dispositifs à faisceaux lumineux peuvent être constitués d'un ou plusieurs faisceaux. Ils sont habituellement utilisés en tant que dispositifs de déclenchement pour la détection de l'ensemble du corps dans le ceinturage de la zone. Un verrouillage du redémarrage ou un dispositif de détection de présence est habituellement nécessaire pour empêcher le redémarrage inattendu. Du fait que les dispositifs à faisceaux lumineux ne sont habituellement pas dotés d'une capacité de détection spécifiée mais qu'ils ne détectent que l'interruption du(des) faisceau(x), ils nécessitent un positionnement judicieux pour s'assurer de leur efficacité.

Pour le calcul de la distance de séparation minimale, le temps de réponse de chaque faisceau par rapport à la taille et à la vitesse de la partie du corps qui passera à chaque hauteur doit être pris en compte.

Le positionnement doit prendre en compte les éventualités suivantes:

- un empiètement entre, sur et sous les faisceaux;
- une pénétration non détectée des parties du corps, par exemple mains/bras;
- l'action de ramper en dessous, de grimper dessus ou de sauter par-dessus.

Les hauteurs de 2, 3, et 4 faisceaux données dans le Tableau 1 (tirées de l'ISO 13855) se sont avérées être d'application très pratique.

Tableau 1 – Hauteurs de faisceaux pour dispositifs à faisceaux lumineux

No. de faisceaux	Hauteurs au-dessus du plan de référence, par exemple le sol mm
4	300, 600, 900, 1 200
3	300, 700, 1 100
2	400, 900

NOTE Un plus grand nombre de faisceaux peut réduire la possibilité de pénétration ou de contournement. Il convient d'utiliser uniquement deux faisceaux lorsque le contournement est difficile, par exemple en raison de la présence d'obstacles fixes dans l'ouverture.

6.1.2.2 Interférences croisées

Les dispositifs à faisceaux lumineux peuvent être soumis à des interférences croisées entre les faisceaux avoisinants, ou entre les dispositifs avoisinants. Des mesures doivent être prises afin de réduire le risque d'interférences croisées. De telles mesures peuvent comprendre:

- des mesures prévues par le fabricant du dispositif, par exemple différents codes;
- une installation et des fixations sûres;
- alterner le sens des faisceaux avoisinants;
- l'orientation du sens des faisceaux;
- l'alignement des dispositifs, l'utilisation de déflecteurs de lumière et des moyens d'éviter les surfaces réfléchissantes pour empêcher qu'un émetteur alimente le récepteur d'un dispositif à faisceau lumineux différent.

6.1.3 Barrières immatérielles

6.1.3.1 Orientation de la zone de détection

Les barrières immatérielles peuvent être orientées en une de six formes (voir l'Annexe C):

- approche normale – là où la zone de détection est normale à la direction d'approche;
- approche parallèle – là où la zone de détection est parallèle à la direction d'approche;
- approche en biais – là où la zone de détection est à un autre angle par rapport à la direction d'approche;
- approche en combinaison – là où la zone de détection combine deux ou plusieurs de celles citées ci-dessus;
- forme double fixe – là où la zone de détection peut être sélectionnée comme étant soit normale soit parallèle à la direction d'approche. La distance de séparation doit être maintenue dans les deux orientations de la zone de détection;
- forme double rotative – si la zone de détection peut être convertie en une position soit normale soit parallèle à la direction d'approche en soumettant à rotation la barrière immatérielle autour d'un pivot. Il ne doit pas être possible faire tourner la barrière immatérielle en direction des parties dangereuses si la distance de séparation minimale ne peut pas être maintenue.

Pour les calculs de distance de séparation, là où l'angle d'approche est supérieur à 30°, il est considéré comme une approche normale et si l'angle d'approche est inférieur à 30°, il est considéré comme une approche parallèle.

6.1.3.2 Interférences croisées

Les barrières immatérielles peuvent être soumises à une interférence croisée entre dispositifs adjacents. Des mesures doivent être prises afin de réduire le risque d'interférences croisées. De telles mesures peuvent comprendre:

- des mesures prévues par le fabricant des barrières immatérielles, par exemple différents codes;
- une installation et des fixations sûres;
- alterner le sens des faisceaux des dispositifs avoisinants;
- l'alignement des dispositifs, l'utilisation de déflecteurs de lumière et des moyens d'éviter les surfaces réfléchissantes pour empêcher qu'un émetteur alimente le récepteur d'une barrière immatérielle différente.

6.1.3.3 Blanking

Pour prévenir une éventuelle mauvaise utilisation, le blanking ne doit pas être disponible sauf lorsque c'est nécessaire pour le fonctionnement de la machine.

Le blanking peut être utilisé pour permettre la présence des parties de la pièce à usiner ou de la machine dans la zone de détection lorsque la sécurité est maintenue par d'autres mesures, par exemple:

- la partie de la zone de détection faisant l'objet d'un blanking est continuellement et entièrement occupée par des matériaux, des dispositifs de montage, des protecteurs fixes ou des protecteurs amovibles de verrouillage (voir la Figure 8); ou
- la barrière immatérielle fonctionne en 'mode opposé' pour tous les faisceaux fixes faisant l'objet d'un blanking, à savoir que la barrière immatérielle passera à l'état INACTIF, si une zone qui devrait être obstruée devient dégagée, ou
- la distance de séparation est augmentée conformément à l'ISO 13855 du fait de la modification de la capacité de détection. Les informations sur la capacité de détection modifiée sont exigées du fabricant d'AOPD.

L'installation doit être de nature à minimiser la possibilité de perte de capacité de détection provoquée par les surfaces réfléchissantes dans la zone faisant l'objet d'un blanking (voir aussi 6.1.1).

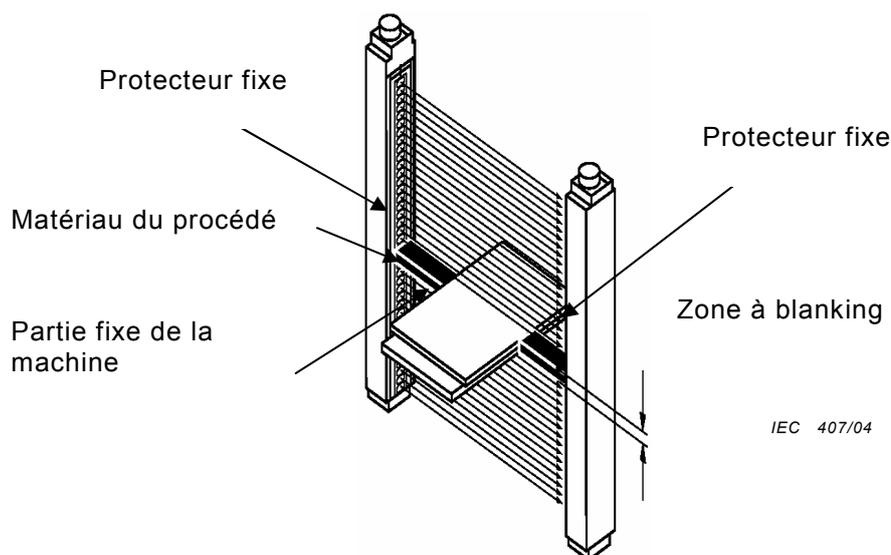


Figure 8 – Exemple d'utilisation du blanking

6.2 AOPDDR

Les AOPDDR sont utilisés tant dans des applications statiques que mobiles.

NOTE Des exemples d'application sont donnés à l'Annexe C et à l'Annexe E.

Les AOPDDR selon la CEI 61496-3 sont des ESPE de Type 3.

Lors de la configuration de la zone de détection d'un AOPDDR, on doit veiller à s'assurer que:

- la zone de détection couvre complètement la zone dangereuse;
- aucune zone d'ombre ne se crée derrière les objets, qui puisse permettre à des personnes de s'approcher trop près de la zone dangereuse, pour respecter la distance de séparation minimale calculée;
- les instructions du fabricant d'AOPDDR relatives aux interférences et surfaces réfléchissantes environnantes de l'arrière-plan sont prises en compte;
- les instructions pour configurer la(les) zones de détection y compris l'examen de la(des) zones de tolérance sont prises en compte;
- les instructions concernant la distance exigée minimale entre la limite d'une zone de détection et les objets qu'il n'est pas nécessaire de détecter (par exemple, des parois ou des parties de machines) sont prises en compte;
- aucun danger ne puisse survenir dans une application particulière en raison de la présence d'une ou de plusieurs zones à capacité de détection limitée.

NOTE Il peut être utile de repérer la limite de la zone de détection sur le sol.

Dans des applications mobiles, il ne doit pas exister de risques de piégeage ou d'écrasement au bord de l'ensemble de la zone de détection. Dans des applications mobiles, plusieurs facteurs supplémentaires doivent être pris en compte pour maintenir une distance de séparation appropriée, par exemple:

- des conditions environnementales difficiles;
- l'environnement physique (par exemple les propriétés réfléchissantes) varie par suite du mouvement;
- la performance du système de mise à l'arrêt et les éventuelles détériorations;
- une modification des conditions au niveau du sol ou du plancher (par exemple une présence occasionnelle d'eau, d'huile ou de glace) qui peut influencer la distance d'arrêt;
- la zone dangereuse se déplace avec la machine (le phénomène dangereux premier est le choc ou l'écrasement provoqué par la machine en mouvement);
- la direction d'approche d'un objet peut varier, par exemple du fait de modifications de direction du mouvement du véhicule;
- la direction d'approche d'une personne peut varier du fait de modifications de direction du mouvement du véhicule et/ou de la personne;
- si la machine se déplace sur des surfaces irrégulières la hauteur efficace de la zone de détection peut varier par rapport à sa position prévue;
- différentes vitesses de mouvement doivent être prises en compte, par exemple:
 - la vitesse de la machine (et l'AOPDDR);
 - la vitesse relative de la machine et l'objet à détecter, par exemple :
 - une personne,
 - des bicyclettes,
 - des chariots élévateurs à fourche,
 - d'autres véhicules.

6.3 PIPD

6.3.1 Généralités

Avant qu'une norme produit pour PIPD ne soit publiée, les PIPD ne sont pas considérés comme adaptés en tant que moyen unique de protection contre les phénomènes dangereux de la machine et il convient d'être très vigilant dans la sélection et l'utilisation de ces dispositifs. Il convient qu'une fonction de détection ne repose pas sur la détection d'une personne par un PIPD.

Des PIPD peuvent détecter la différence entre une personne et un objet inanimé, à condition que le rayonnement thermique d'une personne soit différent de celui de l'arrière-plan. Certains PIPD ne peuvent détecter que des personnes en mouvement. De tels PIPD ne doivent pas être utilisés en tant que dispositifs de détection de présence.

Le déclenchement parasite par des PIPD peut se produire si le rayonnement thermique d'objets autres que des personnes (par exemple, matériaux de processus à chaud, appareils de chauffage) est détecté.

La distance de séparation minimale calculée doit être augmentée d'une distance supplémentaire représentant l'intrusion en direction de la zone dangereuse avant la manœuvre de l'élément de détection du PIPD. Cette distance est une caractéristique inhérente au PIPD, spécifiée par le fabricant du PIPD.

6.3.2 Applications mobiles

En dimensionnant la zone de détection, les valeurs de la zone de tolérance et l'extension exigée à la zone de détection doivent être ajoutées à la distance de séparation minimale S .

S'il est possible qu'une personne se tienne debout entre l'avant du véhicule et la zone de détection lorsque le véhicule est immobile, alors d'autres mesures de sécurité doivent être prévues pour empêcher les blessures au démarrage du véhicule.

Un PIPD ne constitue pas un moyen de prévention contre les collisions entre des véhicules.

6.4 Tapis et planchers sensibles à la pression

6.4.1 Planchers sensibles à la pression

Les planchers sensibles à la pression sont constitués de plaques rigides mobiles qui actionnent des capteurs de position, par exemple des interrupteurs de fin de course. Les planchers sensibles à la pression ne doivent pas être utilisés lorsque la déformation de la plaque ou des objets étrangers sous la plaque peuvent rendre le dispositif incapable de détecter une personne marchant dessus.

6.4.2 Tapis sensibles à la pression

6.4.2.1 Critères de sélection

Les facteurs que l'on doit prendre en compte lors de la sélection d'un tapis sensible à la pression comme dispositif de protection comprennent la fabrication du tapis, les conditions d'environnement, le comportement en présence de défauts, (par exemple catégorie selon l'ISO 13849 (toutes les parties)) et les conditions fonctionnelles (par exemple la possibilité de contournement).

6.4.2.2 Fabrication du tapis

L'intégrité de sécurité du tapis dépend de sa fiabilité et de sa résistance aux défauts plus que de la détection de défaut; de ce fait, une détérioration non détectée de la performance de

détection (du fait, par exemple, de la pénétration lente de poussières, de liquides ou de gaz) peut se produire.

Certains types de tapis sensibles à la pression ne peuvent pas détecter une personne se tenant déjà debout sur le tapis lorsque l'alimentation électrique est sous tension ou est interrompue et rétablie. Ces tapis ne doivent pas être utilisés comme dispositifs de protection.

La sensibilité peut être compromise par une charge statique (par exemple un matériau de processus reposant sur la surface du tapis).

Les points d'entrée des câbles aux tapis peuvent être tels que:

- il n'y a pas de danger de déclenchement du fait des câbles de connexion;
- toute zone morte contiguë au point d'entrée des câbles de connexion n'est pas dans la zone prévue pour la détection des personnes;
- le câble n'est pas dans une position où le dommage mécanique est probable.

Lorsque la différence de hauteur des surfaces horizontales contiguës est 4 mm ou plus, une installation au ras du sol ou une petite rampe doit être utilisée. Si une rampe est utilisée, son inclinaison ne doit pas dépasser 20°.

Lors de l'utilisation d'une combinaison de tapis, les zones mortes de la zone de détection doivent être évitées. Pour obtenir des lignes directrices, voir les Figures B.1 et B.2 de l'ISO 13856-1.

Lorsqu'un système de tapis est utilisé comme dispositif de déclenchement, la distance de séparation minimale du bord du tapis par rapport au phénomène dangereux doit tenir compte des conditions les plus défavorables, par exemple la longueur du premier pas d'une personne sur le tapis de toute direction possible d'approche.

Les dimensions du tapis doivent être choisies pour empêcher une personne de marcher dessus ou de sauter au-dessus de celui-ci.

6.4.2.3 Conditions d'environnement

Les conditions d'environnement qui doivent être prises en compte lorsque l'on envisage la sélection d'un tapis sensible à la pression comme dispositif de protection comprennent les points suivants:

- la contamination en surface du tapis donnant lieu à un risque de glisser;
- les irrégularités de la surface de montage du tapis pouvant altérer la sensibilité du tapis;
- la circulation à roues sur le tapis (chariots élévateurs à fourche ou autres véhicules lourds pouvant causer des dommages au tapis, spécialement au freinage, à l'accélération ou aux virages);
- les produits chimiques (comme les huiles, les solvants, les huiles de coupe) pouvant provoquer des modifications dans les propriétés du tapis, telles que le gonflement ou le durcissement du matériau, entraînant une modification de la sensibilité;

NOTE 1 Le fabricant du tapis fournit habituellement des informations dans les fiches techniques sur l'environnement chimique admissible. Des revêtements de surface spéciaux peuvent également être disponibles.

- effets de la température. Le domaine minimal de température exigé dans l'ISO 13856-1 est compris entre +5 °C et +40 °C; les environnements froids peuvent rendre le matériau du tapis rigide et les environnements chauds peuvent rendre le matériau mou, modifiant ainsi la sensibilité du tapis;

- des corps étrangers tels que des éclaboussures de soudure, de la limaille ou du sable peuvent user ou endommager le tapis. Des revêtements de protection supplémentaires spécifiés par le fabricant peuvent être utilisés.

NOTE 2 D'autres revêtements supplémentaires peuvent altérer la sensibilité du tapis.

6.4.2.4 Manœuvre fréquente

L'intégrité de sécurité du tapis dépend de sa fiabilité et de sa résistance aux défauts. Le tapis doit être choisi pour résister au nombre prévu de manœuvres et à la fréquence de fonctionnement.

6.4.2.5 Manœuvre rare

Si des tapis sont rarement actionnés, il sera nécessaire pour l'utilisateur de réaliser des essais périodiques pour vérifier l'intégrité du tapis.

6.4.2.6 Propriétés physiques du tapis

Les propriétés physiques du tapis peuvent provoquer des problèmes dans certaines applications. Les points suivants au minimum doivent être pris en compte:

- une déformation ou un durcissement permanent(e) de la surface du tapis peut former des "ponts" sur des parties du champ de détection;
- dans la plupart des conceptions, il existe un vide d'air interne à l'intérieur du tapis. La pénétration de matériaux (petites ou grandes particules), comme des insectes, gaz ou liquides corrosifs peuvent entraîner une défaillance du tapis. De petits orifices pourraient ne pas être détectés lors de la maintenance.

6.4.2.7 Surface de montage

Des irrégularités du plancher ou d'autres surfaces de montage peuvent altérer la fonction du tapis et doivent, de ce fait, se situer dans les limites établies par le fabricant du tapis.

Le tapis doit être fixé à demeure de façon sûre pour prévenir un mouvement accidentel ou volontaire du tapis laissant ainsi non protégé l'accès à la zone dangereuse.

7 Examen et essai

7.1 Généralités

Il convient d'utiliser les procédures suivantes pour s'assurer que la machine et l'équipement de protection peuvent être mis en fonctionnement en toute sécurité:

- a) Essai et examen initiaux. Lorsque l'installation est d'abord mise en service, et après réparation ou modification, il convient d'examiner et d'essayer la machine et l'équipement de protection.
- b) Examen et essai périodique à intervalles convenables.

De plus, il convient de réaliser des vérifications fonctionnelles pour s'assurer que la machine et l'équipement de protection continuent de fonctionner en toute sécurité entre les examens périodiques et les essais.

7.2 Essai et examen initiaux

Il convient que l'examen et l'essai initial soient réalisés par des personnes compétentes dotées des connaissances et de l'expérience nécessaires, et qui possèdent ou ont accès à toutes les informations techniques fournies par le fournisseur de la machine et de l'équipement de protection.

Il convient d'enregistrer les résultats de l'examen et l'essai initiaux, et que des copies de ce dossier soient conservées par l'utilisateur. Il convient que les résultats de l'examen et l'essai à la suite de la réparation ou la modification soient également enregistrés et conservés par l'utilisateur.

Il convient que des personnes réalisant l'examen et l'essai s'assurent que la norme générale de performance suivante soit atteinte:

- a) il convient qu'il ne soit pas possible pour les parties dangereuses de la machine d'être réglées en fonctionnement alors qu'une partie d'une personne est en une position propre à actionner l'équipement de protection; et
- b) l'actionnement de l'équipement de protection au cours d'une phase du cycle de fonctionnement, lorsqu'il y a ou peut y avoir un risque, doit donner lieu à ce que la machine soit amenée à un état non dangereux avant qu'une partie quelconque d'une personne puisse atteindre un phénomène dangereux. Il ne doit pas être possible pour le fonctionnement dangereux de recommencer avant que l'équipement de protection n'ait été complètement rétabli en condition normale et que la machine ait été remise en marche manuellement.

Il convient également que les personnes effectuant l'examen et l'essai:

- c) examinent la position de l'équipement de protection (par exemple, la barrière immatérielle) pour s'assurer qu'il est réglé à la distance correcte de séparation de la zone dangereuse telle qu'enregistrée dans les informations d'utilisation de la machine et/ou de l'équipement de protection;
- d) s'assurent que des sauvegardes supplémentaires aient été fournies, si nécessaire, pour prévenir l'accès à la zone dangereuse depuis toute direction non protégée par l'équipement de protection;
- e) soumettent à l'essai le temps de réponse global en utilisant un instrument de chronométrage adapté à cet effet et qu'elles s'assurent qu'il s'agit du même que le temps de réponse global enregistré sur l'étiquette ou la plaque d'information ou bien qu'il soit inférieur à celui-ci;
- f) s'assurent qu'il n'est pas possible pour une personne de se tenir en position debout entre l'équipement de protection et la zone dangereuse;
- g) soumettent à l'essai la capacité de détection de l'équipement de protection conformément aux recommandations du fournisseur;
- h) vérifient que les recommandations du fournisseur concernant l'équipement de protection au regard des surfaces réfléchissantes à côté de la zone de détection ont été satisfaites;
- i) examinent les commandes de la machine et ses connexions à l'équipement de protection pour s'assurer que les exigences du concepteur de la machine et de l'équipement de protection sont satisfaites;
- j) examinent le contrôleur de performance de mise à l'arrêt (s'il est en est équipé) pour s'assurer qu'il est correctement positionné et installé, soumettent à l'essai le fonctionnement satisfaisant aux recommandations du fournisseur et s'assurent que les moyens par lesquels la performance de la mise à l'arrêt de l'ensemble du système peuvent être évalués par l'opérateur, présentent des indications correctes;
- k) essaient les dispositions d'inhibition et/ou de blanking (s'il en existe) et vérifient qu'elles ne sont pas faciles à manipuler;
- l) vérifient chacune des voies d'un système à deux voies en vue d'un fonctionnement correct;
- m) vérifient que les réglages de l'équipement de protection pouvant entraîner une condition d'insécurité nécessitent l'utilisation d'une clé, d'un mot de passe ou d'un outil;
- n) vérifient toutes les fonctions, y compris que les manœuvres de verrouillages de démarrage et de redémarrage, peuvent fonctionner;
 - i) vérifient que l'équipement de protection fonctionne dans tous les modes applicables de fonctionnement de la machine;

- ii) lorsqu'il est possible de mettre hors tension l'équipement de protection, que le fonctionnement dangereux de la machine cesse dans le temps de réponse spécifié;
- o) vérifient que lorsque des éléments de suppression des transitoires sont utilisés, ils sont connectés à travers la charge et non pas à travers les circuits de sortie;
- p) vérifient que les dispositifs électromécaniques dans des circuits de sortie sont surveillés conformément à la conception;
- q) que là où des fonctions telles que l'inhibition, le blanking, et/ou le démarrage du fonctionnement cyclique sont prévues, la sécurité soit maintenue tandis que chaque fonction est active;
- r) examinent tous les freins et embrayages (le cas échéant) selon les recommandations du fournisseur.

7.3 Examen et essai périodique

Il convient que l'utilisateur s'assure que des personnes qui effectuent des examens et des essais périodiques soient convenablement formées et/ou qualifiées. La période de temps entre chaque examen et essai périodique dépendra de toutes réglementations nationales, de la machine et de la réduction du risque fournie par l'équipement de protection mais, en général, il convient qu'elle ne dépasse pas six mois.

Il convient d'enregistrer les résultats de l'examen et l'essai, et qu'une copie de ce dossier soit conservée par l'utilisateur.

Il convient que la personne effectuant l'examen et l'essai s'assure que les mêmes normes générales de performance que celles de l'examen et l'essai initiaux soient atteintes et il convient également:

- a) qu'elle vérifie que l'équipement de protection soit solidement monté dans la position déterminée pour la mise en service;
- b) qu'elle s'assure que des sauvegardes supplémentaires aient été installées, si nécessaire, pour prévenir l'accès à la zone dangereuse depuis toute direction non protégée par l'équipement de protection;
- c) qu'elle vérifie que la performance de la mise à l'arrêt globale soit satisfaisante;
- d) qu'elle s'assure qu'il ne soit pas possible pour une personne de se tenir en position debout entre l'équipement de protection et la zone dangereuse sans être détectée à moins qu'un verrouillage du redémarrage ne soit prévu;
- e) qu'elle vérifie les éléments de commande principaux de la machine (MPCE) pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et n'ont pas besoin de maintenance et/ou de remplacement;
- f) qu'elle examine la machine pour s'assurer qu'il n'y a pas d'autres aspects mécaniques ou structurels qui empêcherait la machine de s'arrêter ou d'assumer une condition par ailleurs sûre, lorsque cela est requis par l'équipement de protection;
- g) qu'elle examine les commandes de la machine et ses connexions à l'équipement de protection pour s'assurer qu'aucune modification n'a été effectuée susceptible de compromettre le système;
- h) si applicable, qu'elle vérifie les dispositions de redémarrage de cycle;
- i) qu'elle réalise les essais fonctionnels décrits dans la documentation de la machine et 7.4.

7.4 Vérifications fonctionnelles

Il convient d'effectuer fréquemment les vérifications fonctionnelles (par exemple, quotidiennement), en fonction du risque. Ces vérifications peuvent être effectuées par un opérateur convenablement formé. Ces vérifications doivent comprendre:

- a) une vérification d'après laquelle l'équipement de protection (y compris capteurs d'inhibition, si applicable) est solidement monté en position et qu'il n'y a aucun signe de modification, de dommage ou de détérioration;
- b) une vérification selon laquelle l'accès aux parties dangereuses des machines n'est pas possible depuis toute direction sans protection par l'équipement de protection, et la protection mécanique supplémentaire telle que des protecteurs latéraux et arrière sont en place et intacts;
- c) une vérification selon laquelle la distance de séparation de la zone dangereuse au champ de détection de l'équipement de protection n'est pas inférieure à la distance indiquée sur la plaque d'information de la machine et/ou de l'équipement de protection;
- d) une vérification qu'il n'est pas possible pour une personne de se tenir en position debout entre le champ de détection de l'équipement de protection (comme la barrière immatérielle) et la zone dangereuse;
- e) une vérification de l'efficacité de l'équipement de protection sous tension mais la machine étant au repos comme suit:
 - 1) d'abord établir que l'équipement de protection fonctionne en vérifiant l'état des indicateurs appropriés, et s'assurer que l'équipement de protection n'est pas inhibé;
 - 2) insérer l'éprouvette d'essai appropriée dans le champ de détection de l'équipement de protection ;
 - i) lorsqu'un AOPD est utilisé, il convient de passer l'éprouvette d'essai en la faisant descendre très lentement le long de la barrière immatérielle en trois emplacements: à proximité d'une colonne d'émetteur/récepteur, à proximité de l'autre colonne d'émetteur/récepteur, et au milieu de la barrière immatérielle. Il convient que le voyant lumineux indiquant la manœuvre (l'interruption) de l'équipement de protection (par exemple une barrière immatérielle) change d'état quand la pièce d'essai pénètre et quitte l'équipement de protection (barrière immatérielle) et il convient qu'il ne change pas d'état pendant tout le temps où l'éprouvette d'essai est située dans la zone de détection;
 - ii) lorsqu'un tapis ou un plancher sensible à la pression est utilisé, actionner le tapis /plancher en plusieurs endroits (par exemple en se mettant debout dessus) et vérifier que le tapis/plancher fonctionne (par exemple en observant les voyants lumineux) ;
 - iii) lorsqu'un AOPDDR est utilisé, insérer la pièce d'essai dans la zone de détection en divers points autour de la limite de la zone de détection. Il convient que le voyant lumineux indiquant la manœuvre de l'AOPDDR change d'état quand la pièce d'essai pénètre et quitte la zone de détection et il convient qu'il ne change pas d'état pendant tout le temps où l'éprouvette d'essai est située dans la zone de détection. Cette vérification doit être réalisée pour toutes les zones de détection disponibles.
 - 3) lorsque l'équipement de protection est utilisé en tant que dispositif de déclenchement, lancer le fonctionnement de la machine et engager l'éprouvette d'essai dans la zone de détection de l'équipement de protection. Il convient que l'axe de l'éprouvette d'essai soit perpendiculaire à la zone de détection de manière à interrompre la partie minimale. En aucun cas, il ne convient de tenter d'engager l'éprouvette d'essai dans la zone dangereuse. A l'insertion de l'éprouvette d'essai pendant un fonctionnement dangereux, il convient que les parties dangereuses de la machine reviennent au repos, ou à une condition par ailleurs sûre, sans délai apparent;
 - 4) lorsque l'équipement de protection est utilisé en tant que dispositif de détection de présence, engager l'éprouvette d'essai dans la zone de détection de l'équipement de protection et tenter de lancer le fonctionnement de la machine. En aucun cas, il ne convient de tenter d'engager l'éprouvette d'essai dans la zone dangereuse. Il ne doit pas être possible de lancer un fonctionnement dangereux tant que l'équipement de protection est actionné. Dans le cas des tapis ou planchers sensibles à la pression, il convient d'utiliser un poids pour actionner le tapis/plancher pour éviter d'avoir à se tenir à proximité de la zone dangereuse ;

- f) vérifier que lorsque l'équipement de protection est inhibé le fonctionnement des machines n'est plus dangereux ou la sécurité est maintenue par d'autres moyens. Par exemple, pendant la course ascendante (ouverture) d'une presse. Vérifier que l'indicateur d'inhibition (lorsqu'il est prévu) est lumineux lorsque l'équipement de protection a été inhibé;
- g) vérifier que le contrôleur de performance de mise à l'arrêt (s'il est prévu) est utilisé, est monté et fonctionne de la manière recommandée par le fournisseur;
- h) rechercher les signes extérieurs de dommage sur l'équipement ou sur le câblage électrique.

8 Informations pour la sécurité d'utilisation

L'intégrateur doit fournir toutes les informations nécessaires pour le fonctionnement et la maintenance.

Ces informations doivent au moins contenir les éléments suivants:

- une description générale du système de sécurité de l'équipement de protection;
- l'identification des parties relatives à la sécurité;
- les schémas de câblage;
NOTE Cette exigence n'est pas prévue pour inclure le schéma des circuits internes de l'équipement de protection.
- les diagrammes (fonctionnels) d'ensemble;
- si applicable, les informations sur les paramètres des systèmes d'inhibition, par exemple la position des capteurs d'inhibition;
- les instructions d'utilisation, y compris les lignes directrices pour l'examen périodique;
- l'identification des risques résiduels;
- les instructions de maintenance;
- les conseils sur l'examen et les essais périodiques;
- les limites environnementales;
- le cas échéant, les informations d'utilisation fournies par le fabricant d'équipements de protection;
- le cas échéant, les détails de protection mécanique supplémentaire, par exemple, une protection contre les lésions.

Annexe A (informative)

Exemples d'interfaçage des ESPE à une machine

A.1 Intégration d'un équipement de protection avec la sortie d'un système de commande de la machine

NOTE Les exemples de circuits illustrés ici ne sont pas censés représenter des solutions uniques à une application donnée ni constituer une limitation à l'innovation ou aux avancées technologiques. Ces exemples sont donnés uniquement comme des solutions représentatives destinées à illustrer certaines des notions d'intégration d'équipements de protection, et ont été simplifiés dans un but de clarification. De ce fait, ils peuvent être incomplets.

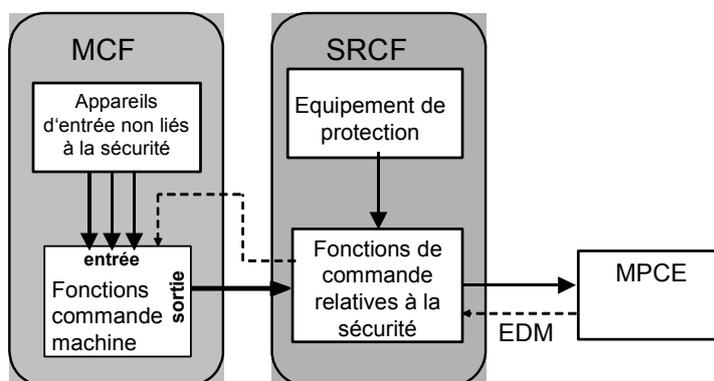
A.1.1 Principe d'intégration

La Figure A.1 illustre le principe d'intégration de l'équipement de protection électrosensible avec un système de commande relatif à la sécurité et avec un système de commande de fonctionnement de la machine qui n'est pas relatif à la sécurité. Le fonctionnement de l'équipement de protection et d'autres fonctions relatives à la sécurité sur l'élément de commande principal de la machine MPCE (*MPCE: Machine Primary Control Element*) est indépendant des fonctions opérationnelles du système de commande de la machine.

NOTE L'équipement de protection peut réaliser des fonctions de commande relatives à la sécurité.

Les abréviations supplémentaires suivantes sont utilisées dans les figures de cette annexe:

- MCF Fonctions de commande de la machine
- SRCF Fonctions de commande relatives à la sécurité
- MPCE Élément de commande principal de la machine
- MSRCS Système de commande relatif à la sécurité de la machine



NOTE Les flèches indiquent les fonctions, pas le nombre de canaux.

IEC 408/04

Figure A.1 – Intégration au système de commande

A.1.2 Exemples d'intégration d'un ESPE avec un PLC hors sécurité

La Figure A.2 représente un exemple d'intégration dans un circuit de catégorie 4.

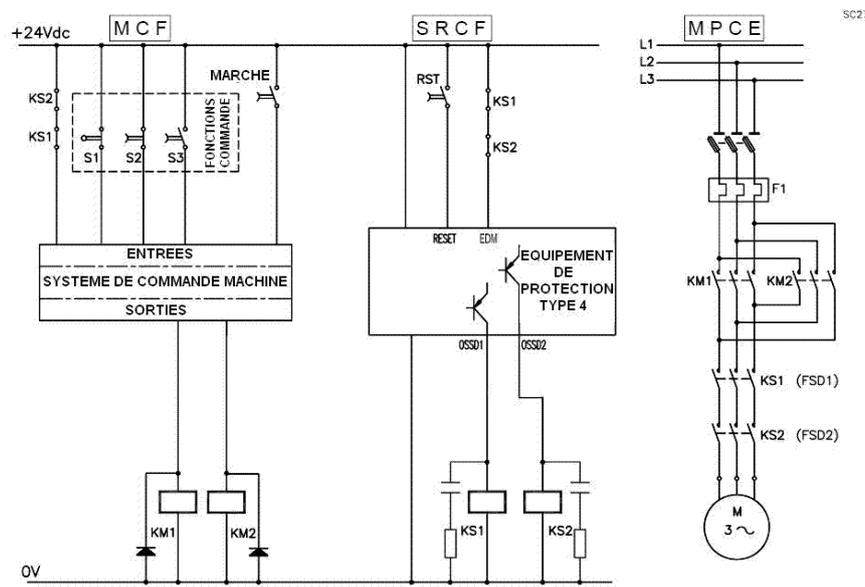


Figure A.2 – Exemple d'intégration – Catégorie 4

KS1 et KS2 sont des contacteurs avec des contacts miroirs.

KS1 et KS2 sont les dispositifs de commutation terminaux (FSD, *final switching device*).

La structure à voie double est assurée par la chaîne de OSSD1 – la bobine de KS1 / OSSD2 – la bobine de KS2, et la connexion en série des contacts de KS1 et de KS2 sur la ligne d'alimentation du moteur.

La surveillance du statut des contacts de KS1 et de KS2 est réalisée par la ligne d'entrée du dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM) de l'AOPD.

La ligne KS1 - KS2 sur les entrées de l'AP est donnée pour information uniquement.

Le temps de réponse des fonctions de commande relatives à la sécurité (SRCF, *Safety Related Control Functions*) est la somme du temps de réponse de l'AOPD et du temps de désactivation de KS1 ou de KS2 (en prenant la valeur la plus grande des deux), y compris le temps de rebondissement des contacts. Le temps de désactivation de KS1 ou de KS2 comprend le délai introduit par le réseau R-C en parallèle avec les bobines.

Le temps de mise à l'arrêt total est la somme du temps de réponse de SRCF plus le temps de réponse de l'élément de commande principal de la machine (MPCE, *Machine Primary Control Element*) plus le temps de mise à l'arrêt de la machine. Le temps de réponse de tout dispositif supplémentaire ajouté dans la chaîne SRCF - MPCE doit être pris en compte dans le calcul du temps de mise à l'arrêt total.

Si l'AOPD ne contrôle pas la possibilité de court-circuit entre les fils connectant les OSSD et les bobines des dispositifs de commutation terminaux (FSD *final switching device*), la possibilité de ce court-circuit doit être évitée par une disposition appropriée du câblage.

La Figure A.3 représente un exemple d'intégration avec un équipement de protection supplémentaire dans un circuit de catégorie 4.

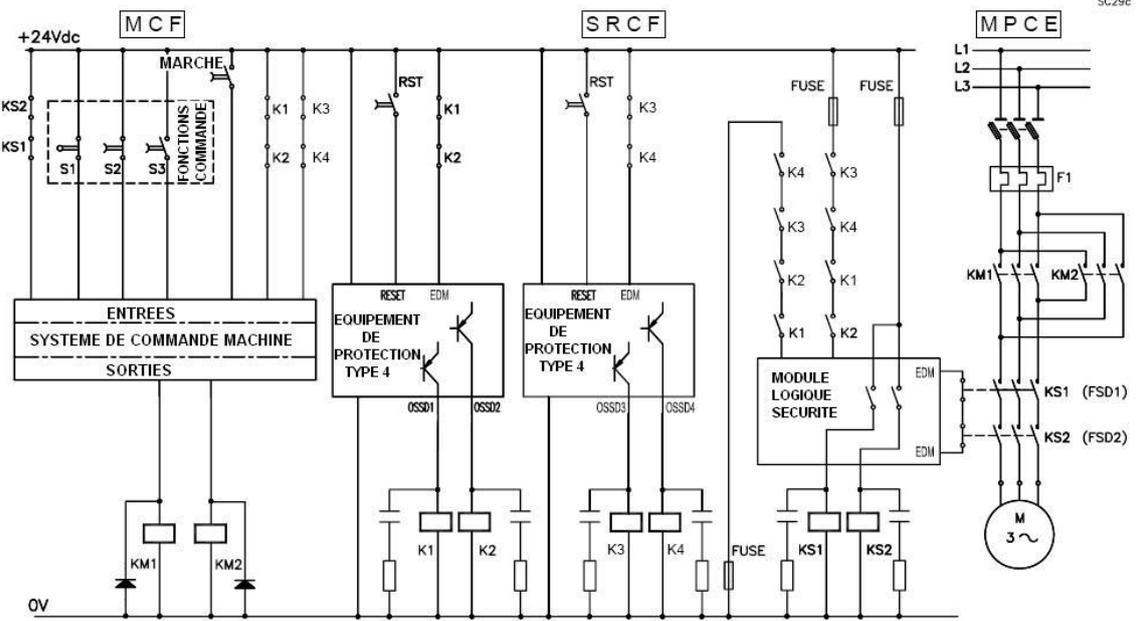


Figure A.3 – Exemple d’intégration – Catégorie 4

Tout dispositif de protection supplémentaire ajouté le long de la chaîne de sécurité (Equipement de protection supplémentaire dans l’exemple) doit comporter des sorties de sécurité redondantes et doit être surveillé.

Tout dispositif hors sécurité ou des dispositifs relatifs à la sécurité d’un niveau inférieur d’intégrité de sécurité ajouté à une chaîne de sécurité, ou des dispositifs de sécurité non surveillés, empêcheront ou réduiront les caractéristiques de protection du système de sécurité.

La Figure A.4 illustre un exemple d’une intégration incorrecte qui est généralement considérée comme satisfaisant aux exigences de la catégorie 4.

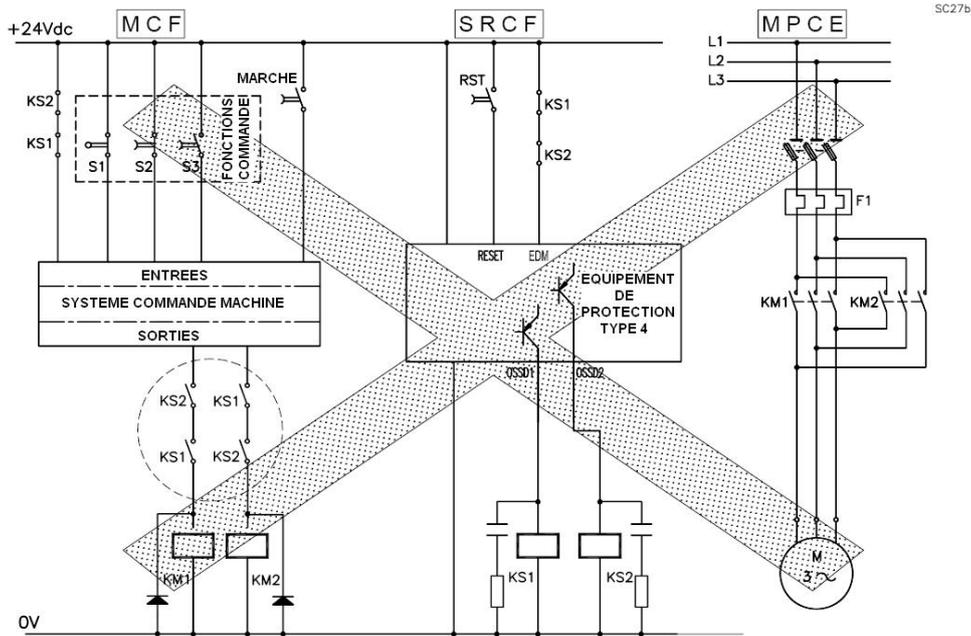


Figure A.4 – Exemple d’intégration incorrecte – Catégorie 4

Si les contacts de KS1 et KS2 interrompent la puissance aux bobines des contacteurs de moteur KM1 ou KM2, la structure à voie double sur la ligne d'alimentation électrique du moteur n'est pas accomplie. Une défaillance de l'ouverture de KM1 ou KM2 (par exemple causée par des contacts soudés) empêche la mise à l'arrêt par l'AOPD.

Pour cette application, voir la Figure A.2.

La Figure A.5 illustre un exemple d'une intégration incorrecte qui est généralement considérée comme satisfaisant aux exigences de la catégorie 4.

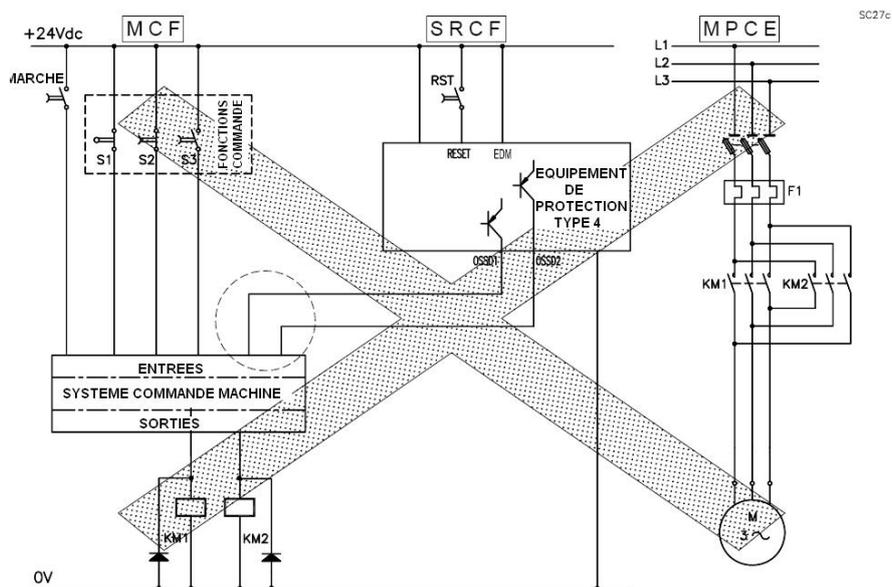


Figure A.5 – Exemple d'intégration incorrecte – Catégorie 4

Si les OSSD de l'AOPD sont connectés au module d'entrées d'un AP hors sécurité, la structure à double voie fait défaut. Outre la défaillance des contacts de KM1 ou de KM2, les pannes de matériel et de logiciel au sein de l'AP peuvent prévenir la mise à l'arrêt du moteur.

Un exemple d'intégration d'un ESPE dans un système de catégorie 4 est illustré à la Figure A.6.

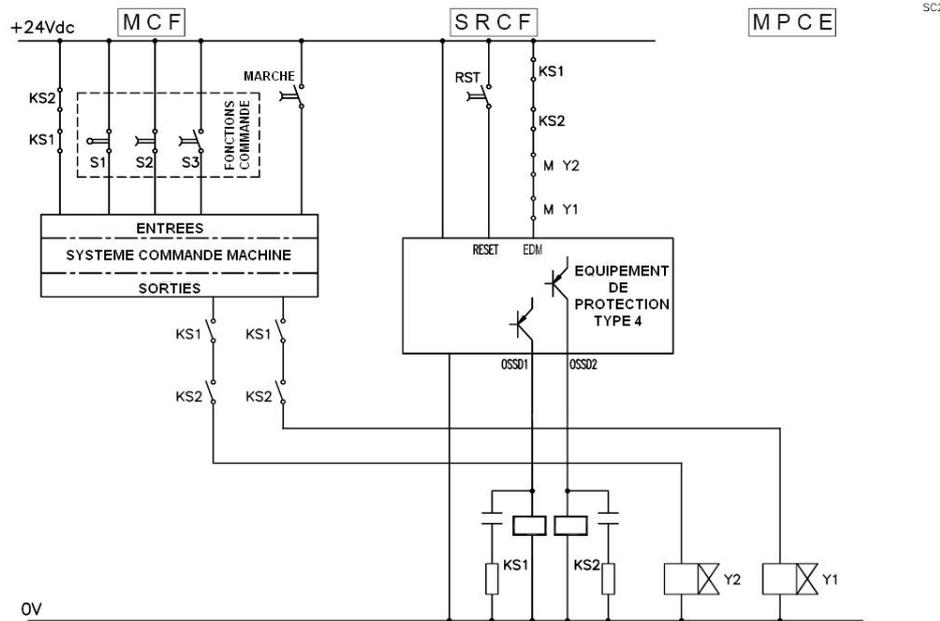


Figure A.6 – Exemple d'intégration d'un ESPE: Catégorie 4

Dans ce cas, l'élément de commande principal de la machine (MPCE: *Machine Primary Control Element*) est une vanne électro-hydraulique avec surveillance et redondance internes.

La structure à voie double est assurée par la chaîne constituée de OSSD1 – la bobine de KS1 / OSSD2 – la bobine de KS2, et la connexion en série des contacts de KS1 et de KS2 entre la sortie de l'AP et la bobine de la vanne électro-hydraulique.

Les dispositifs de commutation terminaux (FSD *final switching device*), sont surveillés par l'entrée du dispositif de surveillance des commutateurs externes (EDM *External device monitoring*) de l'AOPD.

Le temps de réponse des fonctions de commande relatif à la sécurité (SRCF, *Safety Related Control Functions*) est la somme du temps de réponse de l'AOPD et du temps de désactivation de KS1 ou de KS2 (en prenant la valeur la plus grande des deux), y compris le temps de rebondissement des contacts. Le temps de désactivation de KS1 ou de KS2 comprend le délai introduit par le réseau R-C en parallèle avec les bobines.

Le temps de mise à l'arrêt total est la somme du temps de réponse des fonctions de commande relatives à la sécurité (SRCF, *Safety Related Control Functions*) plus le temps de réponse de la vanne électro-hydraulique plus le temps de mise à l'arrêt du circuit hydraulique. Le temps de réponse de tout dispositif supplémentaire ajouté le long de la chaîne SRCF - MPCE doit être pris en compte dans le calcul du temps de mise à l'arrêt total.

Si l'analyse du risque exige la surveillance de la position de la vanne électro-hydraulique, la sortie du capteur de position (MY1 à la Figure A.6) peut être connectée en série à KS1 et KS2 sur l'entrée de l'EDM; dans ce cas l'entrée de l'EDM peut uniquement contrôler l'état et non pas le temps de commutation de la vanne électro-hydraulique parce que son fonctionnement est une conséquence de l'état des contacts KS1 and KS2.

La Figure A.7 représente un exemple d'intégration dans une configuration de catégorie 3.

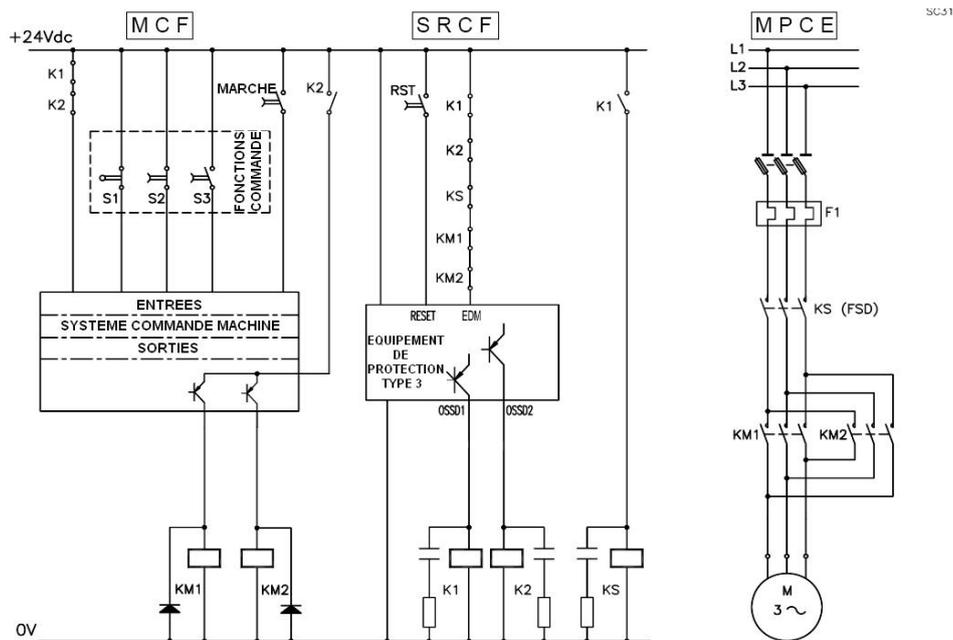


Figure A.7 – Exemple d'intégration – Catégorie 3

La structure à voie double est fournie par:

- OSSD1 et OSSD2 connectés respectivement aux bobines de K1 et de K2;
- les contacts de K1 et de K2 connectés respectivement à la bobine d'un contacteur auxiliaire KS et à l'alimentation du module de sortie de l'AP;
- les contacts de KS et les contacts des contacteurs du moteur KM1 (ou KM2) en série sur la ligne d'alimentation électrique du moteur.

Cette chaîne de sécurité est redondante mais non pas entièrement surveillée parce que KM1 (ou KM2) ne comporte (habituellement) pas de contacts miroirs et parce que les défauts du module de sortie de l'AP (par exemple, les défauts pouvant provoquer une tension sur les bobines de KM1 ou KM2 assez élevée pour les mettre sous tension) ne sont pas surveillés. Il convient de noter que ces défauts peuvent être aisément détectés par l'opérateur parce qu'ils n'arrêtent pas le moteur lorsque le cycle normal de la machine le demande.

Figure A.8 présente un exemple d'intégration incorrecte – Catégorie 3.

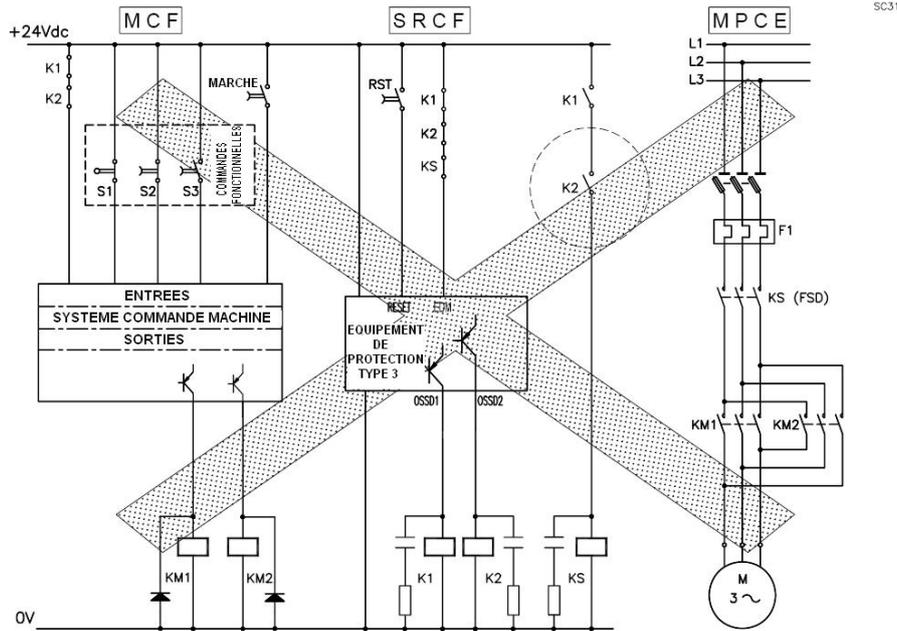


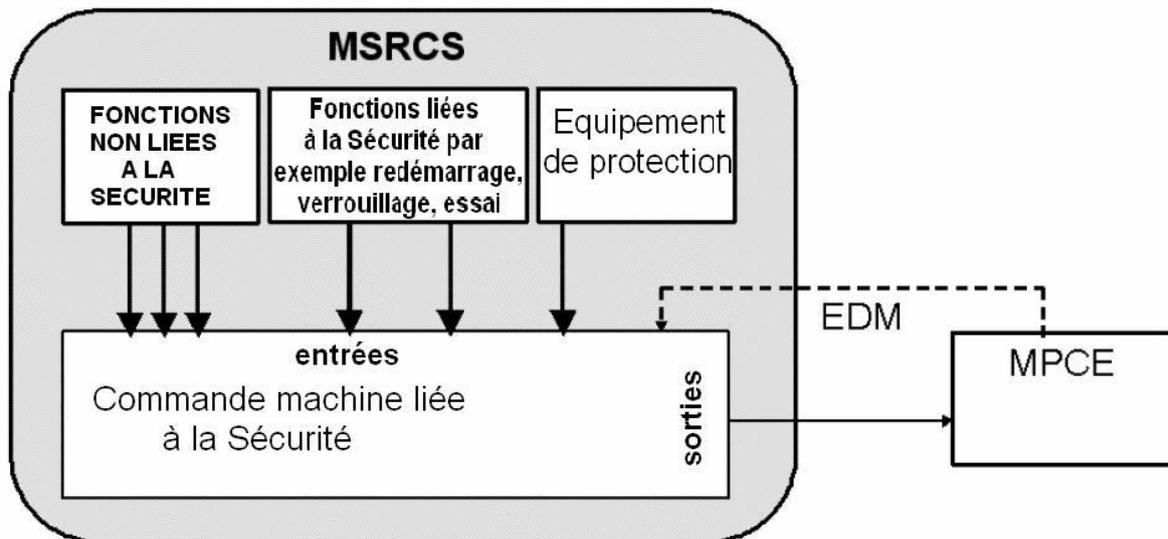
Figure A.8 – Exemple d’intégration incorrecte – Catégorie 3

La structure à double voie fait défaut sur l’élément de commande principal de la machine (MPCE: *Machine Primary Control Element*) parce que la série des contacts K1 et K2 agit seulement sur la bobine de KS.

A.2 Intégration avec un système de commande relatif à la sécurité

A.2.1 Principe d’intégration

La Figure A.9 illustre le principe d’intégration de l’équipement de protection électrosensible lorsque le système de commande de la machine est relatif à la sécurité. Les fonctions de la machine, y compris les fonctions de commande opérationnelles et les fonctions relatives à la sécurité, sont réalisées par le système relatif à la sécurité.



NOTE Les flèches indiquent les fonctions, pas le nombre de canaux

Figure A.9 – Intégration avec un système de commande relatif à la sécurité

Annexe B (informative)

Résumé des exigences d'essai minimales types pour divers équipements de protection

Les valeurs (par exemple la plage de fonctionnement, le niveau d'immunité, le niveau d'absence de défaillance dangereuse, etc.) présentées dans le Tableau B.1 sont les exigences spécifiées dans les normes de produits.

NOTE Il convient que les utilisateurs de ce document se réfèrent à la documentation du fabricant avant le choix final de l'équipement de protection.

Tableau B.1 – Liste des considérations d'environnement pour aider à la sélection d'un équipement de protection

Considérations liées à l'environnement	Dispositif de protection				Tapis et planchers sensibles à la pression ISO 13856-1
	AOPD	AOPDDR	PIPD		
Norme de produit	CEI 61496-2 Type 4	CEI 61496-2 Type 3	AUCUN Type 2		
Circuits de signaux radioélectriques <10 m	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	3 V/m niveau 2 10 V/m niveau 3	3 V/m niveau 2 10 V/m niveau 3	3 V/m niveau 2 NR	NR NR
Circuits de signaux radioélectriques >10 m	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	10 V/m niveau 3 30 V/m niveau X	10 V/m niveau 3 30 V/m niveau X	10 V/m niveau 3 NR	NR NR
Electrostatique	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	8 kV dans l'air 15 kV dans l'air	8 kV dans l'air 15 kV dans l'air	8 kV dans l'air NR	Niveau 3 NR
Electromagnétique	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	10 V/m niveau 3 30 V/m niveau X	10 V/m niveau 3 30 V/m niveau X	10 V/m niveau 3 NR	Niveau 3 NR
Surtenstion	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA Niveau 3 CC/Niveau 4 CA	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA Niveau 3 CC/Niveau 4 CA	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA NR	NR NR
Salves	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA Niveau 3 CC/Niveau 4 CA	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA Niveau 3 CC/Niveau 4 CA	Niveau 2 CC/Niveau 3 CA NR	Niveau 3: NR
Coupures de l'alimentation	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	100 % à 10 ms 50 % à 20 ms 50 % à 500 ms	100 % à 10 ms 50 % à 20 ms 50 % à 500 ms	100 % à 10 ms 50 % à 20 ms 50 % à 500 ms	3 ms 20 % à 20 ms 20 % à 20 ms
Variation de l'alimentation	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	85 % à 110 % VCA 85 % à 115 % VCC	85 % à 110 % VCA 85 % à 115 % VCC	85 % à 110 % VCA 85 % à 115 % VCC	90 % à 110 % VCA 85 % à 115 % VCC
	Fonctionnement normal	Nominal à 0 en 10 s	Nominal à 0 en 10s	Nominal à 0 en 10s	NR
	Fonctionnement normal	Courte durée ± 2 %	Courte durée ± 2 %	Courte durée ± 2 %	Courte durée ± 2 %

Considérations liées à l'environnement	Dispositif de protection				Tapis et planchers sensibles à la pression
	AOPD	AOPDDR	PIPD		
Norme de produit	CEI 61496-2 Type 4	CEI 61496-2 Type 2	CEI 61496-3 Type 3	AUCUN Type 2	ISO 13856-1
Domaine de températures	(0 à 50) °C	(5 à 40) °C			
Variation de température	(0 à 50) °C à 0,3 °C/min	0,8 °C/ min			
Humidité	95 % sans condensation	CEI 60068-2-3 essai			
Vibrations	95 % à (0 to 50) °C	95 % à (0 to 50) °C	70 % à 25 °C	95 % à (0 to 50) °C	NR
Chocs	(10 à 55) Hz à 1 octave/min 0,35 d'amplitude	(10 à 55) Hz à 1 octave/min 0,35 d'amplitude	(10 à 55) Hz à 1 octave/min 0,35 d'amplitude	(10 à 55) Hz à 1 octave/min 0,35 d'amplitude	(10 à 55) Hz à 1 octave/min 0,15 mm d'amplitude (unité de commande uniquement)
Impact	NA	NA	NA	NR	NR
Protection contre les pénétrations	10 g à impulsion de 16 ms	NR			
Contaminants (tombés) par exemple liquides, produits corrosifs, débris, etc.	NA	NA	Energie de 1,0 J	NR	NR
Particules en suspension dans l'air par exemple poussière, brouillard d'huile, vapeur, fumée, pluie, neige	NR	NR	Energie de 2,0 J	NR	NR
	IP54 IP20	IP54 IP20	IP65 IP65	IP54 IP20	IP54 IP54
	NA	NA	Affaiblissement de signal de 30 %	NR	NR
	NA	NA	NR	Affaiblissement de signal de 30 %	NR
	NR	NR	Affaiblissement de signal de 18 % à 22 %	NR	NA
	NA	NA	NR	Affaiblissement de signal de 30 %	NA

Considérations liées à l'environnement	Dispositif de protection	AOPD		AOPDDR	PIPD	Tapis et planchers sensibles à la pression ISO 13856-1
		CEI 61496-2 Type 4	CEI 61496-2 Type 2			
Norme de produit				CEI 61496-3 Type 3	AUCUN Type 2	ISO 13856-1
Modifications de l'arrière-plan	Fonctionnement normal	NA	NA	NR	60 °C objet à 0,9 d'émissivité en dehors de la zone de détection	NA
	Pas de défaillance dangereuse	NA	NA	NR	60 °C objet à 0,9 d'émissivité à l'intérieur de la zone de détection	NA
Distance aux surfaces réfléchissantes	Pas de contournement optique	plage <3 m, 131 mm plage >3 m, plage x tan2,5°	plage <3 m, 262 mm plage >3 m, plage x tan5°		Pas de surfaces réfléchissantes dans la zone de détection	NA
	Fonctionnement normal	NA	NA	NR	NR	NA
Désalignement	Pas de défaillance dangereuse	>2,5°	>5°	NR	NR	NA
	Fonctionnement normal	600 lux	600 lux	1 500 lux	600 lux	NA
Lampes CC, par exemple lumière solaire, projecteurs, lampes halogènes	Pas de défaillance dangereuse	3 000 lux	3 000 lux	NR	3 000 lux	NA
	Fonctionnement normal	1 500 lux	1 500 lux	NR	1 500 lux	NA
Lampe fluorescente, par exemple éclairages par plafonnier, lampes de machine	Pas de défaillance dangereuse	NR	NR	NR	NR	NA
	Fonctionnement normal	NR	NR	20 lux, (5 à 200) Hz	NR	NA
Lumière stroboscopique	Pas de défaillance dangereuse	2 000 lux, 5 à 200 Hz	2 000 lux, 5 à 200 Hz	NR	40 lux, (5 à 200) Hz	NA
	Fonctionnement normal	(3 à 5) J, 0,5 à 2 Hz	(3 à 5) J, 0,5 à 2 Hz	NR	NR	NA
Feux clignotants	Pas de défaillance dangereuse	NR	NR	NR	NR	NA

Considérations liées à l'environnement	Dispositif de protection					Tapis et planchers sensibles à la pression ISO 13856-1
	AOPD		AOPDDR	PIPD		
Norme de produit	CEI 61496-2 Type 4	CEI 61496-2 Type 2	CEI 61496-3 Type 3	AUCUN Type 2		
Emetteur de même conception par exemple d'autres dispositifs analogues	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	NR Acceptation ou défaillance	NR Acceptation ou défaillance	NA NA	NA NA	NA NA
Télécommandes, par exemple, grues aériennes, robots	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	NR NR	NR NR	NR NR	NR NR	NA NA
Autres, par exemple, lampe photoélectrique, lasers, micro-ondes, ultra-sons	Fonctionnement normal Pas de défaillance dangereuse	NR NR	NR NR	NR NR	NR NR	NA NA
Intensité du rayonnement maximal de l'ESPE		< Laser de classe 1 ^{a)}	< Laser de classe 1 ^{a)}	< Laser de classe 1 ^{a)}	NA	NA

NR – Pas d'exigences dans les normes de produits. Il convient que les utilisateurs de cette spécification technique s'assurent de l'adéquation du produit, par exemple en étudiant la spécification du fabricant.

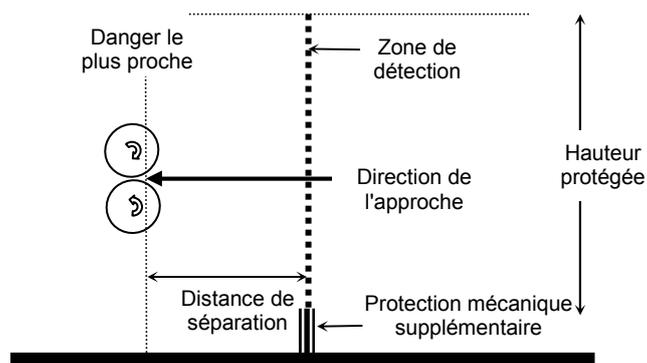
NA – Non Applicable à la technologie utilisée.

a) L'utilisation de dispositifs de classe 2 est à l'étude dans la CEI 61496.

Annexe C (informative)

Exemples d'application

C.1 Equipement de protection utilisé en tant que dispositif de déclenchement



IEC 411/04

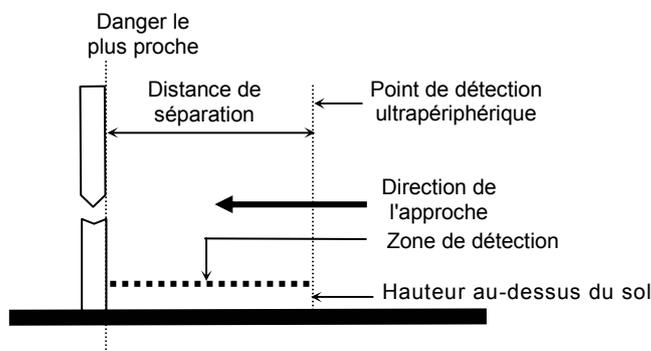
Figure C.1 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif de déclenchement

La Figure C.1 donne un exemple de l'utilisation de l'équipement de protection en tant que dispositif de déclenchement. Dans cet exemple, la zone de détection est normale à la direction d'approche.

La protection mécanique supplémentaire et la hauteur de la zone de détection maintiennent la sécurité en prévenant l'empiètement.

C.2 Utilisation de l'équipement de protection en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence

C.2.1 Exemple 1



IEC 412/04

Figure C.2 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence

La Figure C.2 donne un exemple de l'utilisation de l'équipement de protection en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence. Dans cet exemple, la zone de détection est parallèle à la direction d'approche.

La capacité de détection exigée dépend de la hauteur de la zone de détection au-dessus du plancher.

Des moyens supplémentaires pour assurer la sécurité peuvent être exigés aux alentours des bords de la zone de détection.

C.2.2 Exemple 2

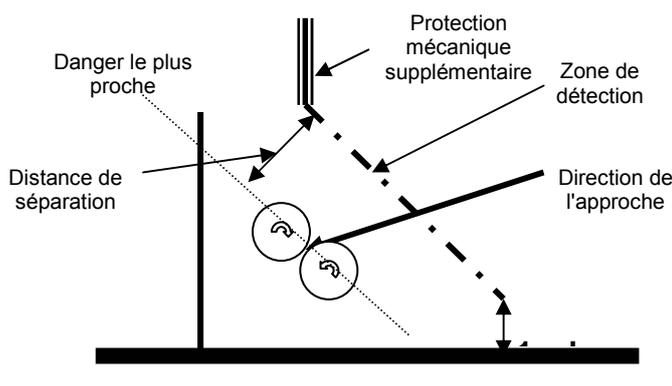


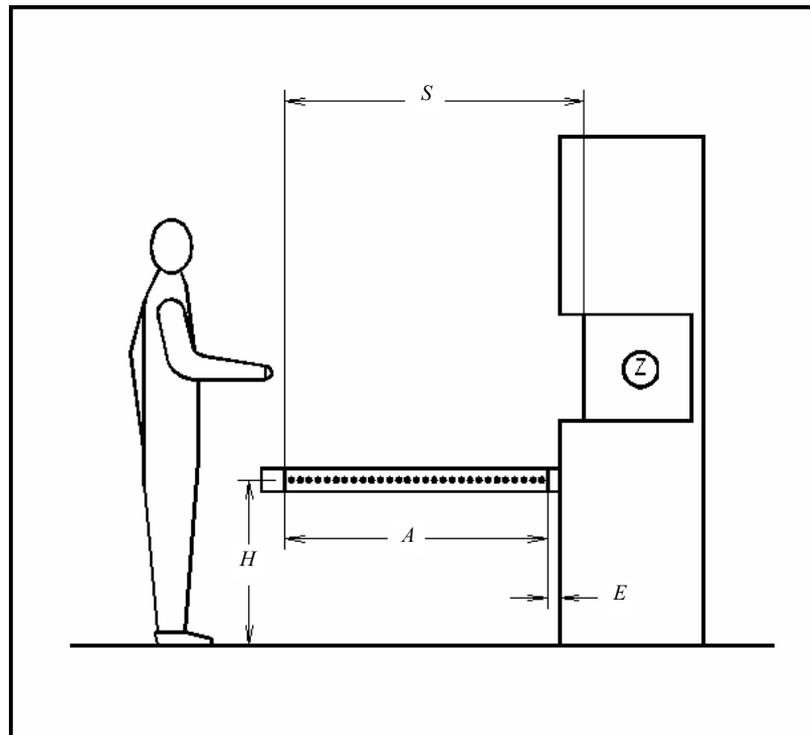
Figure C.3 – Equipement de protection utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence

La Figure C.3 donne un exemple de l'utilisation de l'équipement de protection en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence. Dans cet exemple l'angle d'approche est plus grand que 30° par rapport à la zone de détection.

Si H est de 300 mm ou supérieur, alors la protection mécanique supplémentaire sera nécessaire pour empêcher un accès sous la zone de détection.

La dimension de la zone de détection doit être telle qu'il ne soit pas possible d'atteindre la zone dangereuse à partir de la partie supérieure, ou une protection mécanique supplémentaire doit être utilisée.

C.2.3 Exemple 3; AOPD horizontal



IEC 414/04

Figure C.4 – AOPD horizontal

La Figure C.4 fournit un exemple d'une machine protégée avec un AOPD (barrière immatérielle) utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence. La zone de détection est parallèle à la direction d'approche. La capacité de détection d exigée dépend de la hauteur H de la zone de détection au-dessus du plancher (voir 4.4.2.3).

$$d \leq H/15 + 50$$

où :

S est la distance de séparation (voir 4.4.2.1);

A est la longueur de la zone de détection;

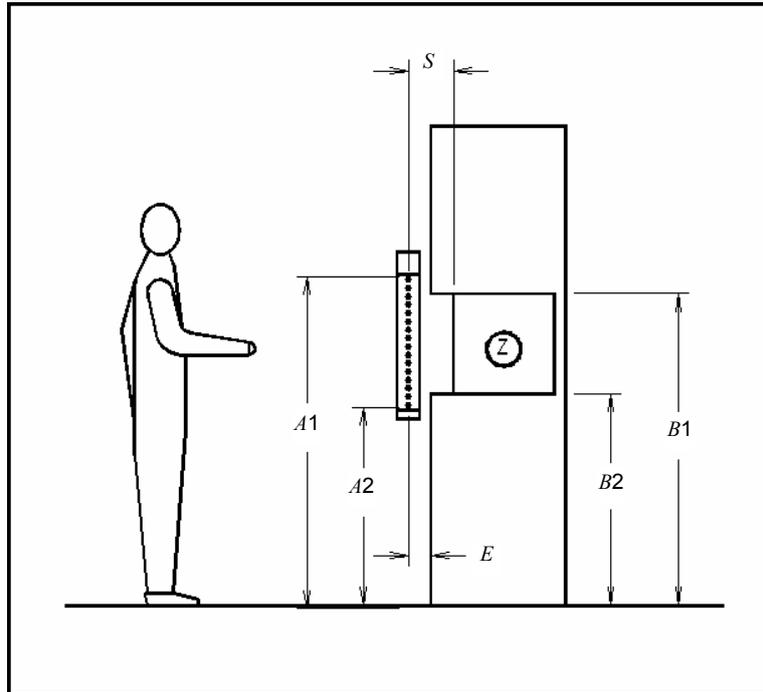
E est la distance de la zone de détection au protecteur mécanique ou au corps de la machine. Il convient que la distance soit suffisamment petite pour prévenir l'accès par l'espace, ou la station debout entre la zone de détection et la zone dangereuse, et peut être spécifiée dans les normes machines (normes "C").

$$E \leq d$$

En fonction de la hauteur de la zone de détection par rapport au plancher (H), il peut être nécessaire de choisir un AOPD avec une capacité de détection suffisante pour prévenir l'accès à travers la zone de détection depuis la partie située en dessous. Ceci peut exiger l'utilisation de la formule pour membres supérieurs de l'ISO 13855 (voir la Note 3 de 4.4.2.3).

La protection mécanique supplémentaire peut être exigée pour prévenir l'accès aux alentours de la zone de détection.

C.2.4 Exemple 4; AOPD vertical



IEC 415/04

Figure C.5 – AOPD Vertical

La Figure C.5 fournit un exemple d'une machine protégée avec un AOPD (barrière immatérielle) utilisé en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence. La zone de détection est normale à la direction d'approche.

S est la distance de séparation (voir 4.4.2.1);

$A1 - A2$ est la hauteur de la zone de détection;

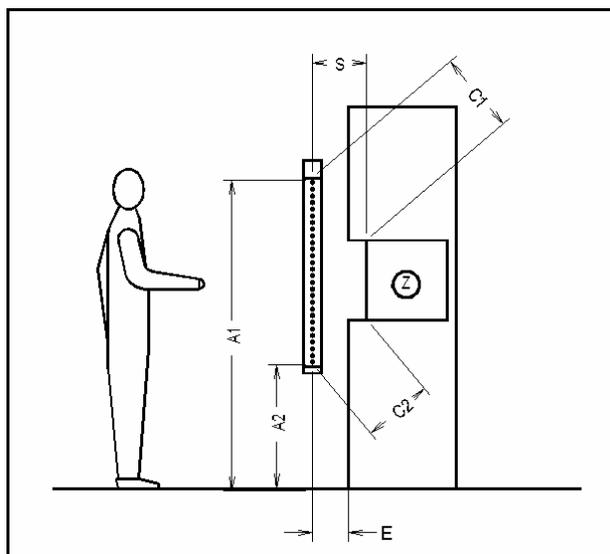
$B1 - B2$ est la hauteur de la zone dangereuse;

E est la distance de la zone de détection au protecteur mécanique ou au corps de la machine.

Dans cet exemple, E est suffisamment petite pour prévenir l'accès sous et sur la zone de détection ou la station debout entre la zone de détection et la zone dangereuse, et peut être spécifiée dans les normes machines (normes "C").

Lorsque E ne peut pas être suffisamment petite, (par exemple parce que S est trop grande), il est nécessaire d'utiliser un AOPD d'une hauteur plus grande ou des mesures supplémentaires pour prévenir l'accès sur ou sous la zone de détection, ou la station debout entre la zone de détection et la machine.

C.2.5 Exemple 5



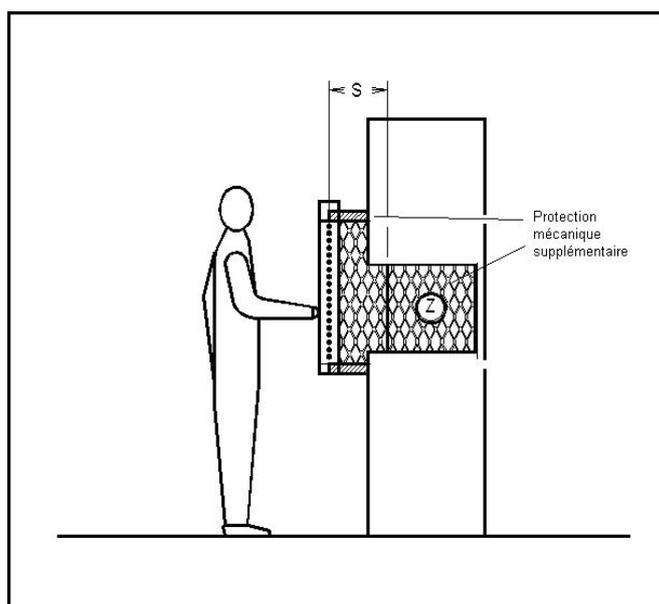
IEC 416/04

Figure C.6 – Distance de séparation augmentée

La Figure C.6 fournit un exemple de machine dans lequel S est supérieure à celle de la Figure C.5 d'où l'augmentation de E . La hauteur de la zone de détection a été augmentée de sorte que $C1$ et $C2$ soient suffisantes pour prévenir l'accès sur et sous la zone de détection (voir l'ISO 13852).

Si E est suffisante pour permettre à une personne se tenant debout entre la zone de détection et la machine, des mesures supplémentaires telles qu'un tapis sensible à la pression, des obstacles mécaniques (voir la Figure C.7), ou un AOPD horizontal supplémentaire (voir la Figure C.4) peuvent être utilisés en fonction de l'appréciation du risque.

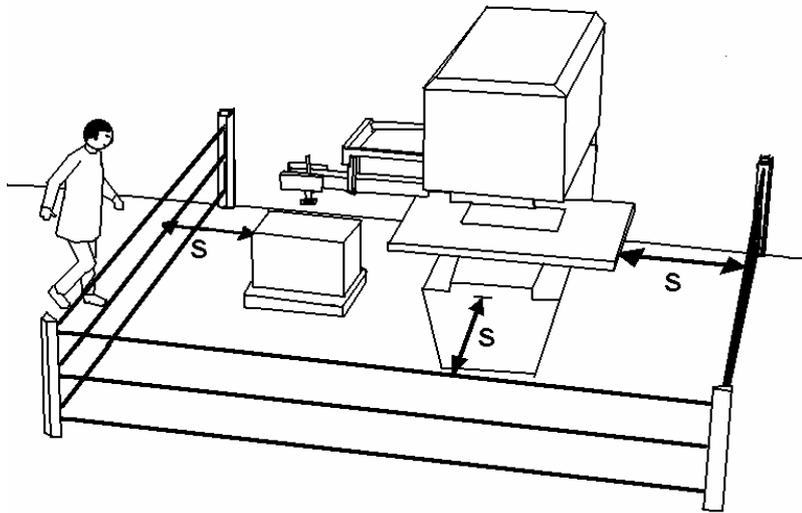
Des mesures de protection supplémentaires (par exemple une protection mécanique) peuvent être exigées pour prévenir l'accès autour de la zone de détection (voir la Figure C.7).



IEC 417/04

Figure C.7 – Protection mécanique supplémentaire

C.3 Ceinturage de zone



IEC 418/04

Figure C.8 – Utilisation d'un dispositif de déclenchement

L'exemple illustré à la Figure C.8 utilise un dispositif à faisceaux lumineux multiples en tant que dispositif de déclenchement. Un verrouillage du démarrage qui est réinitialisé par une action humaine délibérée est exigé, situé en dehors de la zone dangereuse. Des mesures supplémentaires peuvent être nécessaires lorsqu'il n'est pas possible de placer le bouton de réinitialisation dans une position telle que l'ensemble de la zone dangereuse est visible.

Le calcul de la distance de séparation prend en compte l'étendue la plus éloignée du mouvement dangereux de la machine et la performance de la mise à l'arrêt des différentes parties de la machine.

Annexe D (informative)

Dispositifs de protection pour la détection de la position d'une personne

D.1 Généralités

Cette spécification technique couvre:

- L'équipement de protection électro-sensible (ESPE)
 - Dispositifs Protecteurs Optoélectroniques Actifs (AOPD);
 - Dispositifs Protecteurs Optoélectroniques Actifs sensibles aux Réflexions Diffuses (AOPDDR)
 - Dispositifs de protection à infrarouge passif (PIPD);
- Equipement de protection sensible à la pression (PSPD)
 - tapis sensibles à la pression.

D'autres mesures peuvent offrir des fonctions de sauvegarde analogues aux ESPE. Elles peuvent par exemple:

- détecter l'ouverture d'un protecteur verrouillé;
- détecter une personne ou un obstacle touchant un pare-chocs sensible, par exemple, sur un véhicule à guidage automatique;
- détecter qu'une personne est à une certaine position (par exemple, lorsqu'une personne utilise un dispositif de commande à action maintenue ou un dispositif de validation).

La plupart des principes de sécurité décrits dans cette spécification peuvent également être utilisés lors de la conception ou du choix de ces autres mesures de protection, qui sont brièvement décrites dans cette annexe.

D.2 Protecteur avec dispositif de verrouillage (voir l'ISO 12100-1 et l'ISO 14119)

Les protecteurs avec dispositif de verrouillage peuvent être utilisés pour fournir une fonction de déclenchement, par exemple, un ceinturage de zone. Lorsqu'il n'est pas possible pour une personne de passer à travers le protecteur avec dispositif de verrouillage et de refermer le protecteur, à savoir, il reste ouvert pendant l'intervention de la personne sur la machine, il peut fonctionner en tant que dispositif combiné de déclenchement et de détection de présence.

Un protecteur avec dispositif de verrouillage est un obstacle mécanique et, de ce fait, il procure une certaine protection même lorsque le dispositif de verrouillage a connu une défaillance, tant que le protecteur est maintenu fermé. Il fournit également une protection contre, par exemple, l'éjection de matériaux.

La distance de séparation nécessaire de la porte au phénomène dangereux le plus proche est difficile à calculer. Il convient d'estimer et d'inclure dans le temps de mise à l'arrêt la durée d'ouverture du protecteur, après que le verrouillage a été actionné (et a généré un signal d'arrêt) (voir 4.4.2.2). La distance de séparation nécessaire de la porte au phénomène dangereux le plus proche dépend de la distance à laquelle la porte peut être ouverte avant que le signal d'arrêt soit généré (détermine le facteur d'empiètement dans la formule) et du temps nécessaire à l'ouverture du protecteur de sorte que l'atteinte du danger est possible.

Afin de réduire la distance de séparation nécessaire, un protecteur avec dispositif d'interverrouillage, peut être fourni de sorte que l'état du processus et le mouvement des éléments de la machine soient surveillés et que le protecteur puisse être ouvert seulement lorsque la machine a atteint un état non dangereux. L'interverrouillage peut être obtenu en utilisant des interrupteurs de fin de course avec solénoïdes de verrouillage intégrés qui relâchent le protecteur lorsqu'ils sont actionnés. Il convient que la résistance mécanique du dispositif de blocage soit suffisante pour l'application dans toutes les conditions y compris le mauvais usage prévisible.

D.3 Plaque ou barre mobile comme dispositif de déclenchement

Les plaques ou barres mobiles (par exemple à charnières) combinées à un dispositif de verrouillage (par exemple interrupteurs de fin de course) peuvent fournir une fonction combinée de déclenchement et de détection de présence.

Par exemple, une barre mobile peut être utilisée sur des cylindres avec coincements par attraction, de sorte que la barre soit déviée lorsque les mains d'une personne s'approchent de trop près de la zone dangereuse. Lorsque les mains sont dans la zone dangereuse, le dispositif de protection reste actionné et la présence de la personne (ou de la main de la personne) est détectée.

Un complément d'information est donné dans l'ISO 13856-2 (barres) et l'ISO 13856-3 (plaques).

D.4 Bords ou pare-chocs sensibles à la pression sur des machines mobiles ou sur des pièces mobiles de la machine

Les bords ou pare-chocs sensibles à la pression sur des machines mobiles ou sur des pièces mobiles de la machine peuvent fournir une fonction combinée de déclenchement et de détection de présence. Lorsqu'une force suffisante est appliquée, un signal d'arrêt est généré (fonction de déclenchement). Lorsque le dispositif de protection sensible à la pression reste actionné (la personne est dans la zone dangereuse), la présence est détectée et le signal d'arrêt est maintenu.

Les applications communes sont les bords sensibles à la pression sur des portes à fermeture électrique et des pare-chocs sensibles sur des véhicules automatiques (véhicules à guidage automatique, chariots transbordeurs, etc.).

La performance de mise à l'arrêt et le positionnement de ces dispositifs de protection nécessitent une attention particulière. Des informations complémentaires sont données dans l'ISO 13856-2 et l'ISO 13856-3.

D.5 Dispositifs qui détectent une personne dans une certaine position

D.5.1 Généralités

Différentes sortes de dispositifs sont utilisés pour permettre le fonctionnement de la machine uniquement lorsque l'opérateur est dans une certaine position (lorsque la présence de l'opérateur dans cette position est détectée). Ces dispositifs peuvent être considérés comme des dispositifs combinés de déclenchement et de détection de présence, car ils génèrent un signal d'arrêt (déclenchement) dès que le dispositif est relâché (la présence n'est plus détectée).

Avec ces dispositifs, la présence d'une seule personne (l'opérateur) est détectée. La sécurité d'autres personnes dépend de l'opérateur. Lors de l'utilisation de ces dispositifs, il convient de s'assurer que la visibilité de l'ensemble de la zone dangereuse est bonne, les vitesses de

la machine lentes et le temps de mise à l'arrêt de la machine court de sorte que l'opérateur ait la possibilité de remarquer d'autres personnes s'approchant de la zone dangereuse, de réagir et d'arrêter la machine avant qu'une personne ne subisse un préjudice. De plus, il convient de veiller à éviter les manipulations, par exemple en utilisant un poids.

D.5.2 Surveillance de la position

Les dispositifs de surveillance de position permettent le fonctionnement de la machine uniquement lorsque le dispositif est actionné, mais ne fournissent pas une fonction de mise en marche. Des exemples sont:

- Présence dans la position de l'opérateur sur une machine mobile.

La machine peut être déplacée et les outils peuvent être utilisés lorsque l'opérateur est assis sur le siège de la machine. La présence peut être détectée, par exemple, par un interrupteur de fin de course qui détecte la position du siège lorsque celui-ci est occupé.

Des plaques sensibles à la pression (ou un tapis sensible à la pression ou encore un interrupteur actionné au pied) sur le plancher d'un chariot élévateur à fourche sont utilisés lorsque le chariot est destiné à être manœuvré par une personne en position debout. La présence de l'opérateur dans la position correcte est exigée pour empêcher l'opérateur de conduire le chariot tout en marchant à côté du véhicule.

- Dispositifs de validation fixes (voir 9.2.6.3 et 10.9 de la CEI 60204-1:2005).
- Commutateur homme mort.

Un interrupteur homme mort peut être utilisé s'il est nécessaire de s'assurer que l'opérateur est non seulement présent en un certain endroit, mais également vivant et réveillé.

Certains dispositifs de ce type nécessitent un actionnement actif avec une certaine fréquence (par exemple toute les 2 min). Si un actionnement n'est pas reçu dans un temps spécifié, il s'ensuit un signal d'arrêt.

D.5.3 Dispositifs de commande à action maintenue

Les dispositifs de commande à action maintenue sont utilisés pour mettre en marche et maintenir le fonctionnement uniquement lorsque l'opérateur est réellement en train d'actionner le dispositif (généralement, il s'agit d'un bouton-poussoir, d'un levier ou d'une pédale).

La distance de séparation du dispositif à la zone dangereuse peut être estimée au moyen de la formule de 4.4.2.1, avec $C = 2\ 000$ mm.

Un dispositif de commande bimanuelle peut être utilisé pour protéger l'opérateur. Des sauvegardes supplémentaires seront nécessaires si d'autres personnes peuvent être exposées au phénomène dangereux.

Lorsque des dispositifs de commande bimanuelle sont utilisés, C dans la formule peut représenter 250 mm.

Annexe E (informative)

Recommandations supplémentaires pour l'utilisation des AOPDDR

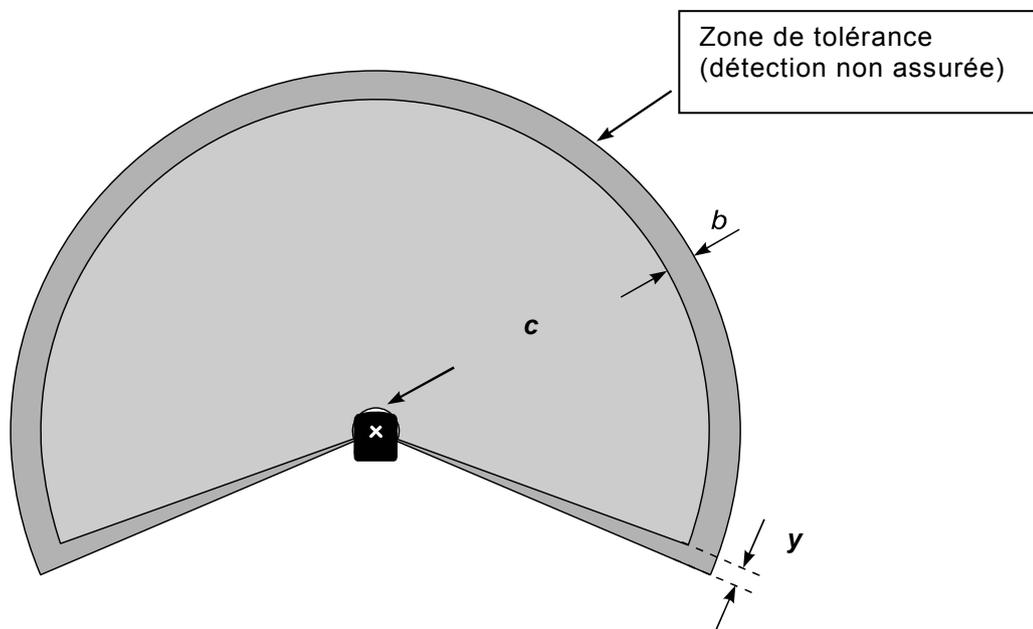
E.1 Généralités

NOTE Les figures de la présente annexe sont des illustrations et ne sont pas à l'échelle.

Il est recommandé de prendre en compte les points suivants lors de l'utilisation d'un AOPDDR:

- a) Il convient de vérifier qu'un AOPDDR est un dispositif de protection approprié à l'application, en prenant en compte les normes existantes de machines. Les AOPDDR définis dans la CEI 61496-3 ne sont pas des dispositifs appropriés pour la protection des doigts.
- b) Il y a lieu d'examiner les documents d'accompagnement de l'AOPDDR afin de vérifier que les exigences relatives à l'application peuvent être respectées (voir 6.2).
- c) Il convient de calculer la distance de séparation minimale conformément aux exemples présentés dans cette annexe et dans les documents d'accompagnement de l'AOPDDR.
- d) Il est recommandé de contrôler l'installation finale pour vérifier que tout accès à une zone dangereuse n'est pas possible sans détection de l'AOPDDR.

La Figure E.1 suivante donne une vue d'ensemble de la position de la zone de détection maximale et de sa relation avec la zone de tolérance. Pour plus ample information sur la façon de configurer la zone de détection, voir le manuel d'instructions de l'AOPDDR.



Légende

b est la zone à capacité de détection limitée (détection non assurée). La valeur de *b* dépend de la précision de mesure de distance du dispositif

c est la zone de détection dans laquelle l'(les) éprouvette(s) d'essai spécifiée(s) est(sont) détectée(s) par l'AOPDDR avec une probabilité minimale requise de détection.

Les dimensions de la zone de tolérance peuvent varier avec le diamètre de l'éprouvette d'essai et la position du faisceau (voir Figure E.1, "y").

L'origine de la zone de détection est illustrée dans la Figure E.1 par une croix.

Figure E.1 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur une machine

E.2 Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur une machine

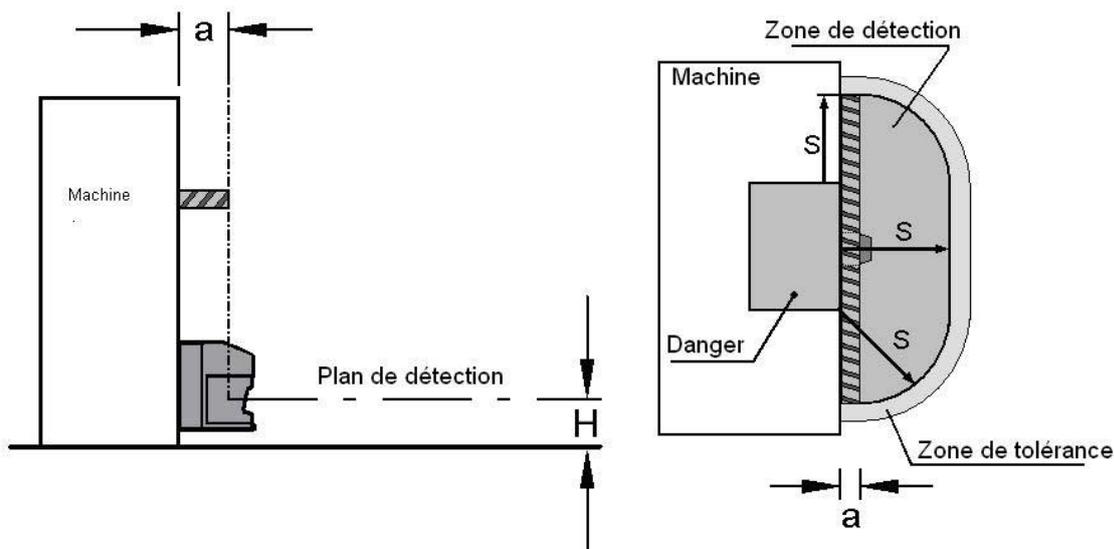


Figure E.2 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur une machine

Il convient que le calcul de la distance de séparation minimale S soit conforme à 6.2 de l'ISO 13855, à l'aide de la formule suivante:

$$S = (K \times T) + C \quad C_{\min} = 850 \text{ mm}$$

$$S = (1\,600 \text{ mm/s} \times T) + (1\,200 \text{ mm} - 0,4 H) \quad H_{\min} = 15 (d - 50 \text{ mm})$$

$$T = T_{\text{AOPDDR}} + T_{\text{MACHINE}}$$

Pour la configuration de la zone de détection, il convient que la valeur de la zone de tolérance soit additionnée à la distance de sécurité S .

Il convient que la valeur de a soit suffisamment faible pour garantir qu'une personne ne peut approcher de la zone dangereuse ou rester entre la zone dangereuse et la zone de détection sans être détectée. Ceci peut nécessiter la mise en place d'une protection mécanique complémentaire.

Il y a lieu que le diamètre de l'éprouvette d'essai soit conforme à la formule $d = H/15 + 50 \text{ mm}$ (voir formule 8 de 6.2 de l'ISO 13855).

E.3 Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur un véhicule autoguidé (AGV)

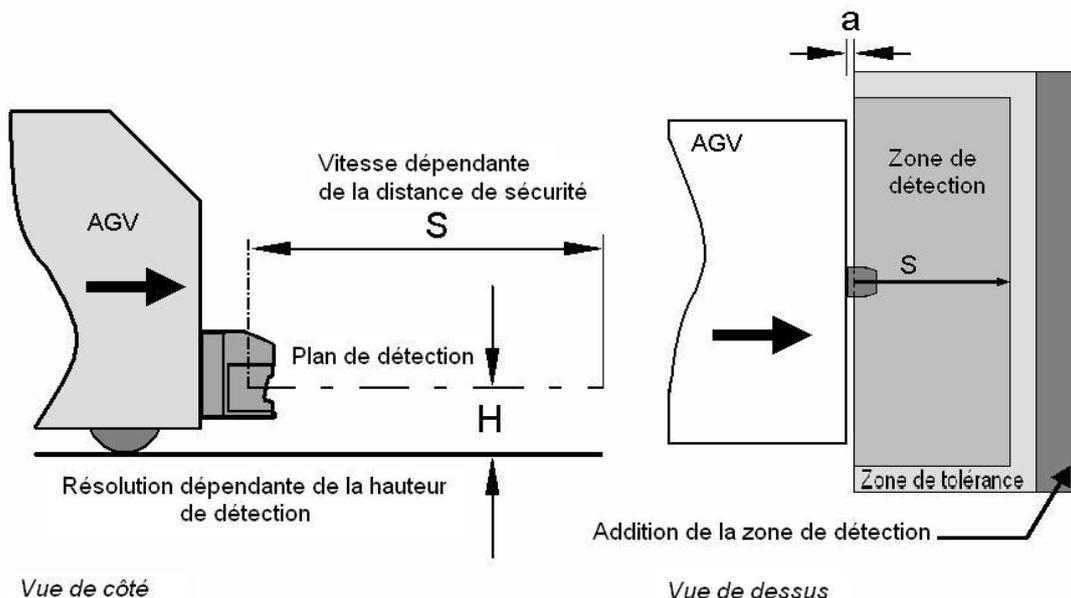


Figure E.3 – Exemple d'utilisation d'un AOPDDR sur un AGV

Il convient que la détermination de la distance de séparation minimale S prenne en compte, par exemple, la vitesse maximale de l'AGV, le temps de réponse de l'AOPDDR et la distance de freinage de l'AGV.

L'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de sécurité pour les AGV peut demander une distance additionnelle à celle de la zone de détection. Il convient que la valeur de cette distance additionnelle soit déterminée en prenant en compte, par exemple, toute partie en surplomb de l'AGV, la charge, l'AOPDDR, la vitesse de mouvement d'une personne ou une diminution de l'efficacité des freins. En dimensionnant la zone de détection, il convient que les valeurs de la zone de tolérance et de la distance additionnelle à la zone de détection soient ajoutées à la distance de sécurité S .

Il y a lieu que la hauteur du plan de détection H soit aussi proche du sol que possible et ne dépasse pas 200 mm (voir H Figure E.3 et EN 1525).

S'il est possible qu'une personne se tienne debout entre l'avant de l'AGV et la zone de détection (c'est-à-dire avec a de la Figure E.3 supérieur à 50 mm) lorsque l'AGV est immobile, il convient alors de prendre d'autres mesures de sécurité pour empêcher tout risque au démarrage de l'AGV.

E.4 AOPDDR utilisé pour la détection du corps ou des parties d'un corps avec une approche normale

E.4.1 Détection corps entier

Les AOPDDR prévus pour être utilisés comme dispositif de déclenchement corps entier avec une approche normale doivent avoir une capacité de détection établie ne dépassant pas 200 mm. Si la limite de référence est le bord de l'ouverture protégée comme illustré à la Figure E.4, il convient que la zone de tolérance ne dépasse pas 100 mm. Si la zone de tolérance dépasse 100 mm, la partie dépassant ces 100 mm doit être protégée par d'autres moyens, par exemple un protecteur fixe; voir aussi la Figure E.5.

La capacité de détection établie doit être dans la plage 30 mm à 70 mm. Si la limite de référence est le bord de l'ouverture protégée comme l'illustre la Figure E.6, il convient que la zone de tolérance ne dépasse pas la capacité de détection établie (voir également la dimension a). Si la zone de tolérance dépasse la capacité de détection spécifiée, la partie dépassant la capacité de détection spécifiée doit être protégée par d'autres moyens, par exemple une protection fixe, voir également la Figure E.7.

NOTE L'objet de ces exigences est de s'assurer qu'un corps entier ne peut pas franchir sans être détecté le bord de la zone de détection.

E.4.2 Détection des parties d'un corps

Lorsque l'AOPDDR est destiné à la détection des parties d'un corps dans des applications où l'angle d'approche dépasse $\pm 30^\circ$ par rapport au plan de détection, l'AOPDDR doit surveiller une limite physique (dite "limite de référence"). La surveillance des limites de référence exige une comparaison de la distance de référence et de la distance mesurée par l'AOPDDR. La distance de référence est la distance entre l'AOPDDR et chaque point de la limite (par exemple un mur) configurée lors de la première installation. La capacité de détection établie doit être dans la plage 30 mm à 70 mm. Si la limite de référence est le bord de l'ouverture protégée comme l'illustre la Figure E.6, il convient que la zone de tolérance ne dépasse pas la moitié de la capacité de détection établie (voir également la dimension a). Si la zone de tolérance dépasse la moitié de la capacité de détection spécifiée, il convient de protéger par d'autres moyens la partie dépassant la capacité de détection spécifiée, par exemple une protection fixe, voir également la Figure E.7.

NOTE L'objet de ces exigences est de s'assurer que des parties d'un corps entier ne peuvent pas franchir sans être détectées le bord de la zone de détection.

Il faut vérifier qu'il n'est pas possible d'accéder à la zone dangereuse sans une présence continue dans la zone de détection.

E.5 Exemples d'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement corps entier

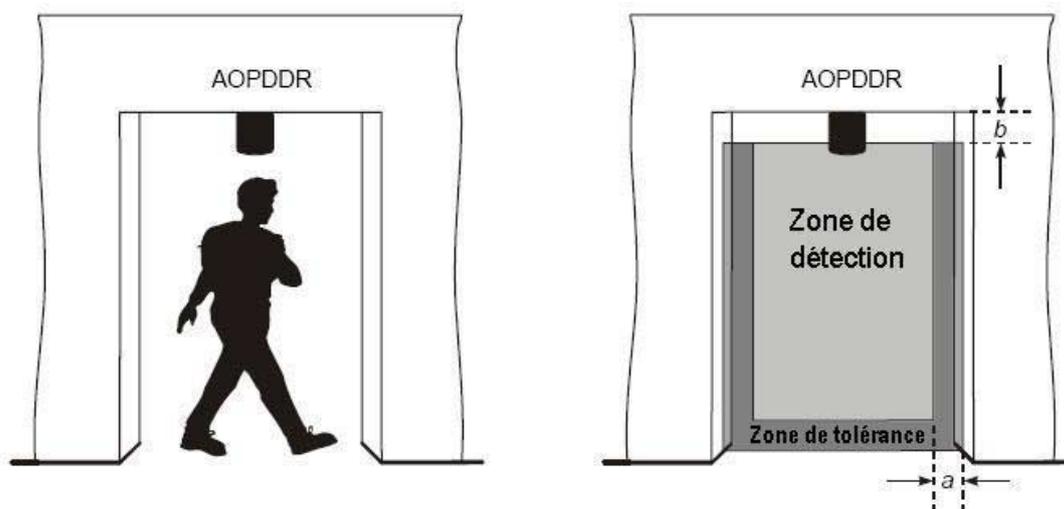


Figure E.4 – Utilisation d'un AOPDDR en tant que dispositif de déclenchement corps entier – Exemple 1

La Figure E.4 illustre l'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement corps entier lorsque la limite de référence est le bord de l'ouverture protégée et que la zone de tolérance ne dépasse pas 100 mm. La dimension b représente une zone qui n'est pas

protégée du fait de son implantation physique; de ce fait, la sécurité doit être assurée par d'autres moyens, par exemple, une protection mécanique complémentaire. La dimension a représente la zone de tolérance et dépend de la technologie employée. Consulter les instructions du fabricant.

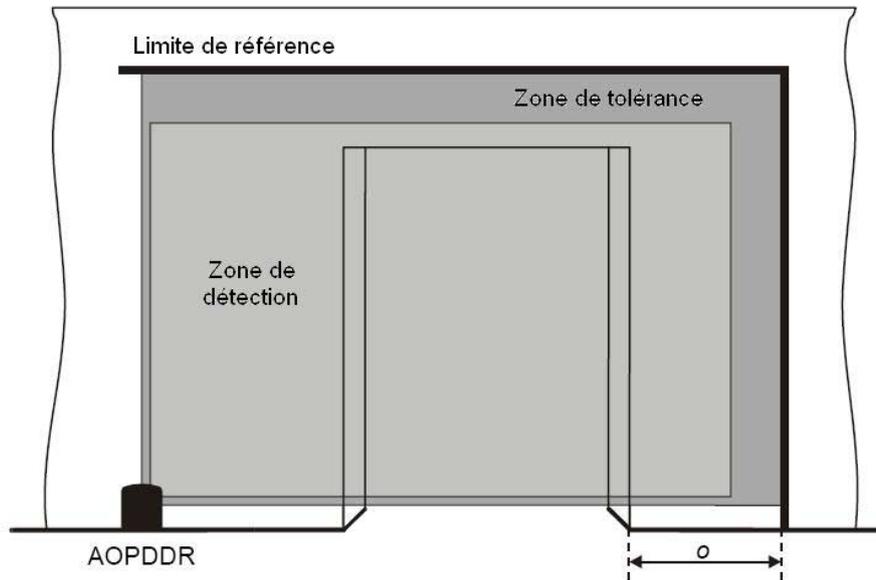


Figure E.5 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement corps entier – Exemple 2

La Figure E.5 illustre l'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement corps entier là où la limite de référence se situe au-delà du bord de l'ouverture protégée à l'intérieur d'une barrière matérielle et la zone de tolérance dépassant 100 mm.

Si la zone de tolérance dépasse 100 mm un chevauchement o comme illustré à la Figure E.2 est nécessaire. La dimension o doit être calculée comme suit:

$$o \geq (2 \times TZ) - d$$

où:

TZ est la valeur de la zone de tolérance;

d est la capacité de détection spécifiée ($d \leq 200$ mm).

E.6 Exemples d'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps

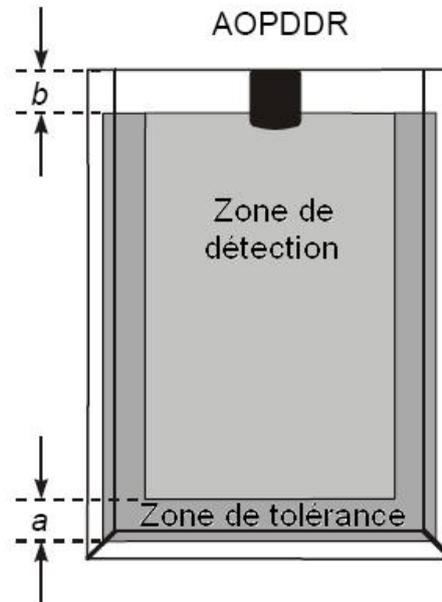


Figure E.6 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps – Exemple 1

La Figure E.6 illustre l'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps là où la limite de référence est le bord de l'ouverture protégée et la zone de tolérance ne dépasse pas la moitié de la capacité de détection spécifiée.

Il est nécessaire que la valeur de a ne soit pas supérieure à la moitié de la capacité de détection spécifiée. La dimension b représente une zone dans laquelle il n'y a pas de détection du fait de son implantation physique; de ce fait la sécurité doit être assurée par d'autres moyens, par exemple une protection mécanique complémentaire.

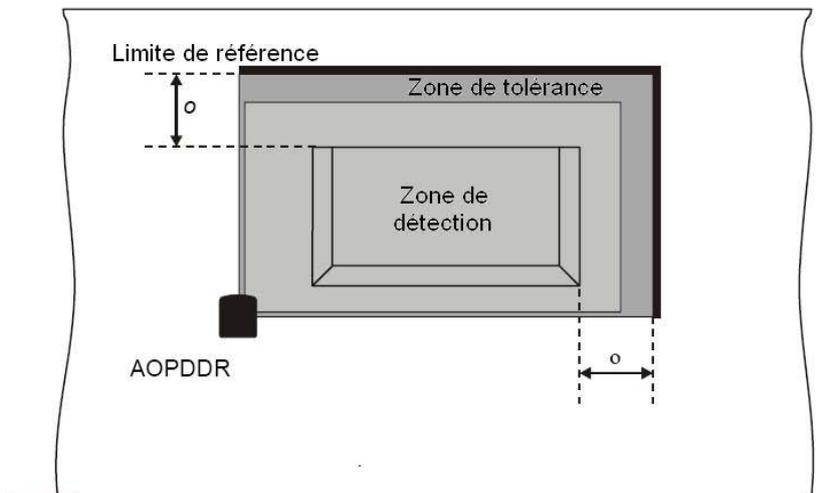


Figure E.7 – Utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps – Exemple 2

La Figure E.7 illustre l'utilisation d'un AOPDDR comme dispositif de déclenchement des parties d'un corps là où la limite de référence se situe au-delà du bord de l'ouverture protégée à l'intérieur d'une barrière matérielle et la zone de tolérance dépasse la moitié de la capacité de détection spécifiée.

Si la zone de tolérance dépasse la moitié de la capacité de détection spécifiée, un chevauchement o illustré à la Figure E.7 est nécessaire. La dimension o doit être calculée comme suit:

$$o \geq (2 \times TZ) - d$$

où:

TZ est la valeur de la zone de tolérance;

d est la capacité de détection spécifiée ($30 \text{ mm} \leq d \leq 70 \text{ mm}$).

Annexe F (informative)

Recommandations supplémentaires pour la configuration des capteurs d'inhibition photoélectriques lorsqu'ils sont utilisés pour permettre l'accès par des matériaux

F.1 Généralités

Les recommandations suivantes reposent sur les hypothèses ci-après:

- les capteurs photoélectriques sont utilisés pour lancer et arrêter l'inhibition;
- la zone de détection des capteurs d'inhibition est à 30° de l'horizontale;
- la zone de détection des capteurs d'inhibition est à une hauteur qui convient pour détecter la(les) jambe(s) d'une personne.

NOTE Les figures de la présente annexe sont des illustrations et ne sont pas à l'échelle.

Les configurations suivantes du nombre, du type, de la disposition et de la commande des capteurs sont examinées dans cette Annexe.

Deux faisceaux: Configuration T (voir la Figure F.1) avec commande temporelle des capteurs (entrée/sortie).

Configuration L (voir la Figure F.1) avec commande temporelle des capteurs (entrée/sortie).

Quatre faisceaux: Faisceaux parallèles (voir la Figure F.3) avec commande temporelle des capteurs (entrée/sortie).

Faisceaux parallèles (voir la Figure F.3) avec commande séquentielle (entrée/sortie).

NOTE Les principes de ces recommandations peuvent être applicables à d'autres configurations.

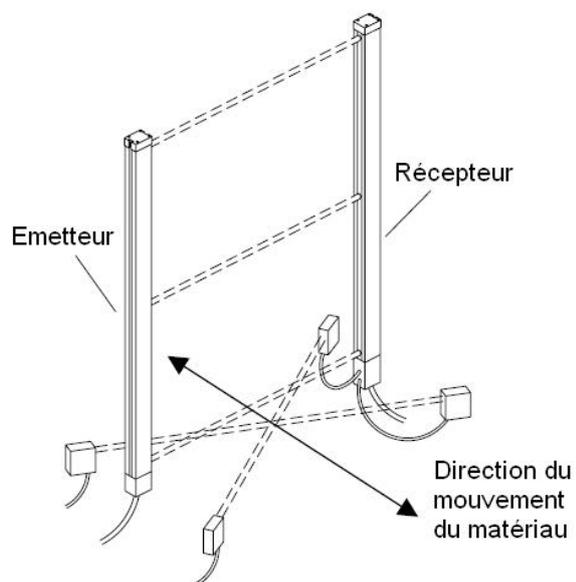


Figure F.1 – Configuration T avec commande temporelle

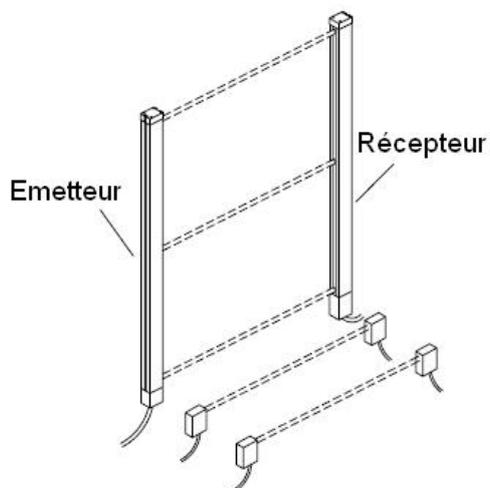


Figure F.2 – Configuration L avec commande temporelle

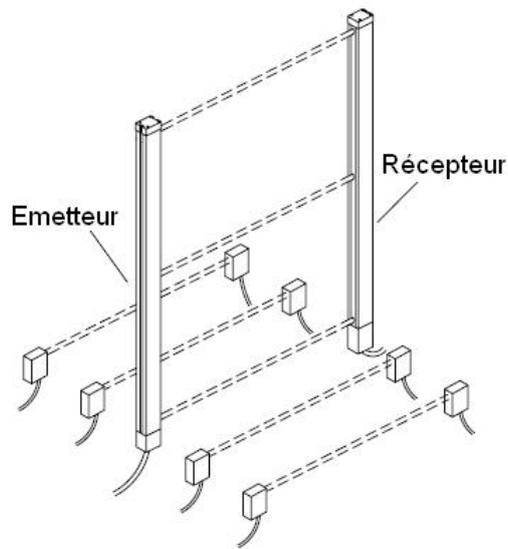


Figure F.3 – Faisceaux parallèles avec commande séquentielle ou temporelle

F.2 Quatre faisceaux

F.2.1 Quatre faisceaux – Positionnement des capteurs

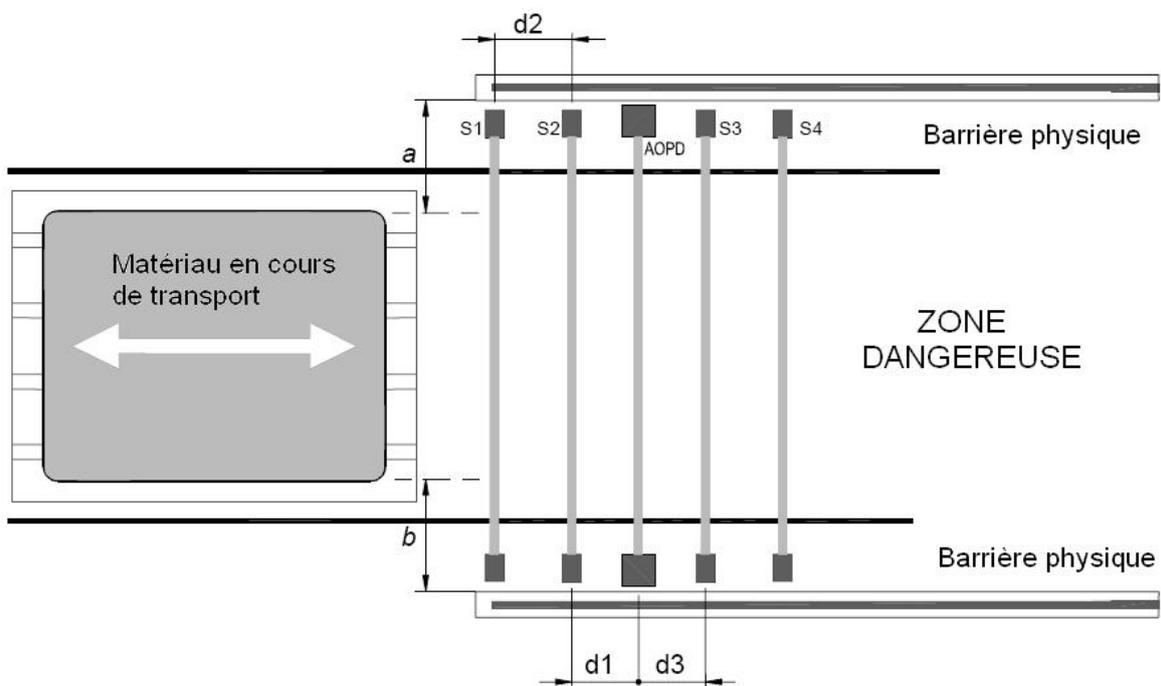


Figure F.4 – Quatre faisceaux parallèles avec commande temporelle

La configuration doit être telle qu'une personne ne peut circuler à travers l'ouverture vers la zone dangereuse tant que le système est à l'état inhibé. Par exemple, il convient que les dimensions a et b soient telles qu'une personne ne peut pénétrer le long du matériau en cours

de transport. Il convient de porter attention à empêcher les dangers d'écrasement entre le matériau en mouvement et les parties fixes de l'installation.

Il convient d'installer les capteurs d'inhibition suffisamment près de l'ESPE pour qu'une personne tentant de pénétrer dans la zone dangereuse en précédant ou en suivant immédiatement la palette ou le système de transport soit détectée ($d1$ et $d3 < 200$ mm).

Il n'est pas nécessaire que la distance $S3 - S4$ soit égale à $d2$ (voir la Figure F.4).

Il convient que la distance entre $S1$ et $S4$ soit supérieure ou égale à 500 mm afin que le corps d'une personne ne puisse entretenir la fonction inhibition. Lorsque ce n'est pas réalisable, la configuration à 4 faisceaux parallèles n'est pas adaptée. Ceci peut être vérifié en s'assurant qu'un objet cylindrique vertical de diamètre 500 mm ne peut entretenir la fonction inhibition lorsqu'il est déplacé dans un lieu quelconque de l'ouverture à une vitesse ne dépassant pas 1,6 m/s.

Il convient que la distance entre 2 capteurs d'inhibition soit suffisante pour qu'ils ne puissent pas être actionnés simultanément par la jambe d'une personne ($d2 > 250$ mm).

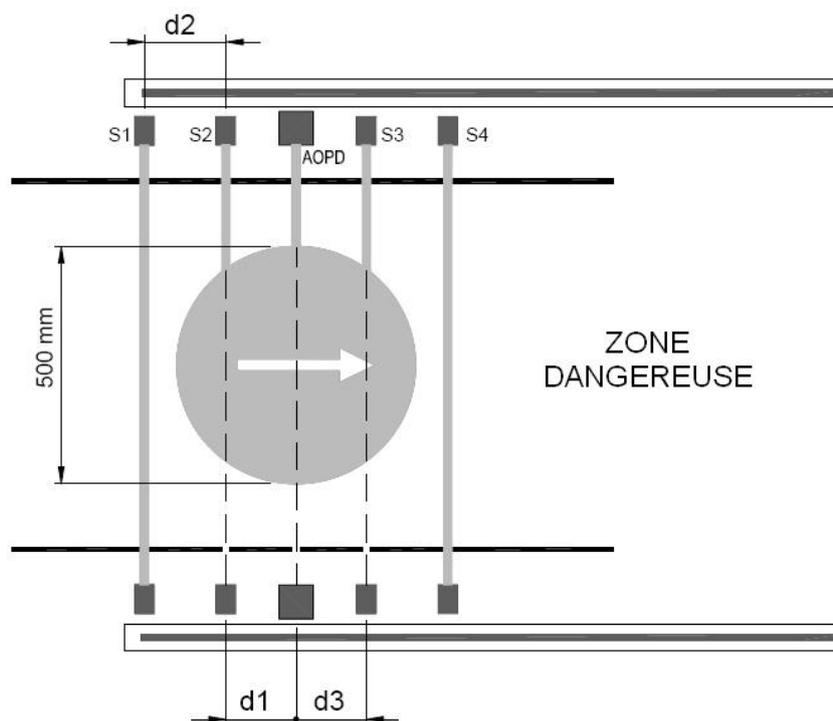


Figure F.5 – Positionnement des capteurs d'inhibition pour empêcher l'inhibition par le corps d'une personne (vue en plan)

Il convient que la hauteur des capteurs d'inhibition par rapport au plan du convoyeur permette de détecter la charge transportée, et non pas la palette ou l'unité de transport. Lorsque c'est impossible des mesures supplémentaires peuvent être nécessaires pour empêcher les personnes d'entrer dans la zone en grimpant sur la palette ou l'unité de transport.

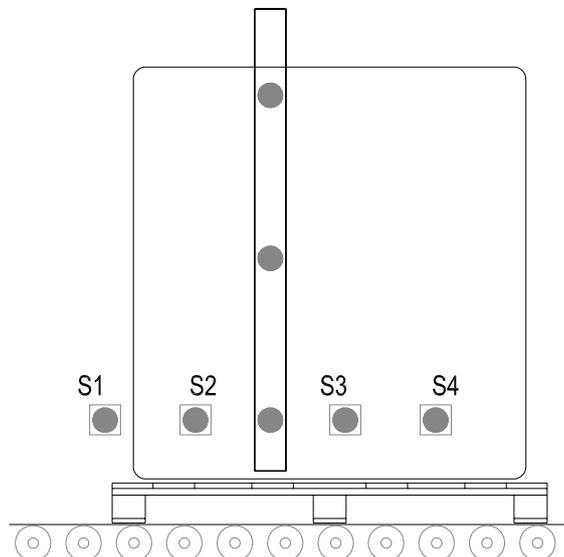


Figure F.6 – Positionnement des capteurs d'inhibition (vue latérale)

F.2.2 Quatre faisceaux – commande temporelle

La surveillance de la fonction d'inhibition est fondée sur la limite de temps entre l'actionnement des capteurs S1 et S2 et entre l'actionnement des capteurs S3 et S4. Une limite de temps maximale de 4 s est recommandée. La fonction d'inhibition est démarrée par les deux capteurs S1, S2 et maintenue par les deux capteurs S3, S4; cela signifie que pour un certain temps l'ensemble des quatre capteurs est activé. La fonction d'inhibition est interrompue lorsque S3 ou S4 est désactivé.

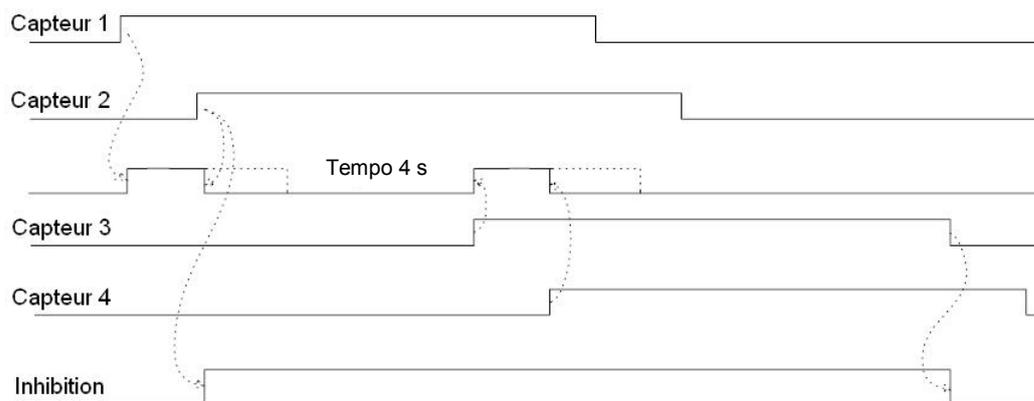


Figure F.7 – Diagramme de temps; quatre faisceaux parallèles avec commande temporelle

Si le mouvement du convoyeur est inversé lorsque la fonction d'inhibition est active, dès qu'un des capteurs S1 ou S2 est désactivé la fonction d'inhibition est mise hors service. Le système peut fonctionner dans les deux directions (entrée et sortie).

Croiser les faisceaux des capteurs S1 et S2, ou S3 et S4 (voir la Figure F.8), n'est pas recommandé parce que la fonction d'inhibition peut être activée par tout objet qui passe par le point où les faisceaux lumineux des deux capteurs se croisent.

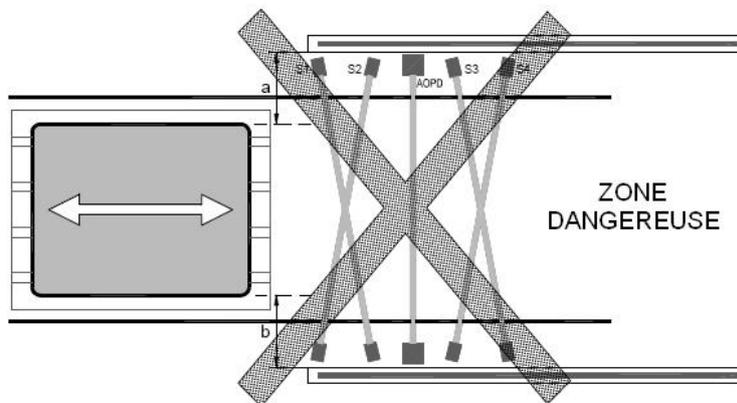


Figure F.8 – Quatre faisceaux: Commande temporelle et faisceaux croisés (non recommandé)

F.2.3 Quatre faisceaux – commande séquentielle

Le positionnement des capteurs est le même que pour la configuration à quatre faisceaux avec commande temporelle illustrée à la Figure F.4. Le lancement de la fonction inhibition dépend de la surveillance de la séquence correcte d'activation des capteurs d'inhibition. Voir la Figure F.9 et le Tableau F.1. Par exemple, dans l'état d'inhibition, si S2 est désactivé avant que S3 ne soit activé, l'inhibition est interrompue.

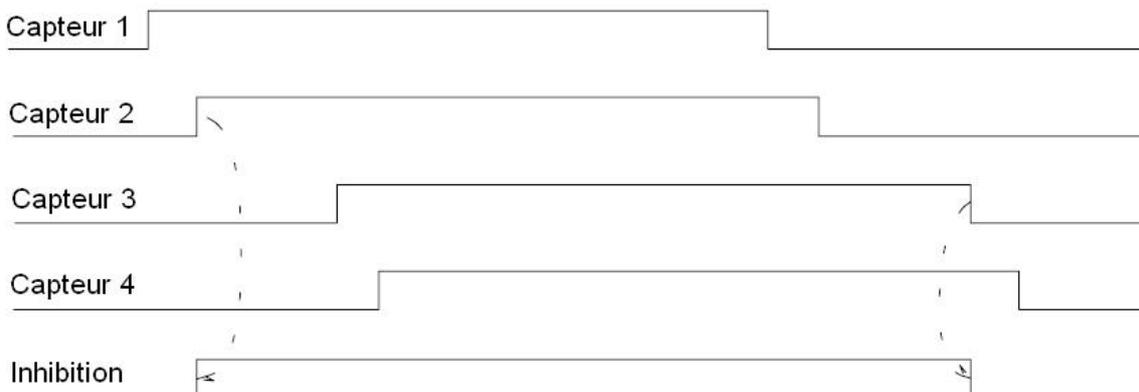


Figure F.9 – Diagramme de temps; quatre faisceaux; commande séquentielle

Tableau F.1 – Table de vérité, quatre faisceaux; commande séquentielle

CAPTEUR 1	CAPTEUR 2	CAPTEUR 3	CAPTEUR 4	ETAT DE L'ESPE
0	0	0	0	ACTIF
1	0	0	0	ACTIF
1	1	0	0	INHIBÉ
1	1	1	0	INHIBÉ
1	1	1	1	INHIBÉ
0	1	1	1	INHIBÉ
0	0	1	1	INHIBÉ
0	0	0	1	ACTIF
0	0	0	0	ACTIF

La surveillance de l'interruption de l'AOPD dans le séquençage peut fournir une amélioration de la résistance aux manipulations ou au contournement.

F.2.4 Quatre faisceaux avec portes battantes supplémentaires

Les ouvertures entre la palette et les protections mécaniques latérales doivent être telles qu'une personne ne peut pas circuler sans être détectée par ces ouvertures pendant tout le temps où la palette franchit la porte.

Pour éviter le risque d'écrasement ou de cisaillement entre la charge mobile et les parties fixes de l'installation, un espace minimal de 500 mm est recommandé.

Pour des palettes de diverses dimensions et lorsqu'il est prévu que les distances de chaque côté de la palette (**a** et **b**) peuvent être supérieures à 200 mm, des portes battantes flexibles, d'une largeur d'au moins 500 mm et contrôlées électriquement, peuvent être exigées (voir la Figure F.10 et 5.5.3).

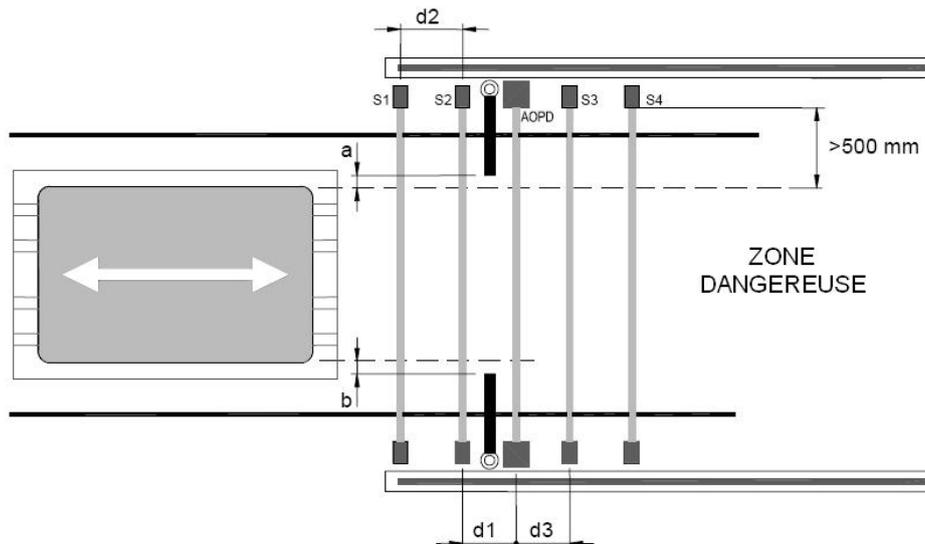


Figure F.10 – Quatre faisceaux avec portes battantes supplémentaires

F.2.5 Méthodes en vue d'éviter les manipulations de la fonction d'inhibition

NOTE Ceci n'est en aucun cas une liste exhaustive des méthodes en vue d'éviter les manipulations.

Une limitation surveillée de la fonction d'inhibition à une durée prédéterminée est recommandée. En variante, utiliser une commande d'activation de l'inhibition produite par le système de commande de la machine qui activera uniquement la fonction d'inhibition selon les nécessités du cycle de la machine. La Figure F.11 illustre le lancement de la condition d'inhibition par l'activation des capteurs 1 et 2 lorsque le signal d'activation de l'inhibition est présent. La Figure F.12 illustre la non-activation de la condition d'inhibition lorsque le signal d'activation de l'inhibition n'est pas présent.

Afin d'éviter les manipulations de la fonction d'inhibition, par exemple, en utilisant un morceau de carton de la même longueur que le matériau en cours de transport, il est recommandé d'utiliser des capteurs d'inhibition de proximité avec élimination d'arrière-plan et de les installer sur les deux côtés de la voie du système de transport, de sorte qu'il ne soit pas possible d'activer deux capteurs consécutifs. Voir la Figure F.13 et la Figure F.14.

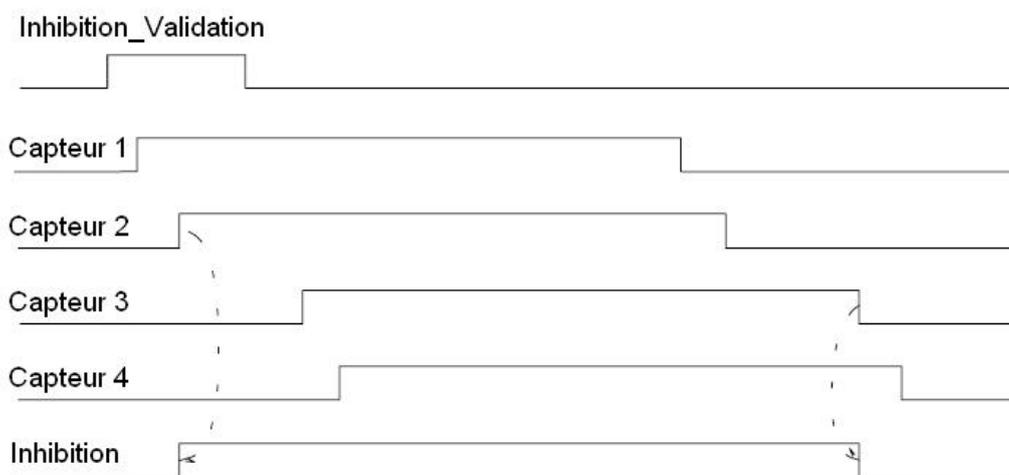


Figure F.11 – Diagramme de temps pour le signal de validation d'inhibition (validation d'inhibition activée)

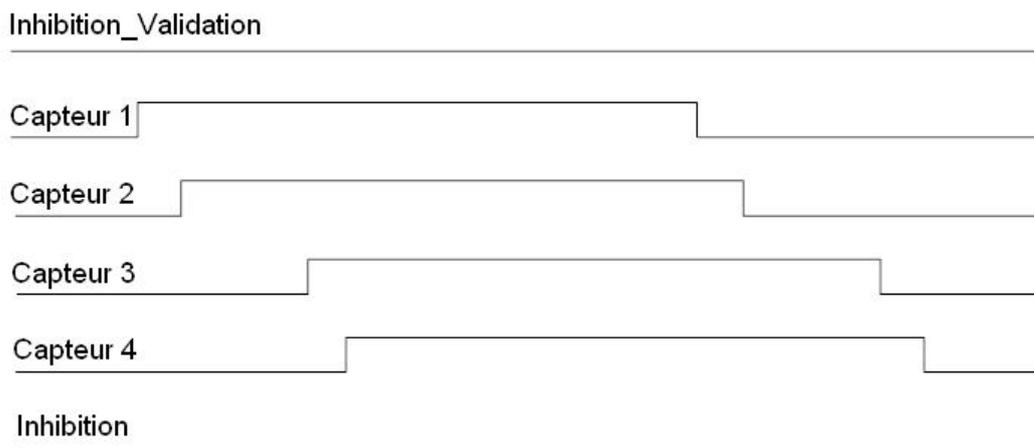


Figure F.12 – Diagramme de temps pour le signal de validation d'inhibition (validation d'inhibition non activée)

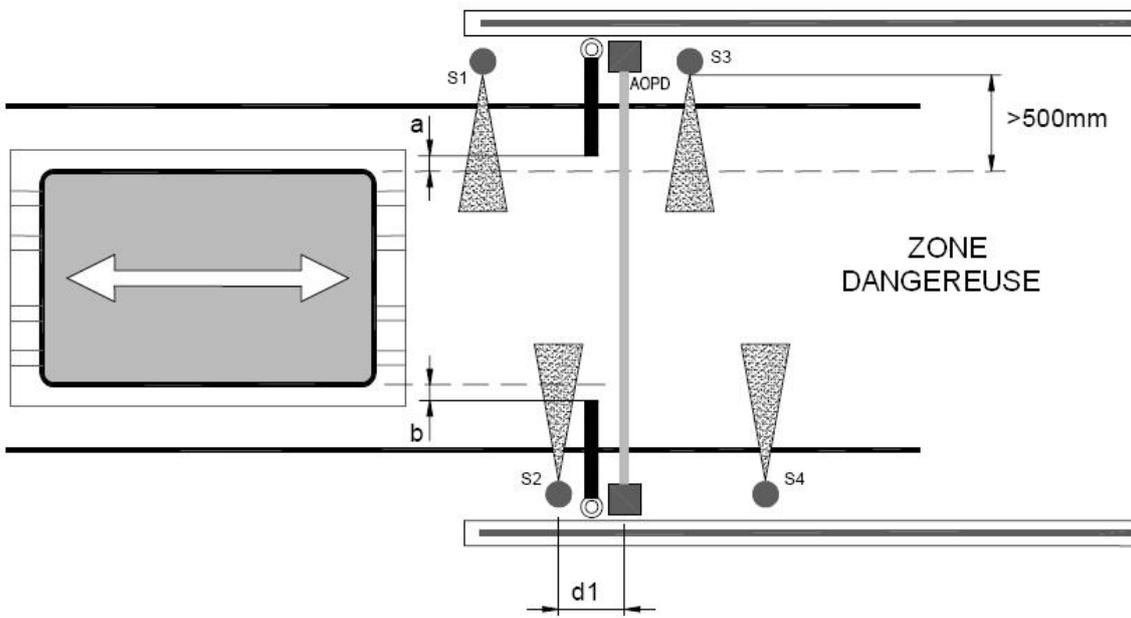


Figure F.13 – Prévention de la manipulation de la fonction d’inhibition (vue en plan)

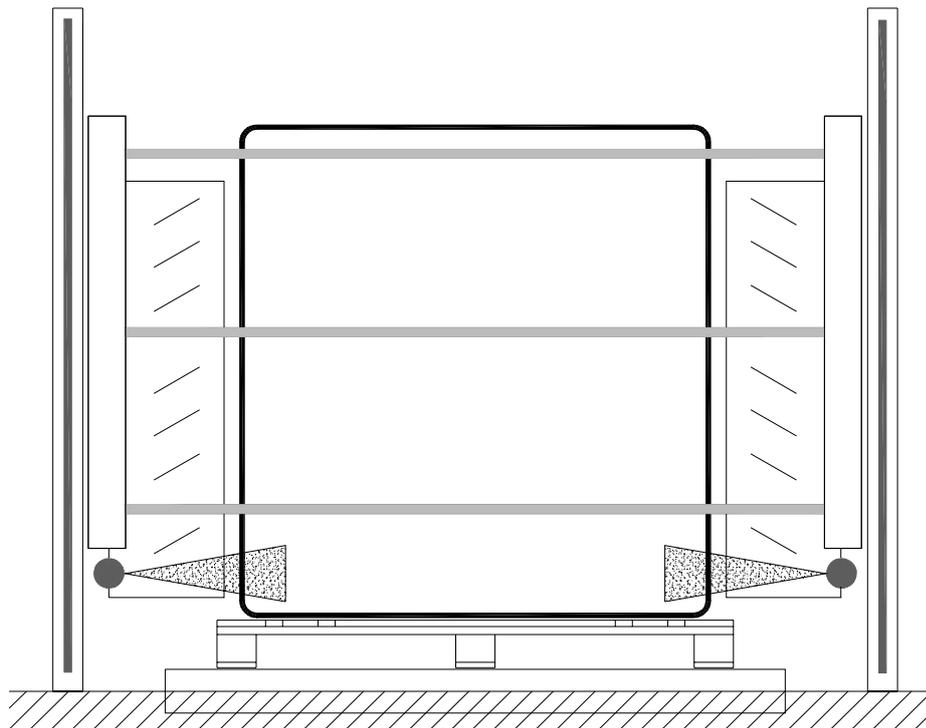


Figure F.14 – Prévention de la manipulation de la fonction d’inhibition (vue de face)

F.2.6 Connexion des capteurs à une commande d'inhibition à deux entrées

Lorsque les quatre capteurs sont connectés à une commande d'inhibition à deux entrées, voir la Figure F.15, un minuteur surveillé qui limite la fonction d'inhibition à une durée prédéterminée est exigé en plus du minutage surveillé entre l'actionnement des capteurs S1 et S2 et entre l'actionnement des capteurs S3 et S4 (voir F.2.4).

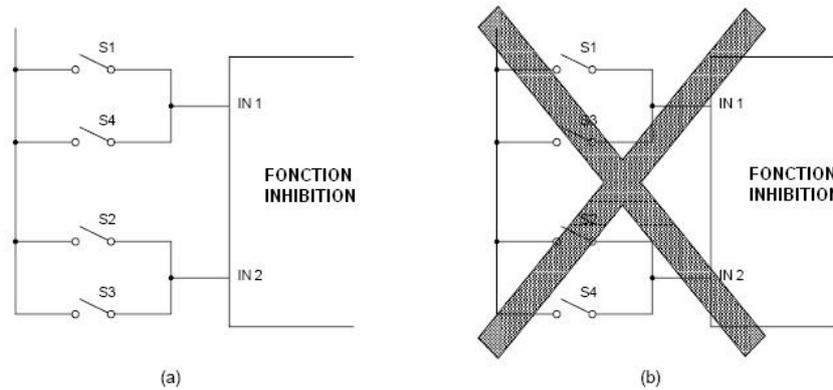


Figure F.15 – Connexion des capteurs d'inhibition

La configuration (a) de la Figure F.15 est préférée car elle exige l'actionnement de tous les capteurs durant un temps déterminé. Il convient de ne pas utiliser la configuration (b) car elle sera défaillante pour la vérification en F.2 dès lors que S2 et S3 seront activés simultanément (voir la Figure F.5).

F.3 Deux capteurs – Faisceaux croisés

F.3.1 Deux capteurs – positionnement des capteurs

Il convient que le point de croisement des deux faisceaux lumineux soit situé entre le champ de détection de l'ESPE dans la direction du phénomène dangereux comme illustré à la Figure F.16. Il convient que la distance d_5 mesurée entre l'axe optique de l'ESPE et le point d'intersection des deux faisceaux lumineux des capteurs d'inhibition soit aussi courte que possible afin d'empêcher que des personnes entrent dans la zone dangereuse en suivant immédiatement la palette ou le système de transport sans être détectées. Il est recommandé que la distance d_5 soit ≤ 200 mm.

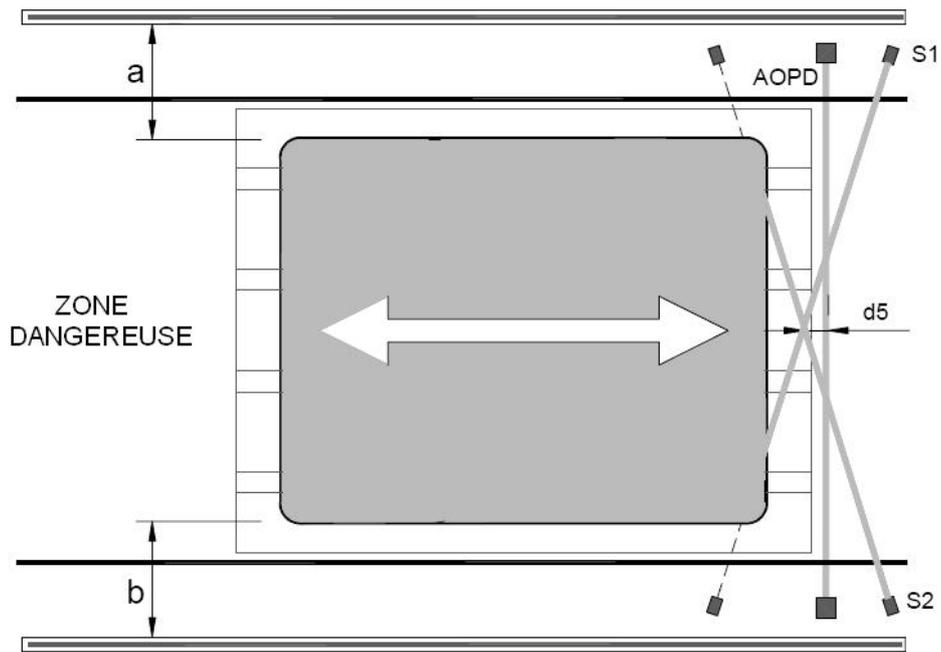


Figure F.16 – Deux capteurs – Faisceaux croisés

Il convient que les ouvertures **a** et **b** entre le bord de la clôture et le bord de la palette (en position début d'inhibition pour autoriser la sortie du matériau ou en position fin d'inhibition pour autoriser l'entrée du matériau) soit telle qu'une personne puisse circuler sans être détectée par ces ouvertures pendant le temps où la palette traverse la zone d'inhibition.

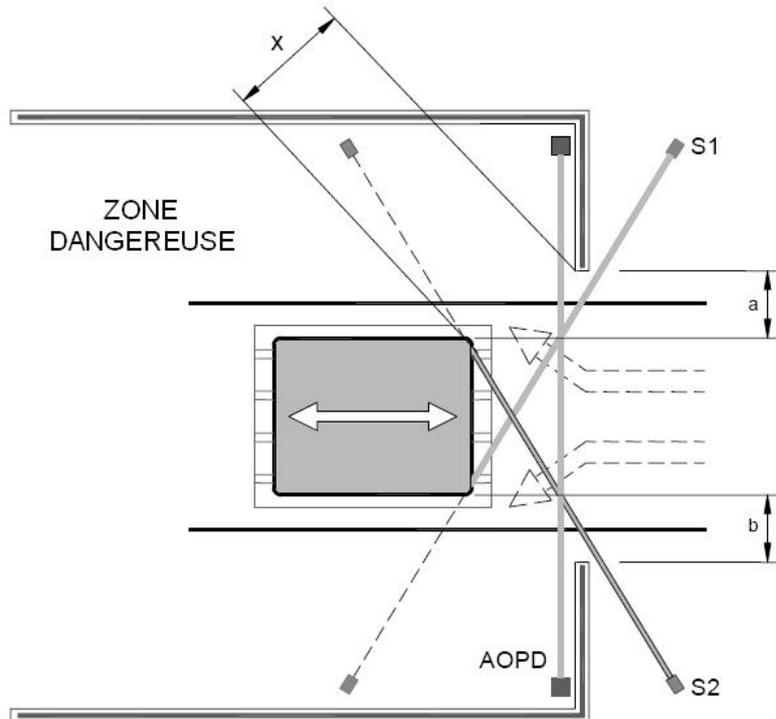


Figure F.17 – Deux capteurs – Faisceaux croisés (risque d'entrer dans la zone dangereuse sans détection lorsque $x > 200$ mm)

L'ouverture entre le bord de la clôture et le bord de la palette doit être telle qu'une personne ne peut pas circuler sans être détectée par ces ouvertures pendant le temps où la palette franchit la zone d'inhibition. Dans la configuration illustrée à la Figure F.17, il est recommandé que la distance x soit inférieure à 200 mm.

Le positionnement des capteurs (distance d_1 et d_2 entre les deux capteurs et la zone de détection de l'ESPE, voir les Figures F.18 et F.19) doit être tel qu'un objet cylindrique de diamètre 500 mm avec son axe parallèle à la zone protégée ne peut activer la fonction d'inhibition lorsqu'on le déplace en n'importe quel point de la porte à une vitesse ne dépassant pas 1,6 m/s.

EXEMPLE: si $d_1 = 200$ mm, $d_2 = 300$ mm, l'exigence est satisfaite pour une dimension L (voir la Figure F.18) supérieure à 1 000 mm. Dans ce cas $d_5 = 50$ mm.

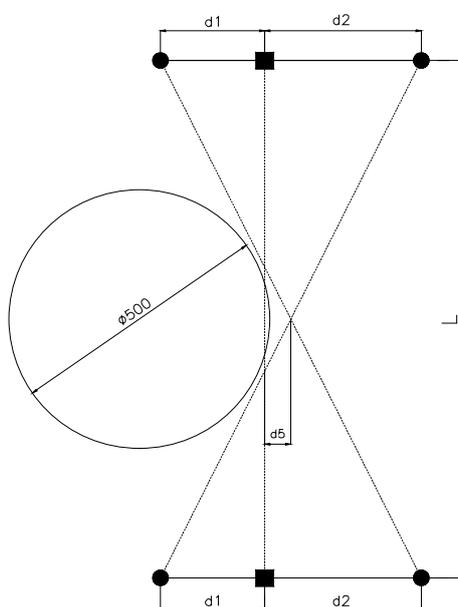


Figure F.18 – Positionnement des capteurs d'inhibition

L'objet d'essai de diamètre 500 mm est détecté par l'ESPE avant de couper les faisceaux des capteurs d'inhibition (voir Figure F.18).

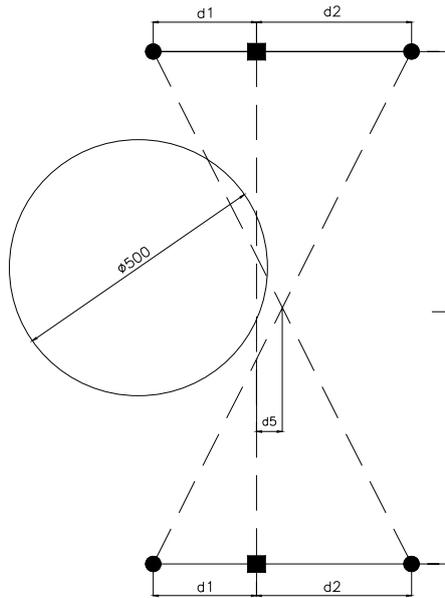


Figure F.19 – Détection de l’objet d’essai

L’objet d’essai de diamètre 500 mm est détecté par un capteur d’inhibition et ensuite par l’ESPE avant d’être détecté par le second capteur d’inhibition; de ce fait l’inhibition n’est pas démarrée parce que la séquence d’activation n’est pas correcte (voir Figure F.19).

F.3.2 Deux capteurs – commande temporelle

Il convient que la fonction d’inhibition soit uniquement démarrée lorsque les deux faisceaux sont activés dans une limite de temps appropriée à l’application, mais ne dépassant pas 4 s. Si une limite de temps supérieure à 4 s est nécessaire, il convient d’utiliser une configuration différente, par exemple à 4 capteurs.

La fonction d’inhibition doit être interrompue dès que l’un des deux faisceaux des capteurs d’inhibition n’est plus activé.

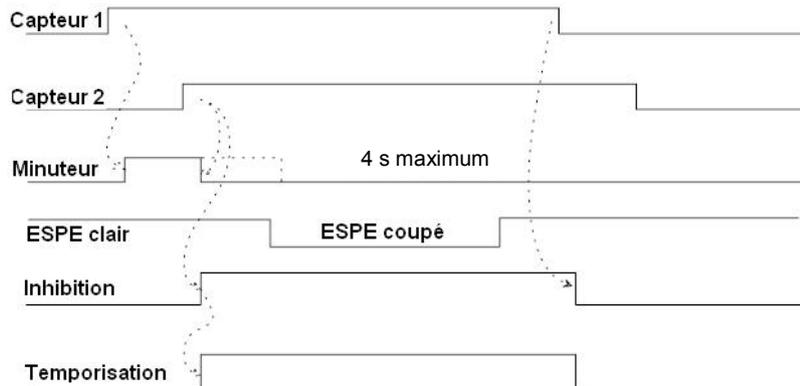


Figure F.20 – Diagramme de temps pour deux faisceaux croisés (fonctionnement normal)

Un minuteur surveillé qui limite la fonction d’inhibition à la durée la plus faible possible est recommandé. Il convient que le temps soit juste suffisant pour qu’une palette parcoure la zone d’inhibition (voir la Figure F.21).

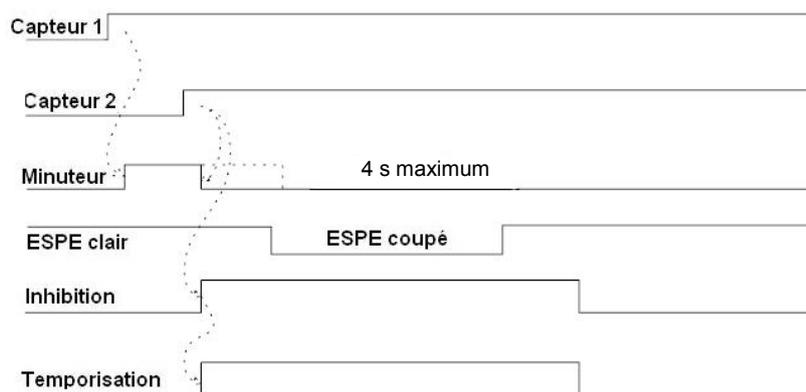


Figure F.21 – Diagramme de temps pour deux faisceaux croisés (temporisation)

Si une accumulation d’au moins 2 défauts non détectés se produit, la fonction d’inhibition peut être en permanence active. Dans des applications où il n’est pas possible de différencier un état permanent d’inhibition causé par une accumulation de défauts et un état d’inhibition causé par une palette demeurant dans la zone d’inhibition, la configuration des deux faisceaux croisés n’est pas appropriée et il convient de prévoir une solution alternative ou des mesures supplémentaires pour détecter des défauts (par exemple, la surveillance des signaux du système de transport pour déterminer si une palette est dans la zone de détection).

F.3.3 Deux faisceaux de capteur d’inhibition en combinaison avec les portes battantes

Les ouvertures entre la palette et les protections mécaniques latérales doivent être telles qu’une personne ne peut passer sans être détectée par ces ouvertures pendant le temps où la palette franchit zone d’inhibition.

Pour des palettes de diverses dimensions et lorsqu’il est prévu que les distances de chaque côté de la palette (**a** et **b**) peuvent être supérieures à 200 mm, des portes battantes flexibles verrouillées électriquement d’une largeur d’au moins 500 mm, peuvent être exigées (voir la Figure F.22 et 5.5.3).

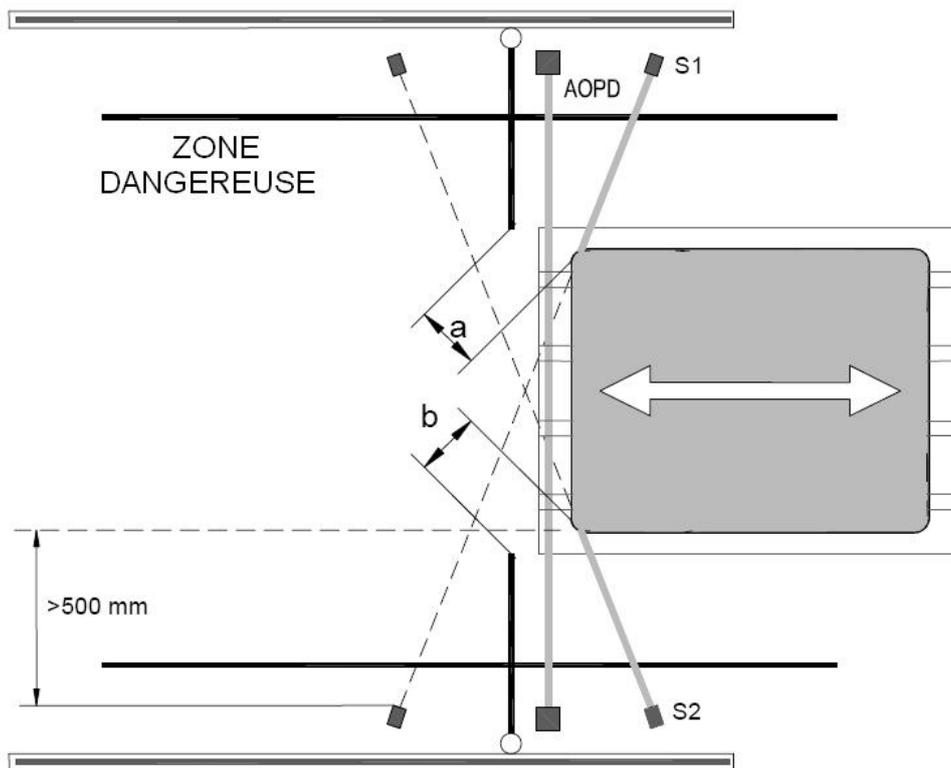


Figure F.22 – Portes battantes uniques en combinaison avec un système d'inhibition à deux faisceaux (position correcte)

La Figure F.23 illustre une application incorrecte dans laquelle les portes battantes sont trop éloignées de la zone de détection et l'accès est rendu possible comme illustré par les directions des flèches.

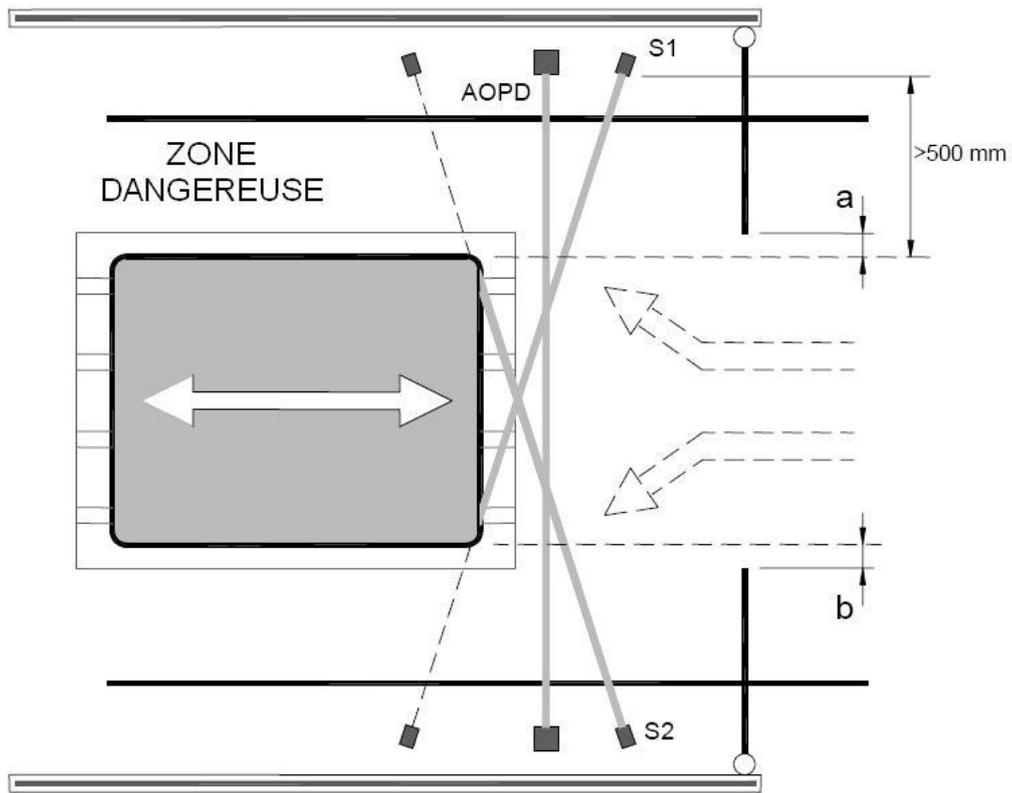


Figure F.23 – Portes battantes uniques (position incorrecte)

La Figure F.24 illustre une application incorrecte dans laquelle les portes battantes sont trop éloignées de la zone de détection et l'accès est rendu possible comme illustré par les directions des flèches.

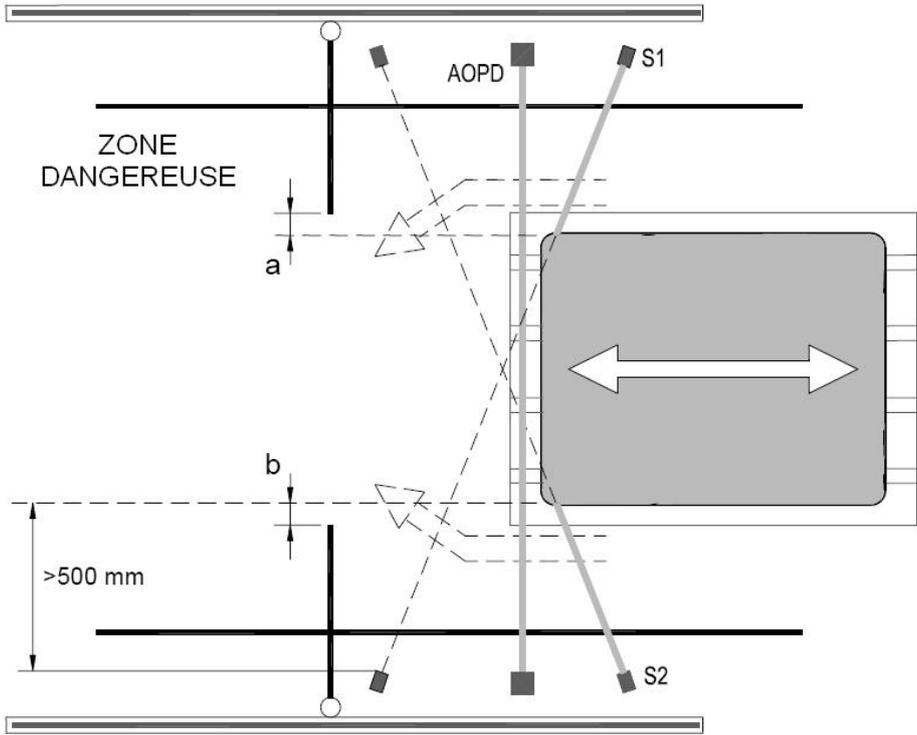


Figure F.24 – Portes battantes uniques (position incorrecte)

F.3.4 Hauteur du point de croisement des faisceaux des capteurs d'inhibition

Il convient que le point de croisement des deux faisceaux du capteur d'inhibition soit placé au même niveau, ou à un niveau plus élevé que le faisceau le plus bas de l'ESPE pour éviter la manipulation du système avec l'orteil. Voir la Figure F.25 et la Figure F.26.

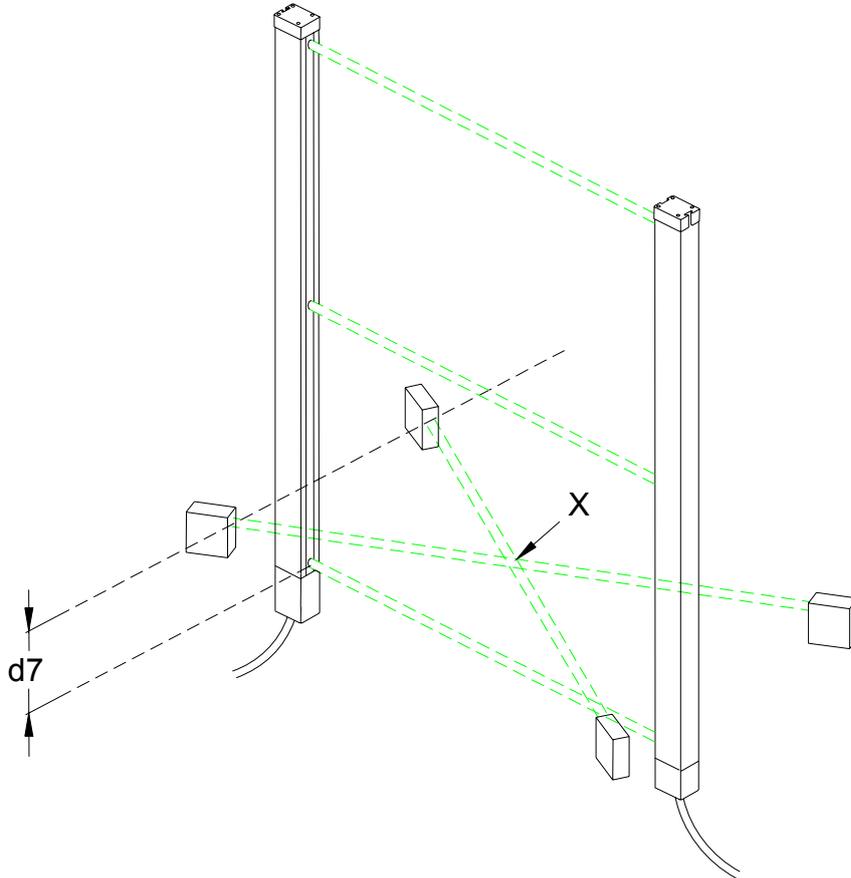


Figure F.25 – Hauteur du point de croisement

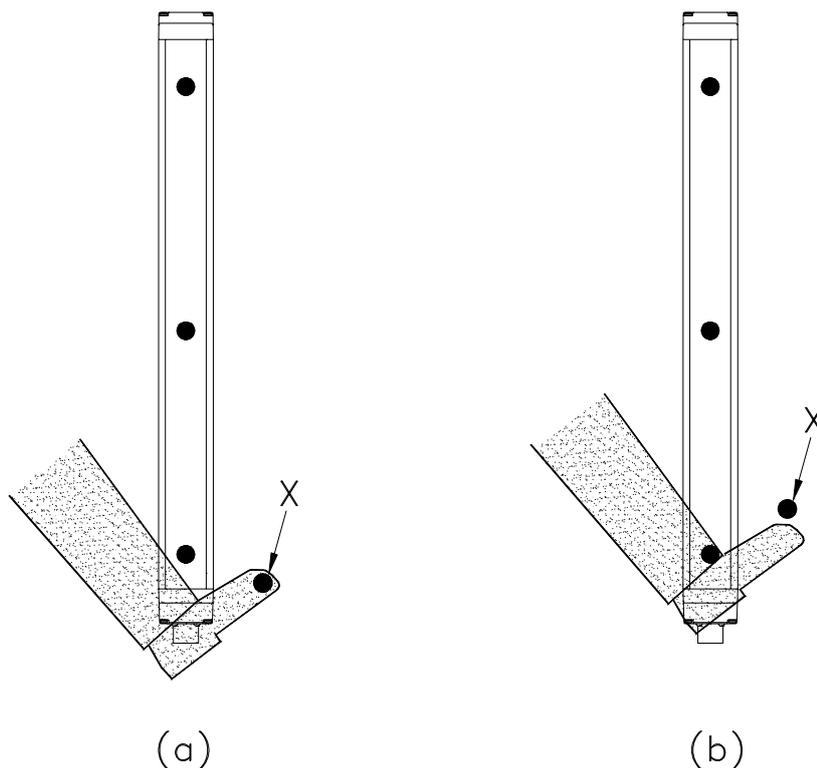


Figure F.26 – Interruption du faisceau

Si $d7 \geq 0$ le faisceau le plus bas de l'ESPE sera interrompu avant les faisceaux du capteur d'inhibition.

F.4 Deux faisceaux de capteur d'inhibition parallèles – sortie seulement

Ce système peut être utilisé pour permettre aux matériaux de sortir de la zone dangereuse tout en empêchant la non-détection d'une entrée.

Les deux faisceaux du capteur d'inhibition sont situés derrière l'ESPE dans la zone dangereuse.

Il convient que la fonction d'inhibition soit uniquement démarrée lorsque les deux faisceaux sont activés dans une limite de temps déterminée par l'application.

L'interruption de la fonction d'inhibition doit se produire dès que l'ESPE est désactivé dans les 4 s à partir du moment où l'un des deux faisceaux des capteurs d'inhibition n'est plus activé, le premier des événements à se produire étant celui à retenir. La limite de temps de 4 s doit être surveillée.

Si l'interruption de la fonction d'inhibition est réalisée uniquement par le minuteur de 4 s, une distance supplémentaire $d8$ doit être envisagée pour la protection mécanique en vue d'éviter l'accès à une personne à travers la zone d'inhibition lorsque le système est déjà en état d'inhibition.

$$d8 = \text{vitesse max. de la palette} \times 4 \text{ s} - 200 \text{ mm}$$

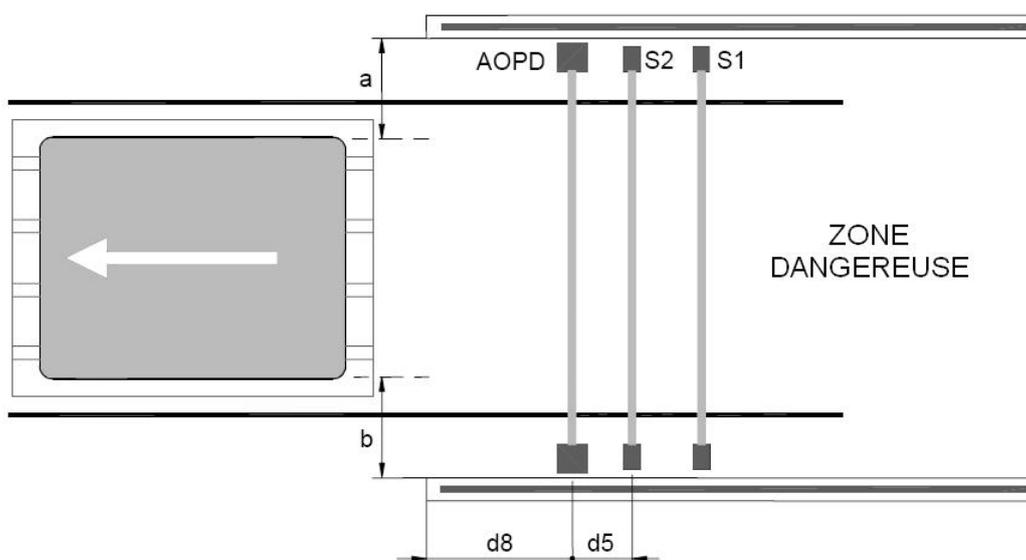


Figure F.27 – Deux faisceaux de capteur d’inhibition – sortie seulement

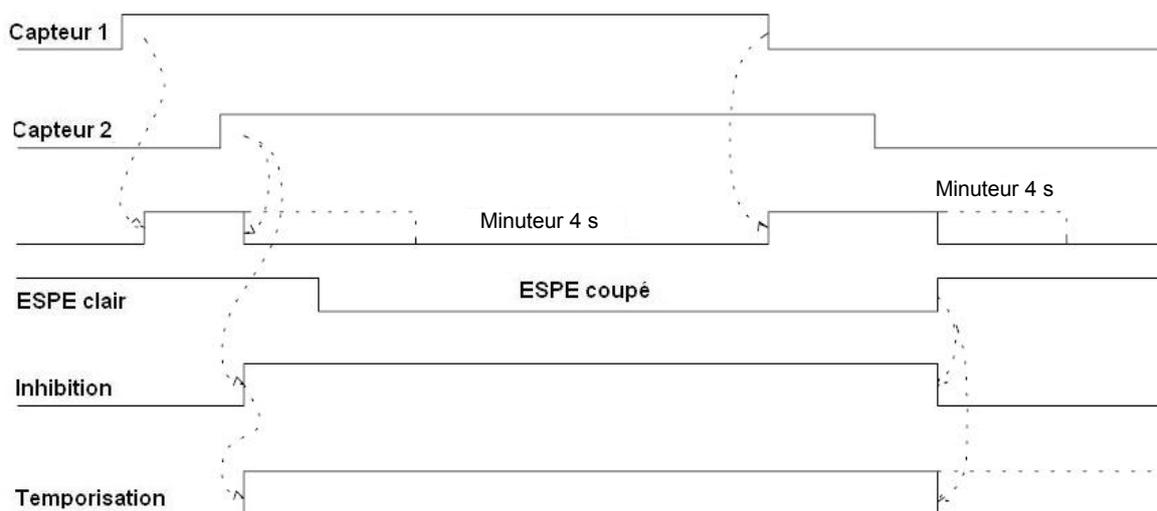


Figure F.28 – Diagramme de temps; deux faisceaux de capteur d’inhibition – sortie seulement, inhibition interrompue par l’ESPE

Dans la Figure F.28, la fonction d’inhibition est interrompue lorsque la zone de détection de l’ESPE est dégagée (le minuteur 4 s n’a pas expiré).

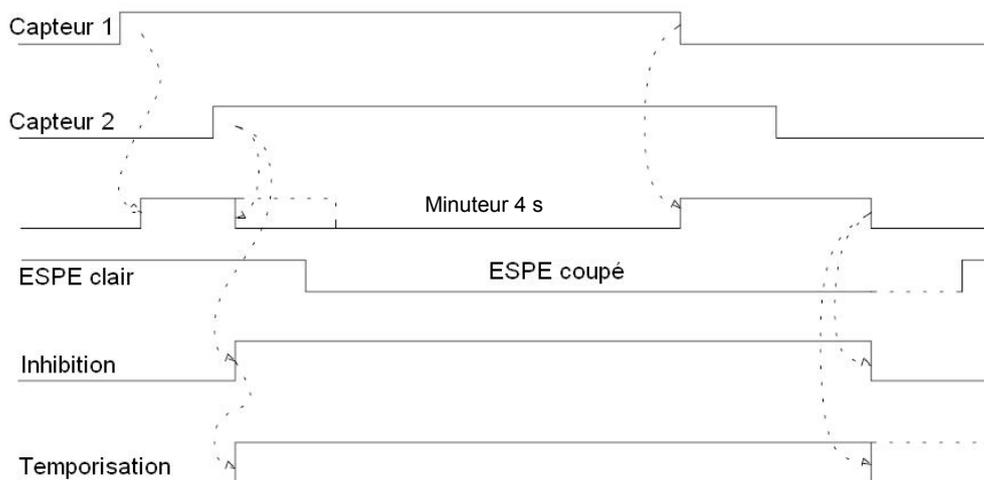


Figure F.29 – Diagramme de temps; deux faisceaux de capteur d'inhibition – sortie seulement, inhibition interrompue par le minuteur 4 s

Dans la Figure F.29, la fonction d'inhibition est interrompue par le minuteur 4 s parce que lorsqu'il expire, la zone de détection de l'ESPE demeure interrompue.

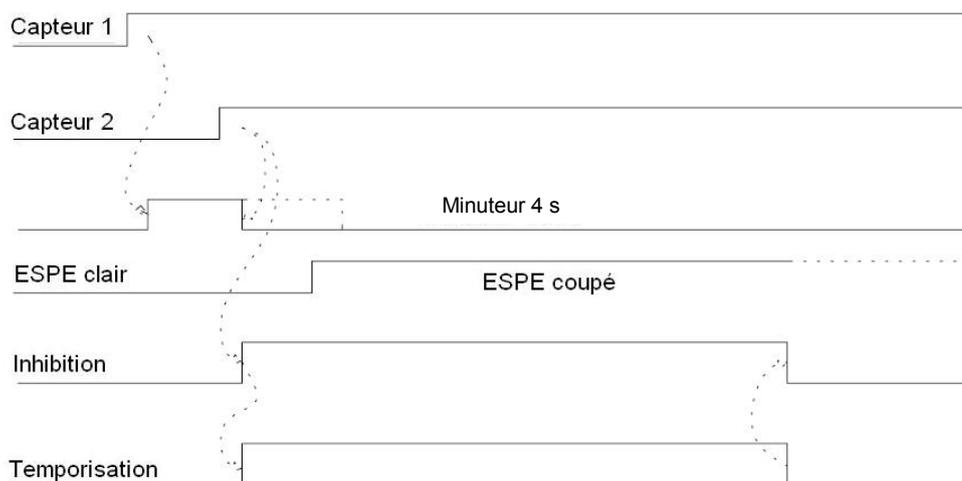


Figure F.30 – Diagramme de temps, inhibition interrompue par la temporisation d'inhibition

Dans la Figure F.30 le cycle d'inhibition est interrompu par la temporisation d'inhibition.

F.5 Protection des systèmes de convoyeur fonctionnant de manière coordonnée

Lorsque des systèmes d'inhibition sont utilisés pour la protection contre le risque d'entrée dans une chaîne de production incorporant plusieurs systèmes de convoyeurs, il convient de prêter une attention particulière au choix de la configuration d'inhibition appropriée des capteurs.

L'exemple suivant illustre une chaîne de production incorporant deux machines: convoyeur A et convoyeur B. Les palettes se déplacent de la machine A à la machine B, voir la

Figure F.31. Le système d'inhibition M1 permet aux palettes de passer de la machine A vers la machine B. Si l'opérateur ouvre la porte DB la machine B s'arrête tandis que la machine A peut continuer à fonctionner. Le système d'inhibition M1 fournira à l'opérateur une protection contre une entrée dans la machine A. Si l'opérateur ouvre la porte DA la machine A s'arrête et la machine B peut continuer à fonctionner mais dans ce cas le système d'inhibition M1 ne fournit pas de protection à l'opérateur s'il essaie d'entrer dans la machine B parce que le point de croisement des deux capteurs d'inhibition dans ce cas est placé sur le côté de l'opérateur. L'ensemble d'inhibition de type T à deux faisceaux ne convient pas pour cette application; un ensemble à quatre faisceaux avec commande temporelle ou commande séquentielle est nécessaire, voir la Figure F.32.

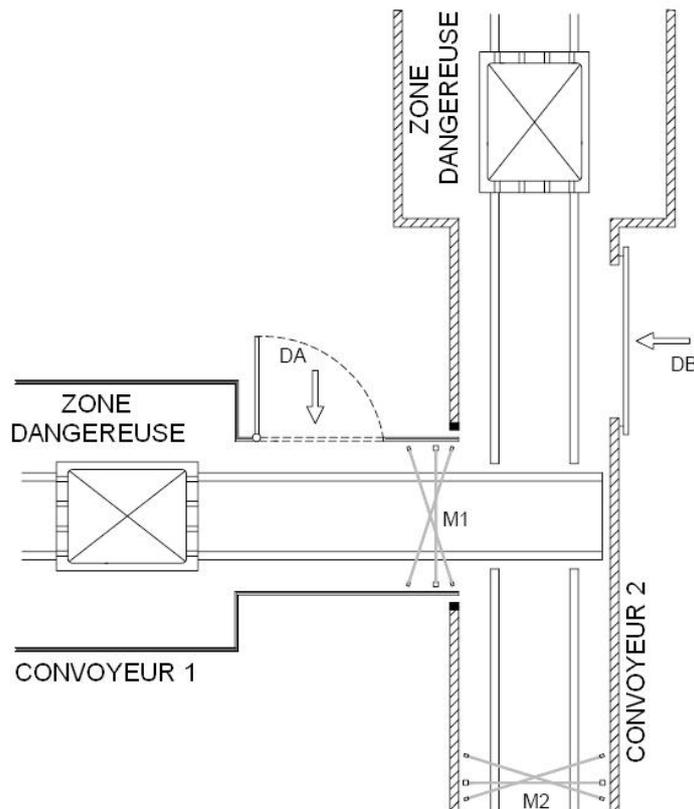


Figure F.31 – Chaîne de production incorporant deux machines

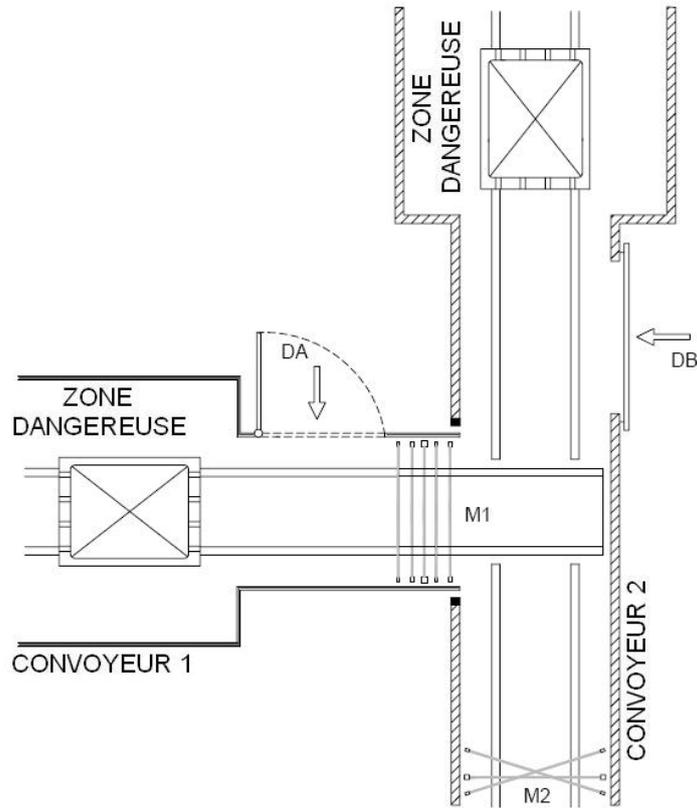


Figure F.32 – Chaîne de production incorporant deux machines

F.6 Commande prioritaire externe

Si la fonction prioritaire n'est pas intégrée à l'ESPE une commande prioritaire externe peut être appliquée comme l'illustrent les Figures F.33, F.34 et F.35.

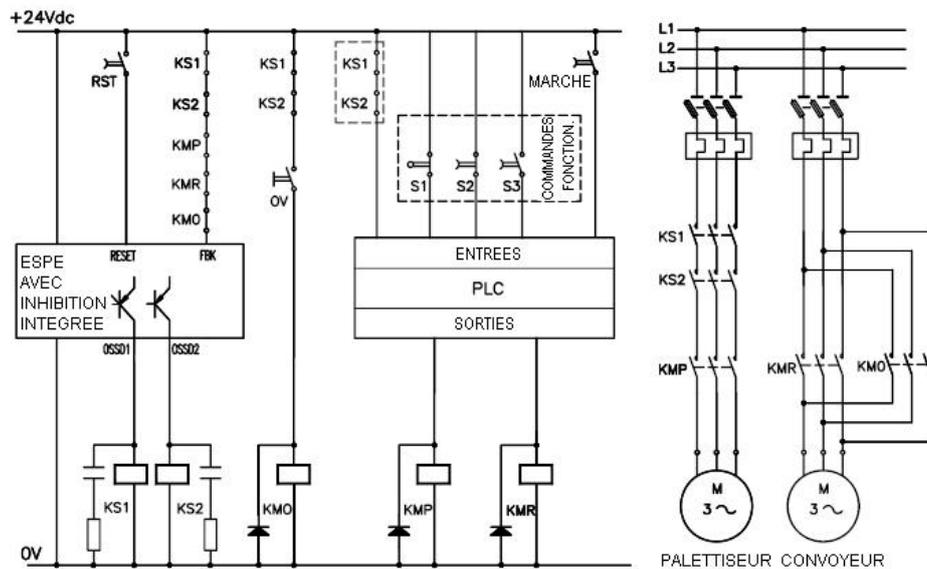


Figure F.33 – Exemple d'une commande prioritaire externe dans un système de commande de catégorie 4

La commande prioritaire entraîne uniquement le moteur du convoyeur.

OV est un interrupteur à clé à rappel par ressort (à action momentanée).

K_{S1} , K_{S2} et K_{MO} sont des contacteurs avec des contacts miroirs.

La commande prioritaire (K_{MO}) est active uniquement lorsque K_{S1} et K_{S2} sont à l'état INACTIF (ESPE à l'état INACTIF et la machine arrêtée).

Tant que le contacteur K_{MO} est à l'état ACTIF:

- l'ESPE ne peut pas être réinitialisé parce que le contact K_{MO} sur la ligne de rétroaction de l'ESPE est ouvert ;
- le système de commande de la machine (PLC) ne peut pas remettre en marche le palettiseur parce que les contacts principaux de K_{S1} , K_{S2} sur la ligne d'alimentation électrique du moteur sont ouverts.

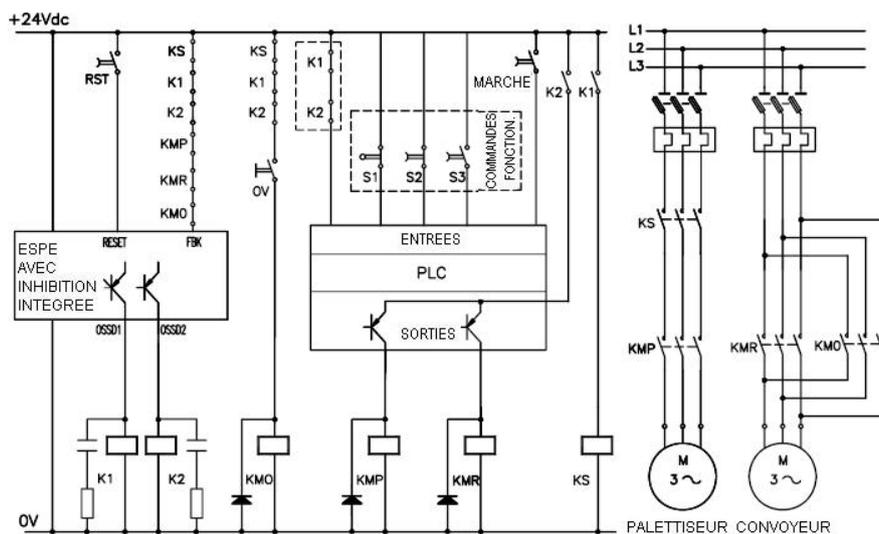


Figure F.34 – Exemple d'une commande prioritaire externe dans un système de commande de catégorie 3

La commande prioritaire entraîne uniquement le moteur du convoyeur.

OV est un interrupteur à clé à rappel par ressort (à action momentanée).

K_1 , K_2 , K_s and K_{MO} sont des contacteurs avec des contacts miroirs.

La commande prioritaire est active uniquement lorsque K_1 et K_2 et K_s sont à l'état INACTIF (ESPE à l'état INACTIF et la machine arrêtée).

Tant que le contacteur K_{MO} est à l'état ACTIF:

- l'ESPE ne peut pas être réinitialisé parce que le contact K_{MO} sur la ligne de rétroaction de l'ESPE est ouvert;
- le système de commande de la machine (PLC) ne peut pas remettre en marche le palettiseur parce que les contacts principaux de K_s sur la ligne d'alimentation électrique du moteur sont ouverts.

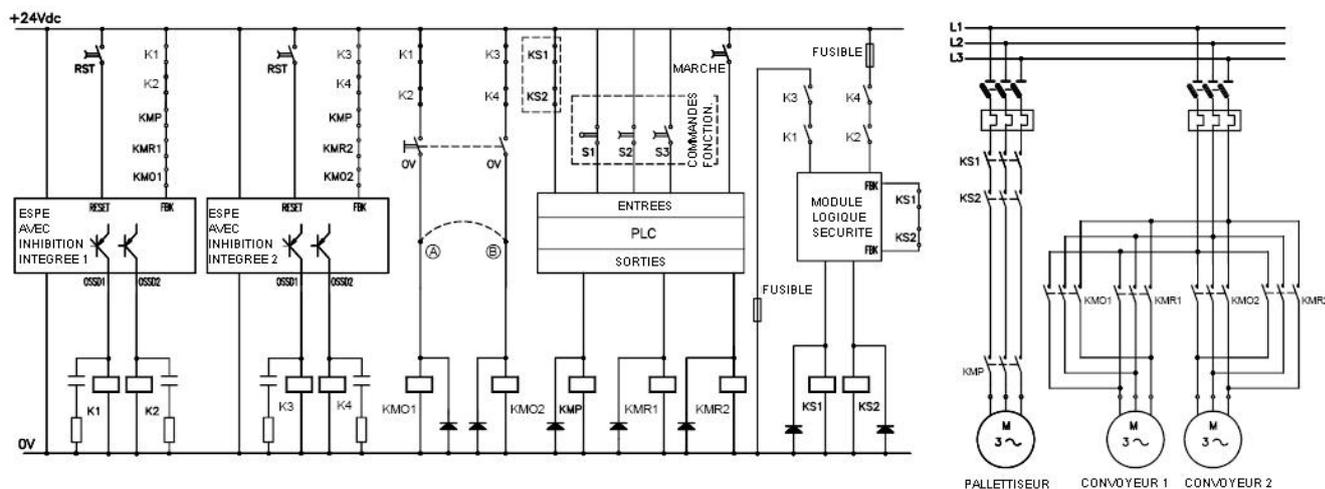


Figure F.35 – Exemple d’une commande prioritaire externe au niveau d’une zone de travail avec deux points d’accès et deux fonctions d’inhibition séparées – Catégorie 4

La commande prioritaire est active uniquement sur le convoyeur protégé par l’ESPE dont les OSSD sont à l’état INACTIF.

Le câblage de la commande prioritaire doit être effectué de telle manière à éviter l’éventualité d’un court-circuit entre les points A et B, par exemple, il convient que l’interrupteur OV comporte deux blocs de contacts séparés plutôt que deux contacts dans le même bloc, prévoir une protection mécanique pour les conducteurs, ne pas utiliser deux conducteurs du même câble multiconducteurs, ne pas utiliser deux bornes adjacentes.

Annexe G (informative)

Intervalles d'essais périodiques pour ESPE de type 2

G.1 Introduction

Lorsqu'un ESPE de type 2 est utilisé pour détecter une personne ou partie d'une personne s'approchant d'une zone dangereuse, le temps d'approche ne peut habituellement pas être prédit. Il est donc possible qu'une défaillance puisse avoir lieu après un essai et avant l'approche d'une personne, et, de ce fait, la personne peut ne pas être détectée. Il est important que la fréquence des essais périodiques soit suffisamment élevée pour qu'il existe une faible probabilité d'une défaillance entre un essai et l'approche d'une personne.

Cette annexe fournit des considérations tant qualitatives que quantitatives de la probabilité d'une défaillance de l'ESPE par rapport à l'intervalle d'essai périodique et à la fréquence d'approche vers la zone dangereuse.

G.2 Considération qualitative

Si la fréquence à laquelle une personne s'approche d'un phénomène dangereux est supposée être d'une fois par heure et l'intervalle d'essai périodique une fois par jour, dans le cas le plus défavorable un jour pourrait s'écouler entre un essai périodique et une personne s'approchant du phénomène dangereux. Lorsqu'une personne s'approche, il existe une possibilité que la fonction de protection ait déjà été perdue.

Si l'intervalle d'essai périodique est réduit à 30 min, la probabilité que l'ESPE soit en condition normale est élevée, parce que l'ESPE était normal lors du cas le plus défavorable 30 min auparavant.

G.3 Considération quantitative

La probabilité de défaillance dangereuse (par heure) de l'ESPE est λ . (Le moment de l'apparition de la défaillance est aléatoire.)

L'intervalle d'essai périodique est T (heures).

La probabilité PI d'une défaillance de l'ESPE entre l'essai n et l'essai $n+1$ est représentée par la formule (1).

$$PI = \lambda T \quad (1)$$

La relation entre l'essai, le moment de l'apparition de la défaillance et l'approche est illustrée dans les Figures G.1 à G.3.

Le moment auquel une personne s'approche entre les essais et le moment de l'apparition de la défaillance de l'ESPE sont aléatoires.

L'apparition de la défaillance de l'ESPE après l'approche d'une personne est représentée à la Figure G.1. La protection est fournie lorsque l'approche et l'apparition de la défaillance se trouvent dans cet ordre.

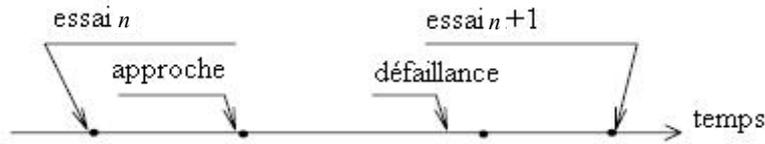


Figure G.1 – Occurrence de la défaillance après l’approche

Figure G.2 illustre une défaillance se produisant après un essai et avant l’approche d’une personne. La personne n’est pas protégée et une situation dangereuse peut se produire.

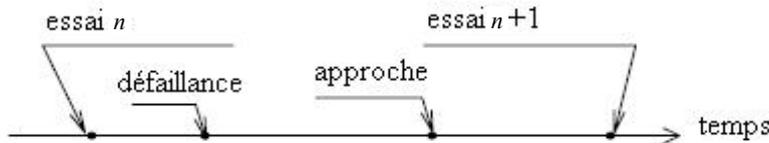


Figure G.2 – Approche après une défaillance

Du fait que le rythme avec lequel une personne s’approche est aléatoire, le temps moyen mis par une personne qui s’approche à l’issue d’un essai peut être considéré comme étant $T/2$ ainsi que l’illustre la Figure G.3.

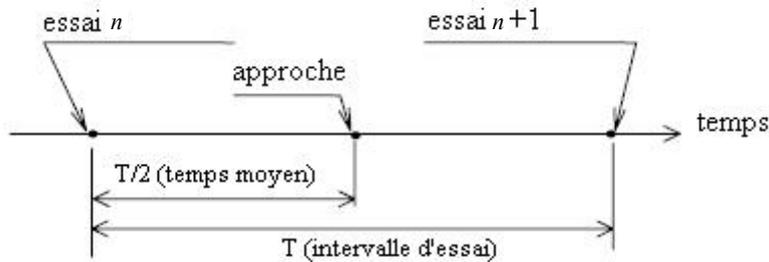


Figure G.3 – Temps moyen d’approche

La probabilité $P2$ que l’ESPE soit dans une condition de défaut lorsqu’une personne s’approche du phénomène dangereux entre l’essai n et l’essai $n+1$ est illustrée par la formule (2).

$$P2 = \lambda T/2 \text{ (nombre abstrait)} \tag{2}$$

La probabilité qu’une situation dangereuse se produise dépend du taux de défaillance de l’ESPE et de la fréquence d’approche vers le danger.

Lorsque la fréquence d’approche est F (nombre des temps/ heure), la probabilité (fréquence) $P3$ qu’une situation dangereuse se produise en raison d’une condition de défaut de l’ESPE est représentée par la formule (3).

$$P3 = \lambda T F/2 \text{ (nombre des temps/ heure)} \tag{3}$$

On peut se rendre compte que la probabilité d’apparition d’une situation dangereuse peut être significative si F est élevée par rapport à T .

A titre d’exemple:

Si $\lambda = 10^{-4}$ (1 défaut par an),

$F = 0,1$ (une approche en 10 h),

$T = 0,2$ (intervalle d'essai périodique approximatif de 10 min).

La probabilité P_3 d'une situation dangereuse est représentée par la formule (4).

$$P_3 = 10^{-4} \times 0,1 \times 0,2 / 2 = 10^{-6} \text{ /heure} \quad (4)$$

(Probabilité d'une situation dangereuse d'une fois en approximativement 100 ans.)

La formule (2) et la formule (3) prennent pour hypothèse que la fréquence d'approche est inférieure à une fois entre les essais. Lorsqu'il est prévisible qu'une personne peut s'approcher plus d'une fois entre les essais périodiques, alors ces formules sont invalides.

Bibliographie

CEI/TR 62513: *Sécurité des machines – Recommandation pour l'usage de systèmes de communication dans les applications liées à la sécurité*

ISO 13851:2002, *Sécurité des machines – Dispositifs de commande bimanuelle – Aspects fonctionnels et principes de conception*

ISO 13852: *Sécurité des machines – Distances de sécurité pour empêcher l'atteinte des zones dangereuses par les membres supérieurs*

ISO 13857 : *Sécurité des machines – Distances de sécurité empêchant les membres supérieurs et inférieurs d'atteindre les zones dangereuses*¹

ISO 14119:1998, *Sécurité des machines – Dispositifs de verrouillage associés à des protecteurs – Principes de conception et de choix*

ISO 14120:2002, *Sécurité des machines – Protecteurs – Prescriptions générales pour la conception et la construction des protecteurs fixes et mobiles*

EN 1760-2, *Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 2: Principes généraux de conception et d'essai des bords et barres sensibles à la pression*

EN 1760-3, *Sécurité des machines – Dispositifs de protection sensibles à la pression – Partie 3: Principes généraux de conception et d'essai des pare-chocs, plaques, câbles et dispositifs analogues sensibles à la pression*

EN 1525, *Sécurité des chariots de manutention – Chariots sans conducteur et leurs systèmes*

¹ A publier.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch